



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



Wege zum Effizienzhaus Plus

Grundlagen und Beispiele für energierzeugende Gebäude

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
Referat Öffentlichkeitsarbeit · 11055 Berlin
E-Mail: service@bmub.bund.de · Internet: www.bmub.bund.de

Redaktion

BMUB, Referat B I 5, Bauingenieurwesen, Nachhaltiges Bauen, Bauforschung
Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hegner, Dipl.-Ing. Architektin Petra Alten

Fachliche Bearbeitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Referat II 3, Dipl.-Ing. Architekt Arnd Rose, Dipl.-Ing. (FH) Architekt Daniel Wöffen
Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Dipl.-Ing. Hans Erhorn, Dipl.-Ing. Antje Bergmann

Gestaltung

design.idee, Büro für Gestaltung, Erfurt

Druck

Bonifatius GmbH, Paderborn

Bildnachweise

Siehe Seite 59.

Stand

Januar 2016

4. aktualisierte Auflage

5.000 Exemplare

Bestellung dieser Publikation

Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09 · 18132 Rostock
Tel.: 030 / 18 272 272 1 · Fax: 030 / 18 10 272 272 1
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: www.bmub.bund.de/bestellformular

Hinweis

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.



Inhalt

Vorwort	4
Entwicklung des energiesparenden Bauens	7
Der gesetzliche Rahmen	8
Definition: Effizienzhaus Plus	10
Die Bausteine: Energieeffizienz und erneuerbare Energien	11
Schlüsselparameter: Gebäudeentwurf	12
Schlüsselparameter: Gebäudehülle	13
Schlüsselparameter: Details	14
Schlüsselparameter: Gebäudetechnik	15
Schlüsselparameter: Haushaltsgeräte	17
Schlüsselparameter: „Plus“	18
Kennwerte für ein Beispielhaus	19
Varianten an einem Beispielhaus	20
Effizienzhaus Plus: eine Forschungsinitiative des Bundes	22
Das Pilotprojekt der Bundesregierung	23
Fünf Jahre Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität	30
Forschung am Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität	32
Die ersten Betriebsjahre im Effizienzhaus Plus in Berlin	33
Das Effizienzhaus Plus Netzwerk	36
Realisierte Projekte	37
Ergebnisse aus dem Netzwerk	43
Solare Stromerzeugung	45
Elektrische Speicher	48
Kosten	49
Altbau im Effizienzhaus Plus Standard	51
Vom Wohn- zum Nichtwohnungsbau – das Förderprogramm Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus Standard	52
Was ist sonst noch zu beachten?	54
Wichtige Links für Forschung und Förderung	56
Abkürzungsverzeichnis	57
Bildnachweise	59

Vorwort



Liebe Leserinnen und Leser,

wir haben uns viel vorgenommen: Bis zur Mitte des Jahrhunderts soll unser Gebäudebestand nahezu klimaneutral sein. Das wird nur gelingen, wenn wir Schritt für Schritt neue Technologien in den Markt einführen, die höchste Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit anbieten. Das „Effizienzhaus Plus“ ist eine Entwicklung, die dafür einen wertvollen innovativen Ansatz bietet.

Ohne Verzicht auf Ästhetik und Lebensqualität werden Immobilien als kleine Kraftwerke gebaut: Sie erzeugen in der Jahresbilanz mehr Energie, als für Betrieb und Nutzung erforderlich ist. Die Überschüsse sollen für die Elektromobilität oder die Versorgung des Quartiers verwendet werden. Im Jahre 2011 hat die Bundesregierung ein eigenes Modellvorhaben „Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität“ in Berlin errichtet, um diesen neuen Standard zu testen und auch um Synergieeffekte zwischen den neuen Generationen von Häusern

und Elektromobilen zu untersuchen. Die erzielten Ergebnisse können sich sehen lassen.

Das Ziel ist, unterschiedliche Lösungen und verschiedene Technologien auszuprobieren und weiter zu optimieren – und nicht nur einmalige Leuchtturmprojekte zu realisieren. So soll die Effizienz und Wirtschaftlichkeit verschiedener Ansätze auf den Prüfstand gestellt werden. Insgesamt beteiligen sich derzeit am Netzwerk der „Effizienzhäuser Plus“ bereits 37 Gebäude. Viele sind bereits in den Jahren 2013 bis 2015 fertiggestellt worden und werden seitdem wissenschaftlich begleitet.

Die vorliegende Broschüre informiert über den neuen Gebäudestandard und die aktuellen Ergebnisse aus dem Netzwerk.

Neben den 36 Neubauten ist in Neu-Ulm auch eine größere „Effizienzhaus Plus“-Gebäudesanierung im

mehrgeschossigen Wohnungsbau verwirklicht worden: Mehrfamilienhäuser aus den 1930er Jahren mit einem hohen Energiebedarf von über 500 Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr wurden hierbei zu Plusenergiehäusern umgebaut. Mit dem neuen Programm „Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus Standard“ wird in einem nächsten Schritt die Idee auch auf den Nichtwohnbereich übertragen. Ich lade Sie ein, diese neue Gebäudegeneration kennenzulernen und sie vielleicht auch selbst umzusetzen.



Dr. Barbara Hendricks
Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Pioniere des Gebäudestandards Effizienzhaus Plus:



Solar Decathlon Gewinner im Jahr 2007, TU Darmstadt (Prof. Hegger)



Solar Decathlon Gewinner im Jahr 2009, TU Darmstadt (Prof. Hegger)



Leuchtturmprojekt Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität in Berlin im Jahr 2011

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 so weit 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.

Die Technische Universität Darmstadt hat im Jahre 2007 in der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ ein Plusenergiehaus 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 zehn 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 damalige Bundesbauministerium BMVBS hat auf der Grundlage des Hauses der TU Darmstadt aus dem Jahre 2007 einen eigenen Vortrags- und Ausstellungspavillon errichtet,

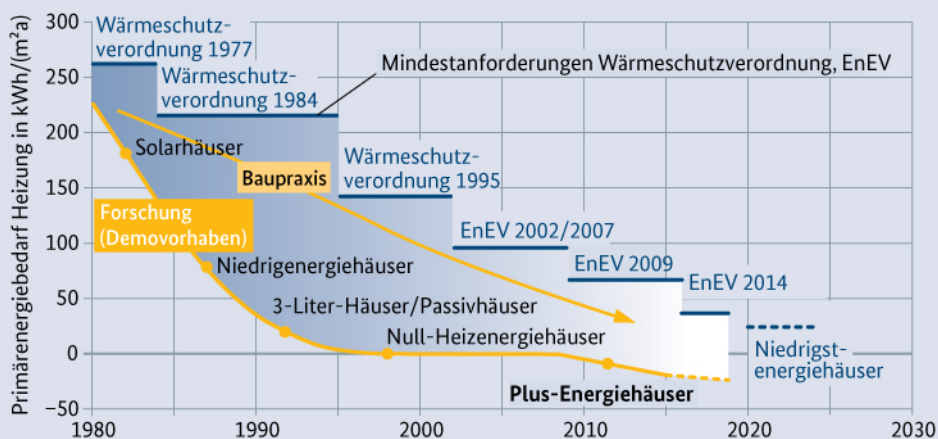


Der Vortrags- und Ausstellungspavillon „Plusenergiehaus“ 2009 am Standort in München

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 Energiesystemen realisiert werden. Dadurch stellt es einen technologieoffenen Ansatz dar.

Abbildung 1: Primärenergiebedarf einer Doppelhaushälfte



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Entwicklungsverlauf des Primärenergiebedarfs von Doppelhäusern in den letzten 30 Jahren. Die untere Kurve zeigt exemplarische Forschungsvorhaben, während die obere die gesetzlichen Mindestanforderungen dokumentiert. Die innovative Baupraxis bewegt sich zwischen diesen Niveaus.

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.

Abbildung 2: Anforderungen nach EnEV und EEWärmeG

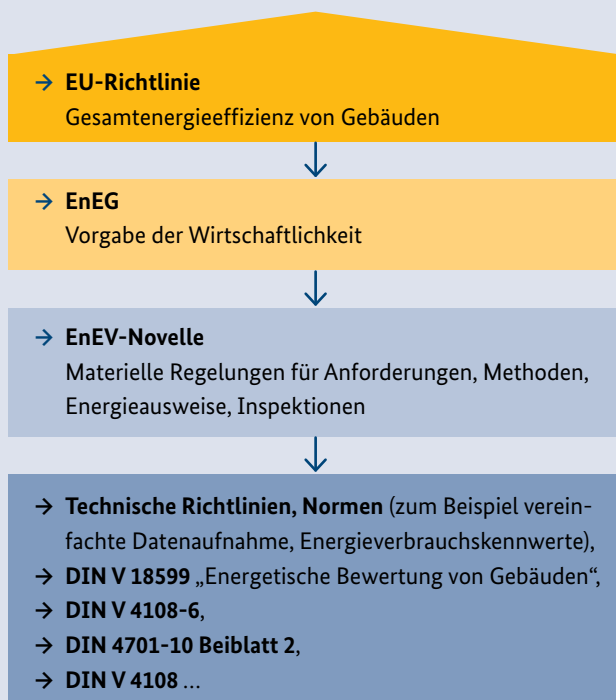
■ Anforderung EnEV

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.

Definition Jahres-Primärenergiebedarf

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

■ Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in Deutschland



■ Anforderung EEWärmeG

Erfüllung EEWärmeG zu 100 Prozent 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 beziehungsweise Ersatzmaßnahmen	

Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik/Hegner, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Abbildung 3: Energieausweis für Wohngebäude im Effizienzhaus Plus Standard

ENERGIEAUSWEIS¹⁾ für Wohngebäude

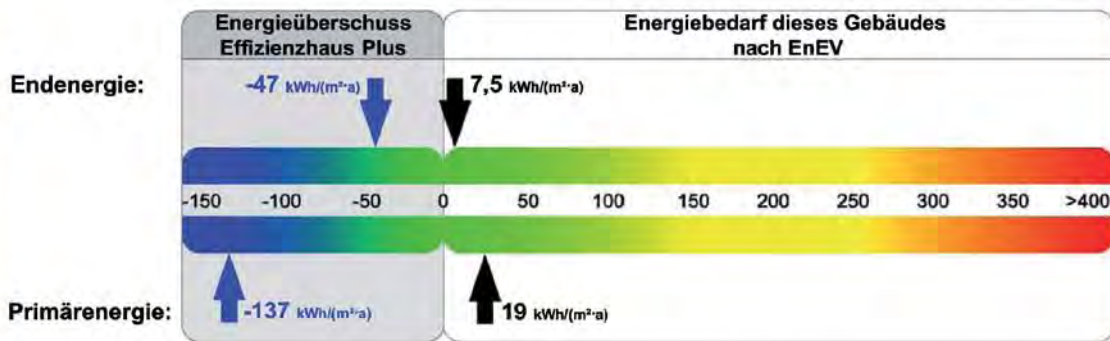
zusätzliche Informationen gemäß § 17, Absatz 4 der Energieeinsparverordnung (EnEV)

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Adresse, Gebäudeteil
Fasanenstraße 87, 10623 Berlin

2

Energieüberschuss Effizienzhaus Plus und Energiebedarf nach EnEV



Für Energiebedarfsrechnungen verwendetes Verfahren

Nach Effizienzhaus-Plus Bewertung (DIN V 18599)

Energieüberschuss

Endenergie -47,4 kWh/(m² · a)
Primärenergie -137,4 kWh/(m² · a)

Anforderungen gemäß EnEV²⁾

Primärenergiebedarf

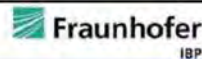
Ist-Wert 19,4 kWh/(m² · a) Anforderungswert 86,9 kWh/(m² · a)

Energetische Qualität der Gebäudehülle H_T

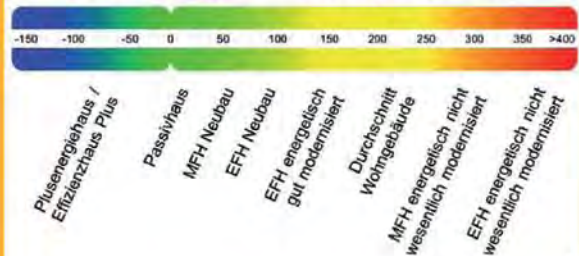
Ist-Wert 0,33 W/(m² · K) Anforderungswert 0,40 W/(m² · K)

Endenergie in kWh/(m² · a)

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf nach EnEV				Zusätzliche Elemente			Endenergie-überschuss (gesamt)
	Heizung	Warmwasser	Hilfsgeräte ³⁾	Gesamt	Beleuchtung	Haushaltsgeräte	Netzspeisung	
Strom	6,5	0,97	-	7,5	0,62	3,5	-59,0	-47,4



Vergleichswerte Endenergiebedarf



Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Berechnungen erfolgen mit einem erweiterten EnEV-Nachweis nach DIN V 18599, zuzüglich eines normierten Energiebedarfs für Beleuchtung und Haushaltsgeräte und abzüglich netzeinspeiseter, innerhalb der Bilanzgrenze erzeugter, regenerativer Energieüberschüsse (gemäß BMVBS-Broschüre „Wege zum Effizienzhaus Plus“). Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Gebäudenutzflächen (A_N).

¹⁾ Gemäß BMVBS-Broschüre „Wege zum Effizienzhaus Plus“
³⁾ ggf. einschließlich Kühlung

²⁾ Bei Neubau sowie bei Modernisierung im Falle des § 16 Abs. 1 Satz 2 EnEV
⁴⁾ EFH: Einfamilienhäuser, MFH: Mehrfamilienhäuser

Zusatzinformationsblatt zum Energieausweis für Effizienzhäuser Plus gemäß § 17 der EnEV (generierbar mit der Rechenhilfe, siehe folgende Seite)

Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Definition: Effizienzhaus Plus

Definition: Effizienzhaus Plus¹

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

Bewertungsmethode: erweiterter EnEV-Nachweis nach DIN V 18599

Die Nachweise sind in Anlehnung an die aktuell gültige Energieeinsparverordnung (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 den Nutzerstrom in der Berechnung berücksichtigt werden. Für Wohngebäude je nach Gebäudetyp (Einfamilienhaus oder Mehrfamilienhaus) wird hier ein pauschaler Endenergiebedarf von 20 beziehungsweise 35 Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr (jedoch maximal 2.500 Kilowattstunden pro Jahr je Wohneinheit) angesetzt, für Bildungsbauten je nach Energieeffizienz der verwendeten Geräte zehn beziehungsweise 15 Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr.

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 zugeordnete Gemarkungsgrenze im Grundbuch begrenzt. Sofern mehrere Gebäude auf einem Grundstück stehen, sind die „on-site“ generierten erneuerbaren Energiemengen nutzflächenanteilig 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 Energieverbrauchs-kennzeichnungsverordnung vom 30. Oktober 1997 [Bundesgesetzblatt Teil 1, Seite 2616], zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 24. Oktober 2014 (Bundesgesetzblatt Teil 1, Seite 1650) und intelligenten Zählern auszustatten.

Auszuweisende Zusatzinformation: Eigennutzungsgrad der generierten erneuerbaren Energien

Ergänzend zu den Einzahlkennwerten „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.

Rechenhilfe

Zur standardisierten Berechnung eines Effizienzhauses Plus steht im Internet eine kostenfreie Software zur Verfügung (www.effizienzhaus-plus-rechner.de).

¹ Das Effizienzhaus Plus wird umgangssprachlich auch Plusenergieehaus genannt.

² Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit über die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte im Effizienzhaus Plus Standard.

Die Bausteine: Energieeffizienz und erneuerbare Energien

Das Effizienzhaus Plus fußt gegenüber herkömmlicher Bauweise auf den drei 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.

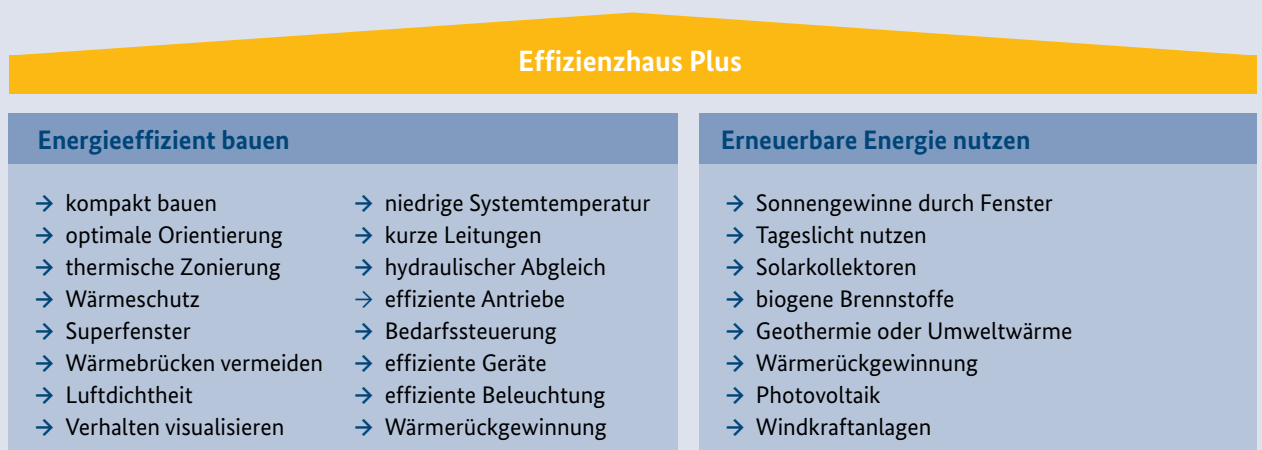
Die Energieeffizienz lässt sich über den Gebäudeentwurf (kompakter Gebäudekörper, optimale Orientierung), über den Wärmeschutz (hocheffiziente Fenster und Wärmeschutzsysteme für die Gebäudehülle), über optimierte Verarbeitung (wärmebrückenzuschlagsfreie und luftdichte Konstruktionen und Bauteilanschlüsse) sowie energiebewusstes Bewohnerverhalten (unterstützt zum Beispiel durch 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 verbundene geringere 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 Bedarfs an künstlicher Beleuchtung 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 produzierten Überschüsse können im Gebäude zwischengespeichert und darüber hinausgehende Erträge ins Netz der Energieanbieter eingespeist werden.

Abbildung 4: Die energetischen Säulen eines „Effizienzhauses Plus“



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

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:

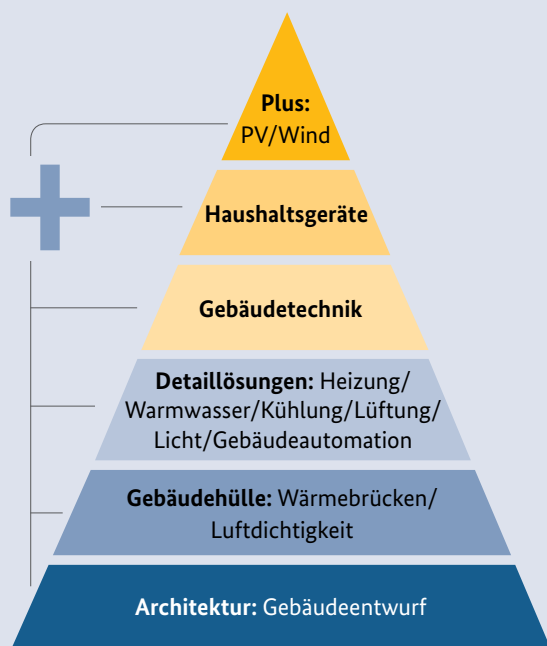
Kompaktheit

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.

Abbildung 5: Die Entwurfspyramide des Effizienzhauses Plus

Energetische Entwurfseinflüsse

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



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Orientierung

Die optimierte Nutzung der Sonnenenergie durch Fenster setzt eine möglichst große nach Süden orientierte Fläche voraus. Süddachneigungen von circa 30 Grad 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 des gesamten Gebäudes beeinflussen. Problematisch auf den Energieverbrauch können sich offene Grundrisse über mehrere Etagen auswirken.

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 gegebenenfalls 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 Meter⁻¹ erbringt in der Regel eine Verminderung des Heizenergiebedarfs von bis zu zehn Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr und gleichzeitig eine Reduzierung der Baukosten von 50 bis 80 Euro je Quadratmeter. Insbesondere sind Erker und Gauben zu überdenken.

Schlüsselparameter: Gebäudehülle

Die Qualität des baulichen Wärmeschutzes bestimmt wesentlich den Heizwärmebedarf eines Gebäudes. Etwa 50 bis 75 Prozent 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 Heizenergiereduktion herausgestellt. Ohne einen hochwertigen Wärmeschutz ist kein Effizienzhaus Plus realisierbar.

Außenwände

Im Außenwandbereich haben sich vielfältige Bauweisen über Jahrzehnte entwickelt und bewährt. In den letzten 50 Jahren konnte der Wärmeschutz der Außenwände 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, dreifach verglaste Fenster weisen üblicherweise U-Werte von 0,9 Watt pro Quadratmeter und Kelvin ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) und weniger 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 von wärmeschutztechnischen Maßnahmen in diesen Bauteilen.

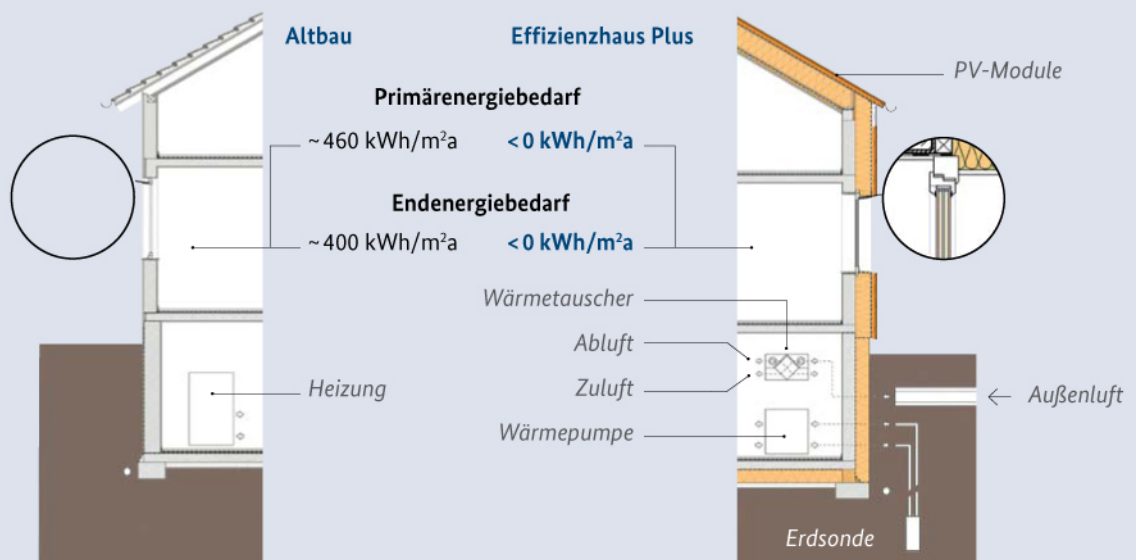


Tipp

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

Abbildung 6: Vergleich zwischen Altbau und Effizienzhaus Plus

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, Fraunhofer-Institut für Bauphysik/Technische Universität München

Schlüsselparameter: Details

Wärmebrücken vermeiden

Die zusätzlichen Energieverluste von Wärmebrücken lassen sich mittels des längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten $[\text{W}/\text{mK}]$ errechnen. Der Einfluss der Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf lässt sich nach Kenntnis der Wärmebrückenverlustkoeffizienten leicht berechnen. Die zusätzlichen Wärmeverluste über die Wärmebrücken liegen zwischen null Prozent bei optimierter Ausführung und etwa 25 Prozent bei Minimalkonzeption. Daraus ergibt sich für ein Einfamilienhaus mit 150 Quadratmetern beheizter Wohnfläche ein Heizwärmemehrbedarf je nach Ausführungsvariante bis zu 1.500 Kilowattstunden pro Jahr. 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 $0,1 \text{ h}^{-1}$ bei sehr dichten und über $0,3 \text{ h}^{-1}$ bei

weniger dichten Gebäuden. Dieser Zuschlag ist vom Potenzial her vergleichbar mit Einflüssen von Wärmebrücken (circa zehn Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr). Zum Erzielen einer luftdichten Gebäudehülle ist in der Entwurfsphase 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 Leckagen über Treppenhäuser, Versorgungsschächte etc. 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. Eventuelle Leckagen können durch Blower-Door-Tests lokalisiert werden.



! Tipp

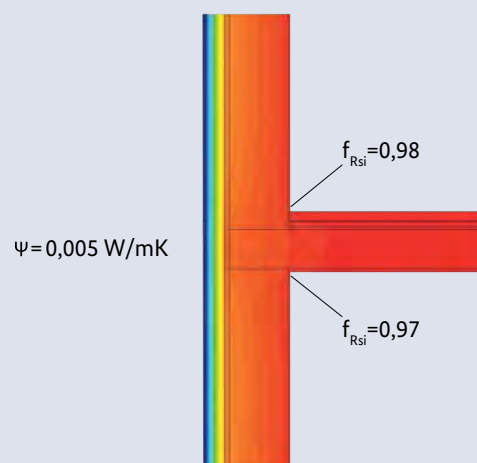
Luftdichtheit und die Minimierung von Wärmebrücken verfügen jeweils über vergleichbare Energieeinsparpotenziale von mehr als zehn Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr.

Abbildung 7: Berechnung des Einflusses von Wärmebrücken auf Temperatur- und Wärmestromverhältnisse

Bauteilanschluss	Längenbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient	
	ψ $[\text{W}/\text{mK}]$	
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

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.

Quelle: Hauser, Fraunhofer-Institut für Bauphysik/Technische Universität München



Beispiel Geschossdeckenaufleger: Mit gut geplanten Anschlussdetails können Wärmebrücken nahezu vollständig vermieden werden.

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 gegebenenfalls -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 (weniger als 35 Grad Celsius) sein. Eine häufige Form der Nutzung von Umweltwärme für Heizzwecke erfolgt mittels Wärmepumpen, die die im Erdreich, Grundwasser oder der Umgebungsluft enthaltene Wärmeenergie nutzbar machen. Thermische Solaranlagen zur Heizungsunterstützung werden gelegentlich in Verbindung mit saisonalen Speichern zur Grundlastdeckung eingesetzt. 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 bei gut gedämmten Gebäuden 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.

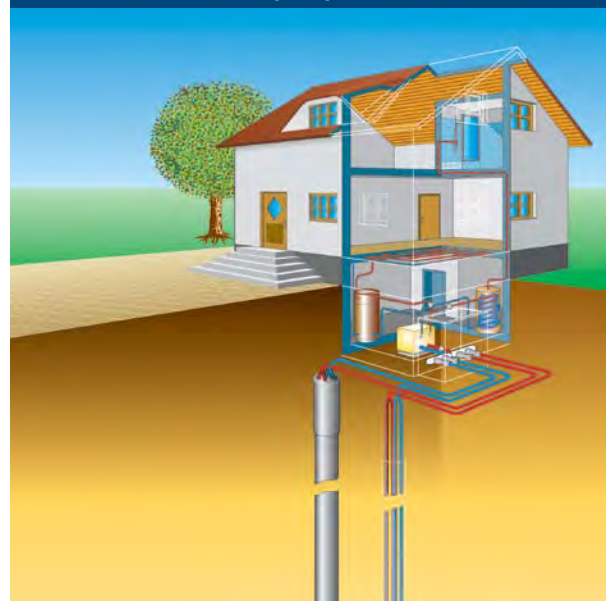
Kühlung

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

! Tipp

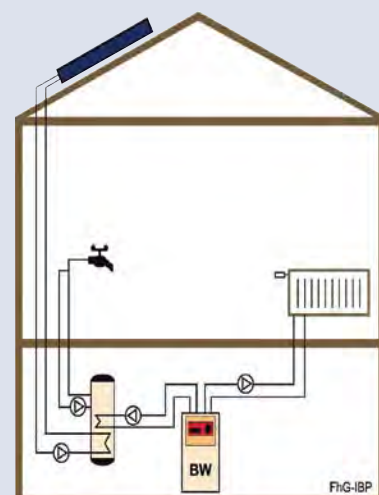
Achten Sie darauf, dass bei Ihrer Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich durchgeführt wird (Einsparpotenzial von mehr als zehn Prozent möglich).

Abbildung 8: Umweltwärmenutzung mittels Wärmepumpe und Erdwärmesonde



Quelle: Bundesverband Wärmepumpen (BWP) e.V.

Abbildung 9: Schematische Darstellung einer Heizanlage mit solarer Warmwasserbereitung



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Lüftung

Kontrollierte Wohnungslüftungseinrichtungen mit Wärmerückgewinnungssystemen können die Lüftungswärmeverluste erheblich reduzieren. Wärmerückgewinnungsgrade von über 80 Prozent 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, zum Beispiel 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 fünf Prozent des eingesetzten Stroms in Licht



LED-Beleuchtungen im Wohnbereich

und über 95 Prozent in Wärme umgewandelt werden, steigt die Lichtausbeute bei Kompaktleuchtstofflampen und LED-Lampen gegenüber Glühlampen um das Vier- bis Fünffache. 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 (zum Beispiel Leselampe) und die restlichen Flächen mit geringeren. Daneben ist es sinnvoll, über Lichtmanagementsysteme (zum Beispiel Präsenzerfassung) in Hausfluren, Kellern und bei der Außenbeleuchtung nachzudenken.

Gebäudeautomation/Smart Metering

Intelligente Zähler bieten die Möglichkeit zum besseren Informations- und Kostenüberblick 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. Es ist dringend geboten, die Anschlussleistung und den Energiebedarf der Gebäudeautomation und ihrer Zusatzkomponenten zu prüfen. Anschlussleistungen über 50 Watt sind zu vermeiden, da diese kaum durch Einspareffekte substituierbar sind!

! Tipp

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

Schlüsselparameter: Haushaltsgeräte

Der mittlere Stromverbrauch der circa 40 Millionen deutschen Haushalte für Haushaltsprozesse und Beleuchtung (ohne Heizung und Warmwasserbereitung) beträgt derzeit circa 2.650 Kilowattstunden pro Jahr (30 Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr) mit leicht steigender Tendenz.³ Hiervon entfallen etwa 33 Prozent auf Haushaltsprozesse (Kochen, Trocknen, Bügeln), etwa zehn Prozent auf Beleuchtung und die restlichen 57 Prozent auf Haushalts- und Kommunikationsgeräte. Etwa 13 Prozent der Stromverbräuche der Haushalte entfallen auf Stand-by-Verluste, die im Wesentlichen im Bereich der Haushalts- und Kommunikationsgeräte auftreten.

Für folgende Haushaltsgeräte gilt die Kennzeichnungspflicht:

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

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

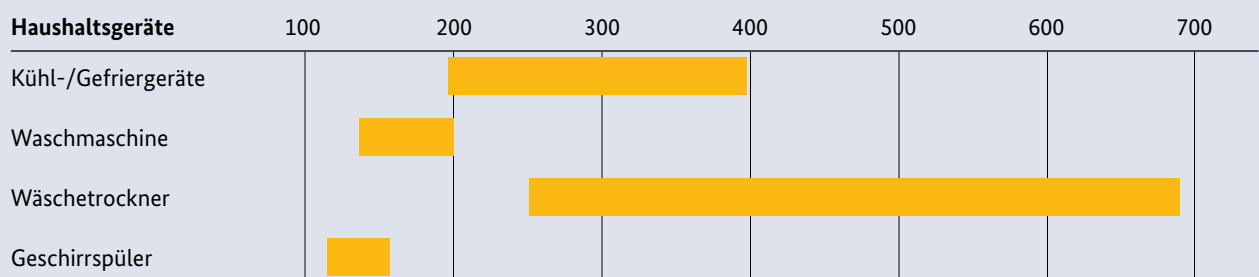
Als Stand-by-Verbrauch wird der Stromverbrauch im Bereitschaftsbetrieb bezeichnet, also ein Stromverbrauch, der anfällt, ohne dass das Gerät benutzt wird. Beim Stand-by-Verbrauch gilt das Motto: „Die Summe macht's“. Jedes Gerät für sich fällt kaum ins Gewicht, alle zusammen aber schon. Durch die konsequente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

! Tipp

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

Abbildung 10: Spanne der Stromverbräuche ausgewählter Haushaltsgeräte: Toprunner 2010 im Vergleich zu Normalgeräten

Jährlicher Stromverbrauch (kWh/a)



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

³ Statistisches Bundesamt Deutschland; Pressemitteilung vom 18. Oktober 2010.

Schlüsselparameter: „Plus“

Um ein Effizienzhaus Plus zu realisieren, muss man Systeme zur Gewinnung erneuerbarer Energien 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. Blockheizkraftwerke, Brennstoffzellen oder Mikro-KWK-Anlagen können je nach verwendetem Brennstoff zwar primärenergetisch eine Gutschrift bewirken, endenergetisch können sie aber nicht zur positiven Bilanz beitragen.

Photovoltaik

Durch Solarzellen, die zu Solarmodulen verbunden sind, findet eine direkte Umwandlung von Sonnenenergie in Gleichstrom statt. Die Nutzung der erzeugten Elektrizität kann direkt vor Ort erfolgen, in Akkumulatoren (Batterien) gespeichert oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Zur Nutzung der Energie im Stromnetz wird ein Wechselrichter zur Umwandlung der Gleichspannung in Wechselspannung benötigt. Die Photovoltaikmodule bestehen aus mono- oder polykristallinen Solarzellen. Der Wirkungsgrad der monokristallinen Photovoltaik-Module liegt zwischen 14 und 24 Prozent. Die polykristallinen Module haben einen Wirkungsgrad zwischen 13 und 18 Prozent. Die Nennleistung (Maximalleistung) eines Solarmoduls wird in Wp (Watt peak) angegeben, die unter Standardtestbedingungen im Labor bestimmt wurde. Neben dem Wirkungsgrad der Solarmodule ist der Systemleistungsfaktor ein wichtiger Kennwert. 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 gegebenenfalls weitere Faktoren.



Tipp

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

Der Systemleistungsfaktor einer Photovoltaikanlage sollte im Allgemeinen einen Wert von mindestens 70 Prozent erreichen. Optimierte Systeme erreichen Werte bis zu 90 Prozent. Im eingebauten Zustand kann unter idealen Einbaubedingungen der Stromertrag einer Ein-Kilowatt-Peak-Photovoltaik-Anlage (entspricht acht bis zehn Quadratmeter Fläche) in Deutschland je nach Standort zwischen 700 bis 1.100 Kilowattstunden Strom pro Jahr betragen.

Windkraftanlagen

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



Kleine Windkraftanlagen können in windreichen Gegenden zur Eigenstromdeckung verwendet werden.

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.

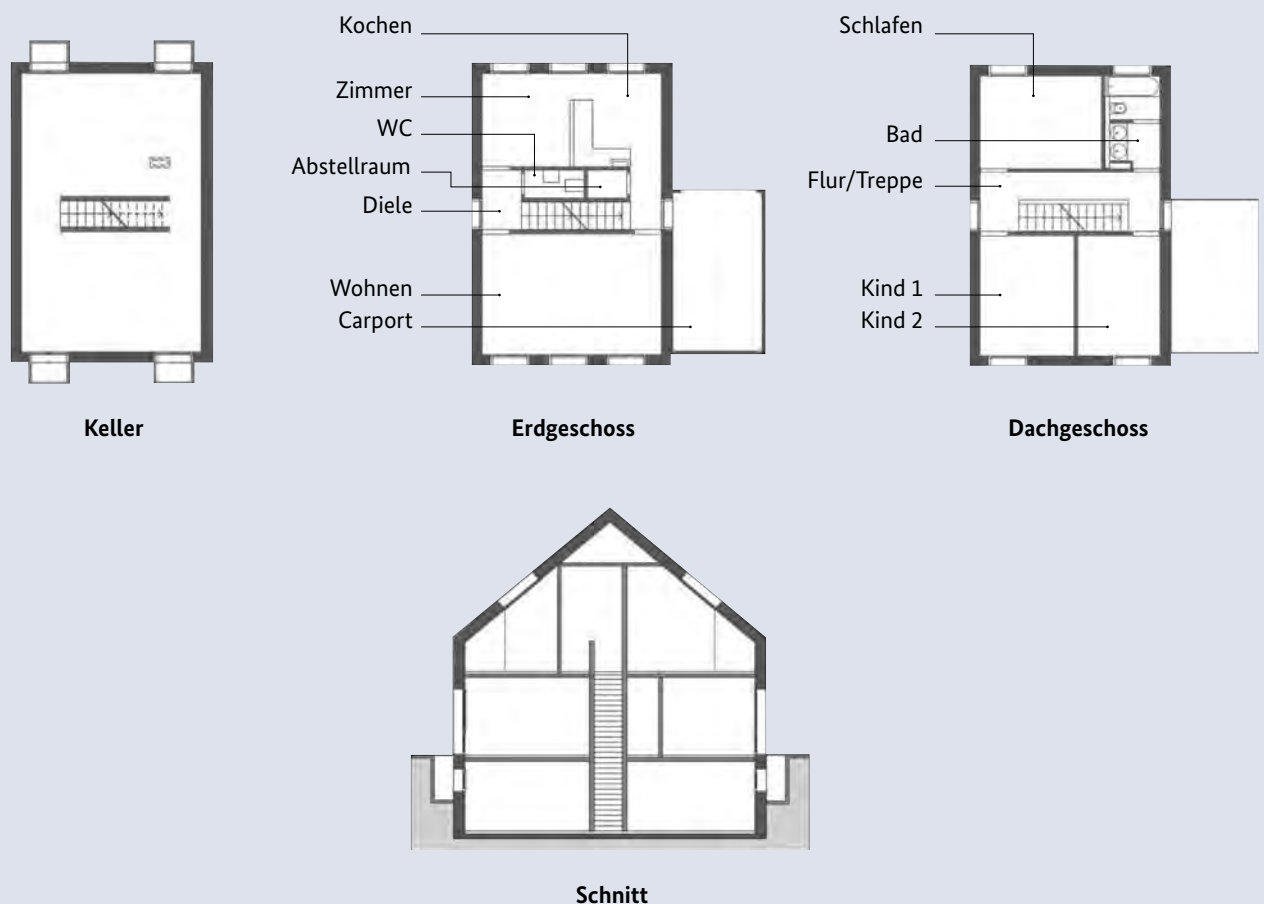
U-Werte (in Watt je Quadratmeter und Kelvin)

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

Kennwerte

- Wohnfläche: 108 Quadratmeter
- Dachfläche Süd: 71 Quadratmeter

Abbildung 11: Typgebäude Einfamilienhaus



Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Die Grundrisse stammen von Luis Ocano-Arciniegas, Ourstudio, Dortmund.

Varianten an einem Beispielhaus

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 Quadratmetern benötigt (was die verfügbare Dachfläche übersteigt), braucht das gleiche Gebäude mit einer effizienten Wohnungslüftungsanlage nur noch 79 Quadratmeter Photovoltaikfläche (was nahezu an südlicher Dachfläche zur Verfügung stehen würde). Die Variante 2 (Brennwertkessel, Wohnungslüftung und solare

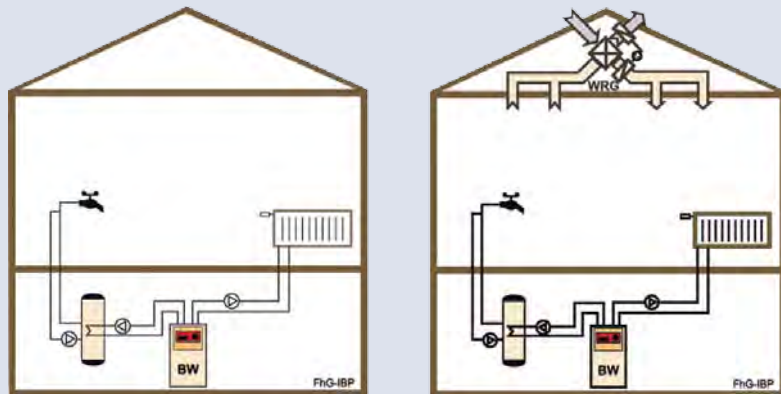
Abbildung 12: Vergleichsrechnungen zur Ermittlung der notwendigen PV-Fläche

Variante 0:

Brennwertkessel, Fensterlüftung

Variante 1:

Brennwertkessel, Wohnungslüftung mit 80 Prozent Wärmerückgewinnungsgrad



	Variante 0: Brennwertkessel, Fensterlüftung	Variante 1: Brennwertkessel, Wohnungslüftung mit 80 Prozent Wärmerückgewinnungsgrad
Ohne Berücksichtigung von Photovoltaik (PV)		
Endenergiebedarf [kWh/m²a]		
Heizung und Warmwasser	65,2	48,6
Hilfsenergie	3,4	5,7
Haushalt und Licht	20,0	20,0
Gesamt	85,6	74,3
Primärenergiebedarf (ohne PV) [kWh/m²a]	115,9	102,0
Mit Berücksichtigung von Photovoltaik (PV)		
Benötigte Photovoltaik-Fläche [m²]	91	79
Endenergiebedarf [kWh/m²a]	-0,1	-0,2
Primärenergiebedarf [kWh/m²a]	-118,7	-100,0

Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Warmwasserbereitung) und die Variante 3 (Luftwärmepumpe und Wohnungslüftung) benötigen nur noch 60 beziehungsweise 42 Quadratmeter Photovoltaikfläche, die auf dem Süddach ausreichend zur Verfügung steht.

Die Vergleichsrechnungen zeigen, dass ein sehr energieeffizientes Gebäude erforderlich ist, um in

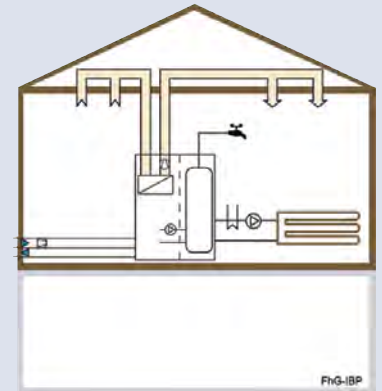
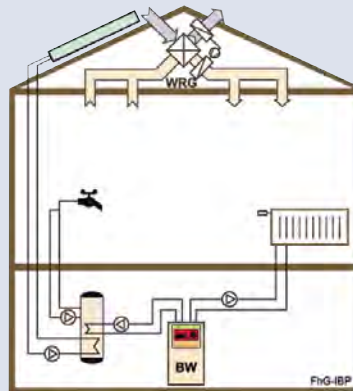
Ergänzung mit photovoltaischen Systemen ein Effizienzhaus Plus zu realisieren. Weder die alleinige Installation von Photovoltaiksystemen noch die alleinige Realisierung eines energieeffizienten Gebäudes genügen zur Zielerreichung. Erst die Kombination aller Maßnahmen führt zum gewünschten Effizienzhaus Plus.

Variante 2:

Brennwertkessel, Wohnungslüftung mit 80 Prozent Wärmerückgewinnungsgrad, solare Warmwasserbereitung

Variante 3:

Außenluft/Abluftwärmepumpe, Wohnungslüftung mit 80 Prozent Wärmerückgewinnungsgrad



Variante 2:

Brennwertkessel, Wohnungslüftung mit 80 Prozent Wärmerückgewinnungsgrad, solare Warmwasserbereitung

Variante 3:

Außenluft/Abluftwärmepumpe, Wohnungslüftung mit 80 Prozent Wärmerückgewinnungsgrad

Ohne Berücksichtigung von Photovoltaik (PV)

Endenergiebedarf [kWh/m²a]

Heizung und Warmwasser	30,2	12,5
Hilfsenergie	6,0	6,9
Haushalt und Licht	20,0	20,0

Gesamt 56,2 39,4

Primärenergiebedarf (ohne PV) [kWh/m²a] 82,4 70,9

Mit Berücksichtigung von Photovoltaik (PV)

Benötigte Photovoltaik-Fläche [m²] 60 -40

Endenergiebedarf [kWh/m²a] -0,4 -0,1

Primärenergiebedarf [kWh/m²a] -69,5 -31,6

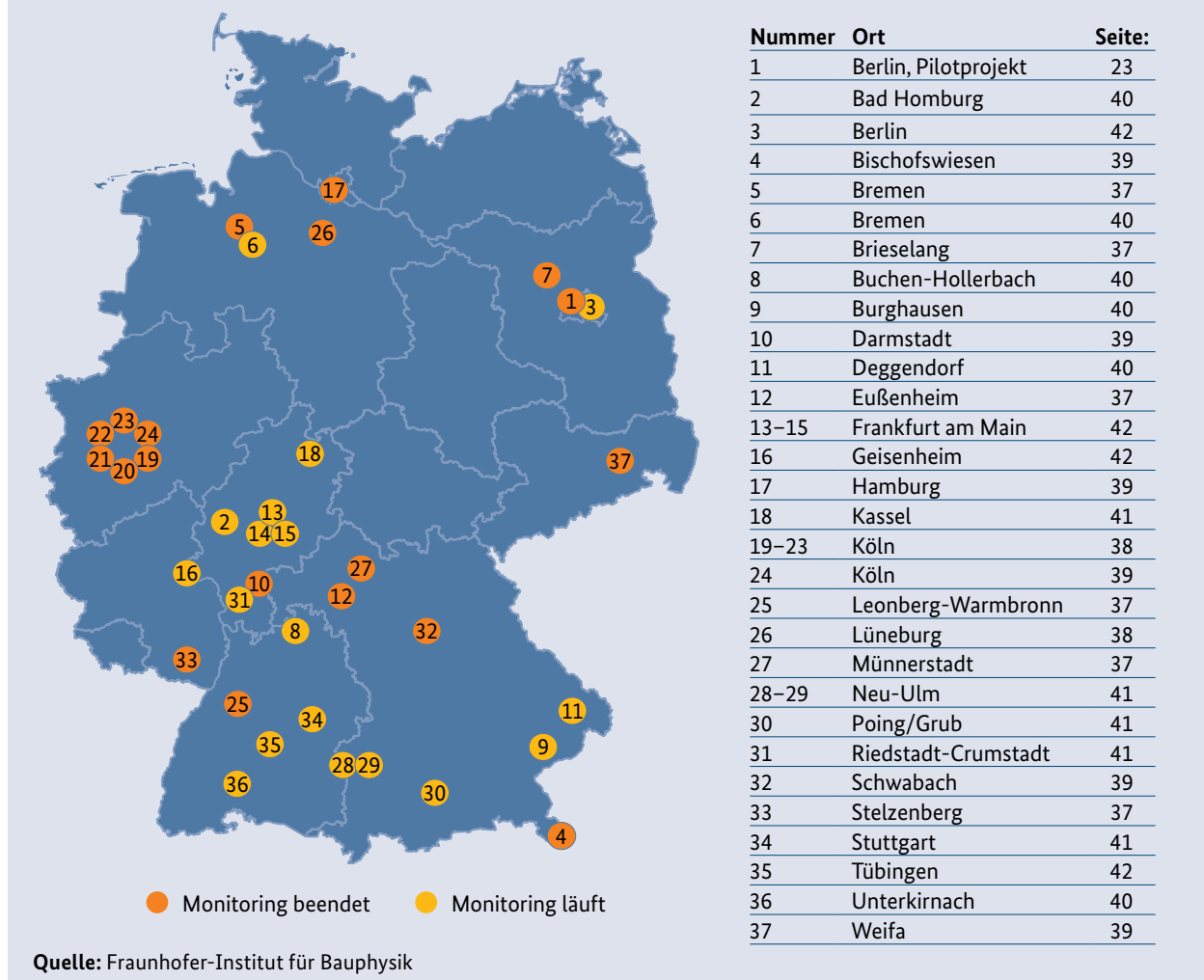
Effizienzhaus Plus: eine Forschungsinitiative des Bundes

Im Jahr 2011 wurde das erste bundeseigene Effizienzhaus Plus als Pilotgebäude in Berlin errichtet. Gleichzeitig legte das Bundesbauministerium ein Forschungsförderprogramm für Modellhäuser auf, welche den sogenannten „Effizienzhaus Plus Standard“ erfüllen. Mit dem Programm werden bundesweit 36 Bauherren unterstützt, die Wohngebäude errichten oder sanieren, die deutlich mehr Energie aus erneuerbaren Energiequellen produzieren, als für deren Betrieb notwendig ist. Die Modellprojekte werden im Rahmen eines technischen und sozialwissenschaftlichen Begleitprogramms ausgewertet.

Mit den Ergebnissen sollen das Energiemanagement von modernen Gebäuden verbessert und die notwendigen Komponenten für die energieeffiziente Gebäudehülle und die Nutzung erneuerbarer Energien fortentwickelt werden. Die Gebäude werden unter realen, das heißt bewohnten Bedingungen getestet und evaluiert. Bis Mai 2015 sind 31 Projekte bezogen worden, von denen 12 Objekte bereits eine zweijährige und acht Gebäude eine einjährige Monitoringphase beendet haben. Unter den bisher realisierten Gebäuden befinden sich sowohl Ein- bis Zweifamilienhäuser als auch Mehrfamilienhäuser mit sechs bis 74 Wohneinheiten.

Nähere Informationen zum Netzwerk „Effizienzhaus Plus“: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus

Abbildung 13: Standorte der Demonstrationsgebäude des Förderprogramms „Effizienzhaus Plus“ des Bundes



Das Pilotprojekt der Bundesregierung

Mit dem ersten bundeseigenen Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität legte das Bundesbauministerium den Grundstein für sein Forschungsprogramm und das daraus erwachsene Netzwerk. Das von Herrn Professor Werner Sobek entworfene Modellgebäude steht in der Fasanenstraße 87a in 10723 Berlin-Charlottenburg. Es wurde am 7. Dezember 2011 von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel eröffnet.

Nutzung

Das Forschungsgebäude diente als Wohngebäude für zwei Testfamilien jeweils für die Dauer von einem Jahr. In der Zwischenzeit bot es Interessierten ein umfassendes öffentliches Informations- und Veranstaltungsprogramm zum energieeffizientem Bauen. Ab 2016 steht das Gebäude erneut der Öffentlichkeit als Informationszentrum für Vorträge und Veranstaltungen zur Verfügung.

Konzept

Das Einfamilienhaus umfasst etwa 130 Quadratmeter Wohnfläche und ist für eine vierköpfige Familie ausgelegt. Das vorgelagerte „Schaufenster“ dient zum Parken und Laden der Elektromobile (E-Autos und E-Bikes). Zwischen dem zweigeschossigen Wohnbereich und dem „Schaufenster“ verläuft der sogenannte statische „Energiekern“ des Gebäudes, in dem sich die gesamte Haustechnik und die Nassräume befinden.



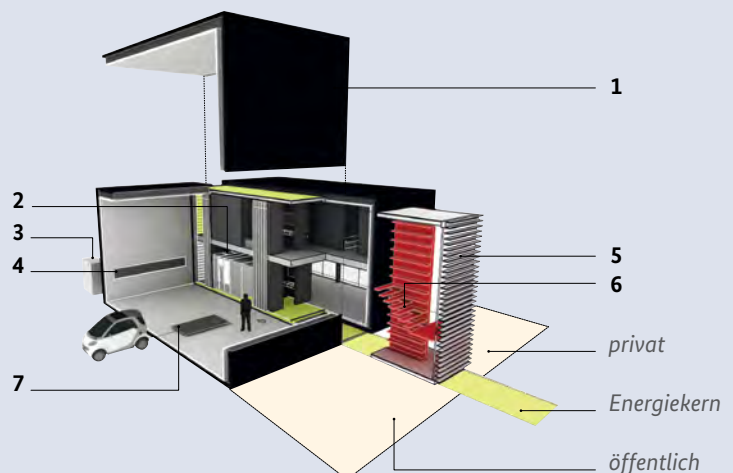
Die Frontseite ...



... und die „Gartenseite“ des Pilot-Modellgebäudes in Berlin

Abbildung 14: Konzeptionelle Schlüsselkomponenten

- 1 Photovoltaik-Module, in die Fassade integriert und auf dem Dach
- 2 Energie und Technikzentrale
- 3 Batterie
- 4 Informationsdisplay und konduktives Ladesystem
- 5 feststehende Lamellen
- 6 Treppe
- 7 induktives Ladesystem



Quelle: Werner Sobek, Stuttgart

Planung

Bestandteil der Planung des Effizienzhauses waren dynamisch gekoppelte Anlagen- und Gebäudesimulationen. Sie umfassten die bauphysikalischen Eigenschaften der Gebäudehülle, die vorgesehene Nutzung, das voraussichtliche Nutzerverhalten, die Gebäudetechnik sowie die örtlichen Klimadaten.

Neben den energetischen Aspekten sollte das Projekt aber auch auf Fragen der Nachhaltigkeit eine Antwort geben. Das Gebäude wurde anhand der Kriterien des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) analysiert und erhielt die Goldzertifizierung als höchsten Standard. Ein weiteres Ziel war die Untersuchung zur vollständigen Rezyklierbarkeit des Hauses. Als Temporärbau sollte es flexibel nutzbar sein und einen hohen Wohnkomfort sicherstellen.

Gebäudehülle

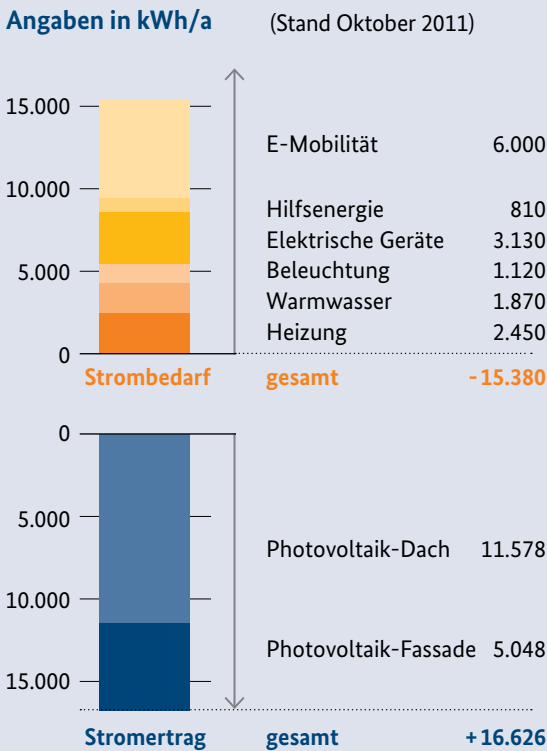
Die Gebäudehülle zeichnet sich durch geringe U-Werte aus. Die Bodenkonstruktion, die tragenden Außenwände sowie die Decken- und Dachkonstruktion sind in Holztafelbauweise ausgeführt. Die 56 Zentimeter starke Außenwand weist an der

Süd-West-Fassade Dünnschicht-Photovoltaik-Module auf. Sie fungieren als vorgehängtes Fassadenelement. Zur Wärmedämmung wurde Zellulose in den Außenbauteilen eingebracht. Befüllt wurden die Zwischenräume der Holzstege, ebenso kommt die Zellulose als 40 bis 52 Zentimeter starke Dämmschicht im Dach zum Einsatz. Darüber hinaus sind Hanfmatten in den Installationsebenen wärmetechnisch und zudem raumakustisch wirksam.

Alle aufgeführten Bestandteile der Gebäudehülle besitzen einen U-Wert von 0,11 Watt pro Quadratmeter und Kelvin. Die Glasfassaden an der Süd-Ost- und Nord-West-Seite sind mit Dreifach-Isolierverglasung mit einem U_w -Wert der Fenster von 0,7 Watt pro Quadratmeter und Kelvin versehen. An der Süd-Ostseite des Gebäudes ist ein außenliegender Sonnenschutz aus Aluminium-Lamellen angebracht.

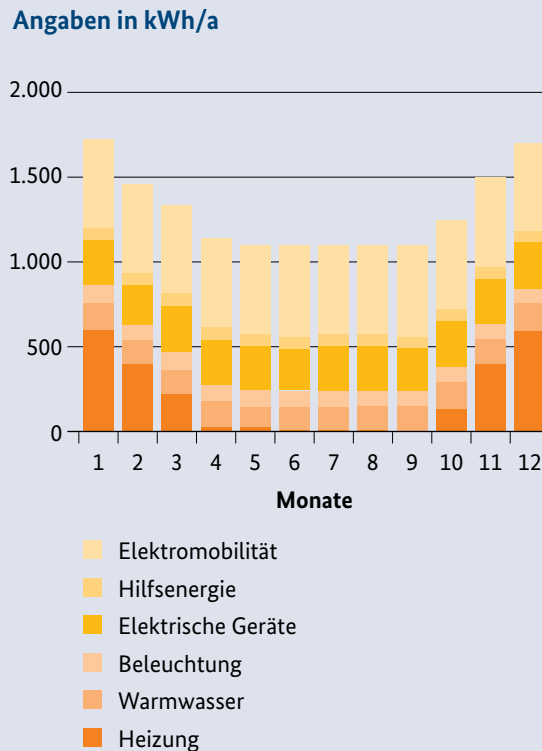
Ein wichtiges Anliegen war es, die energiegewinnenden Anlagen in die Architektur zu integrieren. Den Prognosen zufolge sollten das Dach mit 98 Quadratmetern monokristallinen Photovoltaikmodulen eine Gesamtleistung von 14,1 Kilowatt-Peak und die Fassade mit 73 Quadratmetern Dünnschichtmodulen eine Gesamtleistung

Abbildung 15: prognostizierte jährliche Energieerzeugung und Energiebedarf



Quelle: Werner Sobek, Stuttgart

Abbildung 16: prognostizierter Energiebedarf



Quelle: Werner Sobek, Stuttgart

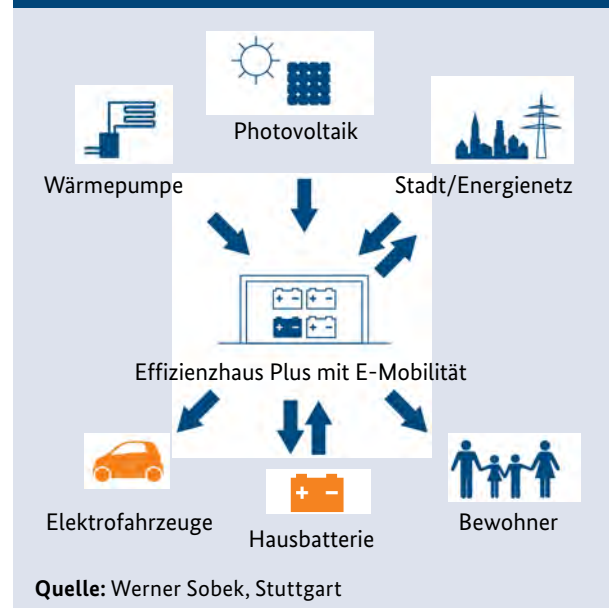
Tabelle 1: Technische Daten

Bruttogrundfläche	181 m ²
Nettogrundfläche	147 m ²
Bruttorauminhalt	645 m ²
Heizwärmebedarf	21,2 kWh/m ² a
Heizen	
Luft/Wasser-Wärmepumpe	
Kompaktlüftungsgerät	
Heizleistung	5,8 kW
Warmwasserspeicher	288 l
Lüften	
Mechanische Lüftung	400 m ³ /h
Wärmerückgewinnung	> 80 %
Photovoltaik Dach	98,2 m ² 14,10 kW _p
Photovoltaik Fassade	73,0 m ² 8,0 kW _p
Prognostizierte Energieerzeugung	16.625 kWh
Prognostizierter Energieverbrauch (inklusive 30.000 km Fahrleistung pro Jahr)	16.210 kWh
Prognostizierte Bilanz	+ 415 kWh
Quelle: Werner Sobek, Stuttgart	

von acht Kilowatt-Peak erbringen. Der jährliche Stromertrag läge demnach bei 16 Megawattstunden pro Jahr. Der Prognose zufolge sollten das Haus und seine Bewohner davon rund zehn Megawattstunden und die Fahrzeuge etwa sechs Megawattstunden benötigen.

Gebäudetechnik

Das Haus verfügt über eine Zentralheizung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Die Wärmeabgabe an die Räume erfolgt über eine Fußbodenheizung. Eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage sorgt für die Versorgung der Räume mit Frischluft. Jeder bewohnte Raum kann zusätzlich manuell belüftet werden. Die in der Abluft enthaltene Wärme wird zurückgewonnen. Über ein Gebäudeautomatisationssystem, das alle gemessenen Daten zentral aufbereitet und an ein offen programmierbares System übergibt, wird ein Energiemanagement betrieben. Durch das autonom arbeitende System wurde eine Optimierung der Energieströme im Gesamtsystem, bestehend aus Photovoltaik-Anlage, öffentlichem Stromnetz, Fahrzeugen sowie thermischen und elektrischen Energiespeichern, erreicht.

Abbildung 17: Energieeinflüsse im Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität

Die Nutzer können über Touchpads und Smartphones mit dem System kommunizieren. Teil des Gesamtkonzeptes ist eine Pufferbatterie. Sie sorgt dafür, dass der vom Haus gewonnene Strom auch vorwiegend selbst genutzt werden kann. Als Forschungsprojekt wurde eine Batterie mit einer Speicherkapazität von rund 40 Kilowattstunden aus insgesamt 7.250 gebrauchten Batteriezellen zusammengesetzt.

Informationskonzept

Im Bereich des sogenannten Schaufensters informieren Monitore und Displays über die Energiebilanz des Gebäudes sowie über die Geschichte und Entwicklung der Effizienzhäuser Plus des Bundes.

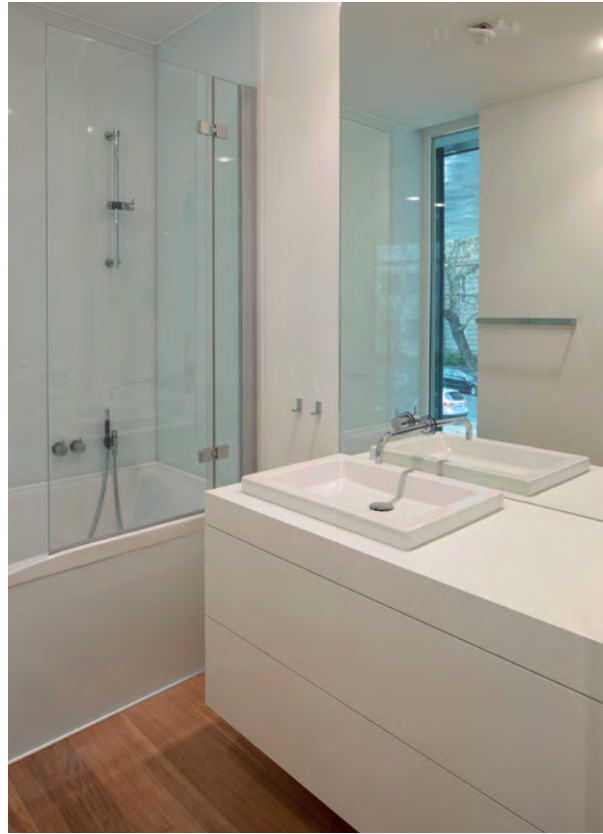
Einbindung von Elektromobilität

Das Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität zeigt die Synergien der Themen Wohnen und Mobilität: Nach dem Motto „Mein Haus, meine Tankstelle“ versorgt das Haus das Fahrzeug vor der Tür gleich mit. In dem Projekt wurden daher konduktive und induktive Ladesysteme erprobt.

Es wurde ein Energie- und Lademanagement eingesetzt, das über ein Smartphone gesteuert werden konnte. Das Regelungssystem ermittelte dann auf Basis der Nutzerwünsche und des energetischen Zustands des Hauses eine optimale Ladestrategie für die Fahrzeuge. Die Hausbatterie sorgte dafür, dass die Fahrzeuge auch in der Nacht geladen werden konnten, wenn die Photovoltaik-Elemente keinen Strom lieferten.



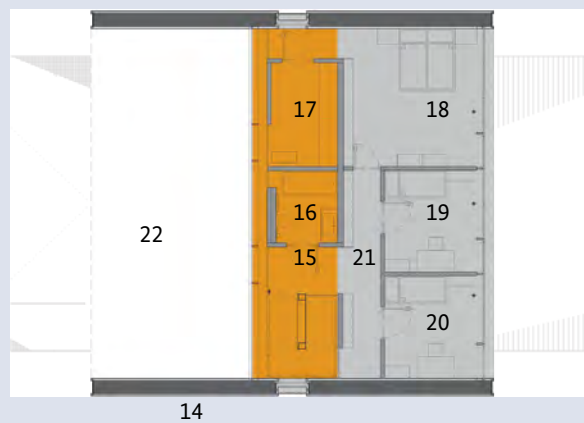
Blick vom Elternschlafzimmer in den Flur im Obergeschoss



Blick ins Badezimmer

Abbildung 18: Grundriss des Pilot-Modellgebäudes**Grundriss Erdgeschoss Wohnnutzung**

- | | |
|--------------------|--|
| 1 Rampe | 7 Küche |
| 2 Schaufenster | 8 Essen |
| 3 Eingangsbereich | 9 Wohnen |
| 4 Garderobe | 10 Terrasse |
| 5 WC, barrierefrei | 11 Informationsdisplay
und Bildschirm |
| 6 Haustechnik | |

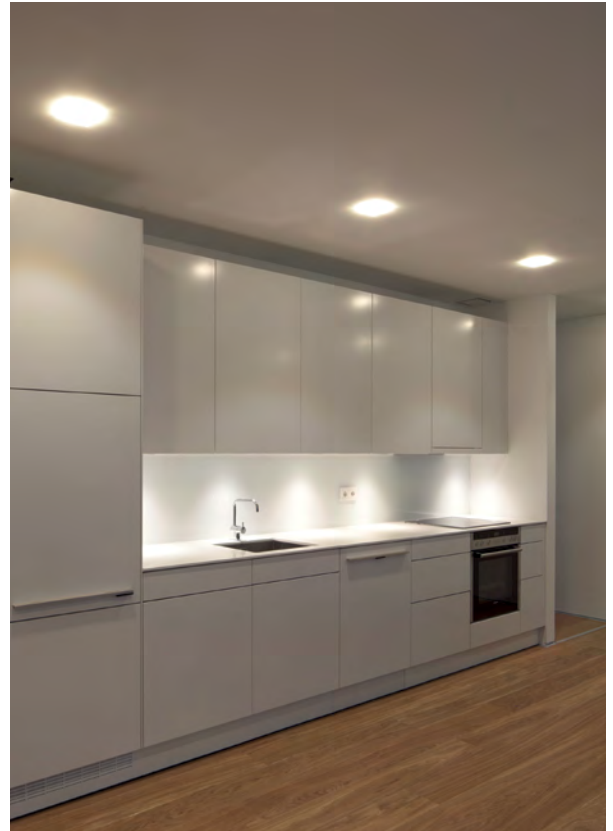
**Grundriss Obergeschoss Wohnnutzung**

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 12 leitfähiges Ladesystem | 18 Eltern |
| 13 induktives Ladesystem | 19 Kind 1 |
| 14 PV-Fassade | 20 Kind 2 |
| 15 Treppe/Flur | 21 Flur |
| 16 Bad/WC | 22 Luftraum
Schaufenster |
| 17 Hauswirtschaftsraum | |

Quelle: Werner Sobek, Stuttgart



Blick in eines der Kinderzimmer im Obergeschoss



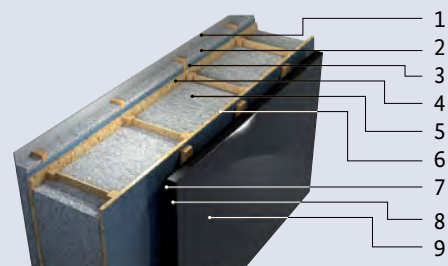
Offene Küche im Wohn- und Essbereich

Material- und Recyclingkonzept

Das gesamte Gebäude kann nach der Projektlaufzeit jederzeit zurückgebaut werden. Alle verwendeten Materialien lassen sich wieder in den Stoffkreislauf eingliedern. Ein Teil der Baustoffe wird von den Herstellern zurückgenommen und bei anderen Bauprojekten direkt wiederverwendet (zum Beispiel Photovoltaik-Anlage); alle anderen Materialien werden stofflich recycelt.

Um beim Rückbau eine sortenreine Sammlung der Materialgruppen zu ermöglichen, wurden circa 20 Verwertungseinheiten definiert, die beim Rückbau als getrennte Fraktionen gesammelt werden müssen. Für die dafür erforderliche Trennbarkeit spielte neben der Materialwahl auch die Verbindungstechnik eine entscheidende Rolle. Zum allergrößten Teil kamen nur einfach trennbare Schraub-, Klick- und Klemmverbindungen zum Einsatz. Mit Hilfe des Recyclingkonzepts können nicht nur große Mengen Abfall vermieden werden; auch die Energiebilanz wird positiv beeinflusst. Durch den Recyclingprozess kann ein erheblicher Teil der „grauen Energie“, die für die Herstellung der Primärmaterialien eingesetzt wurde, erhalten und dadurch bei der Produktion von Recycling-Baustoffen eingespart werden.

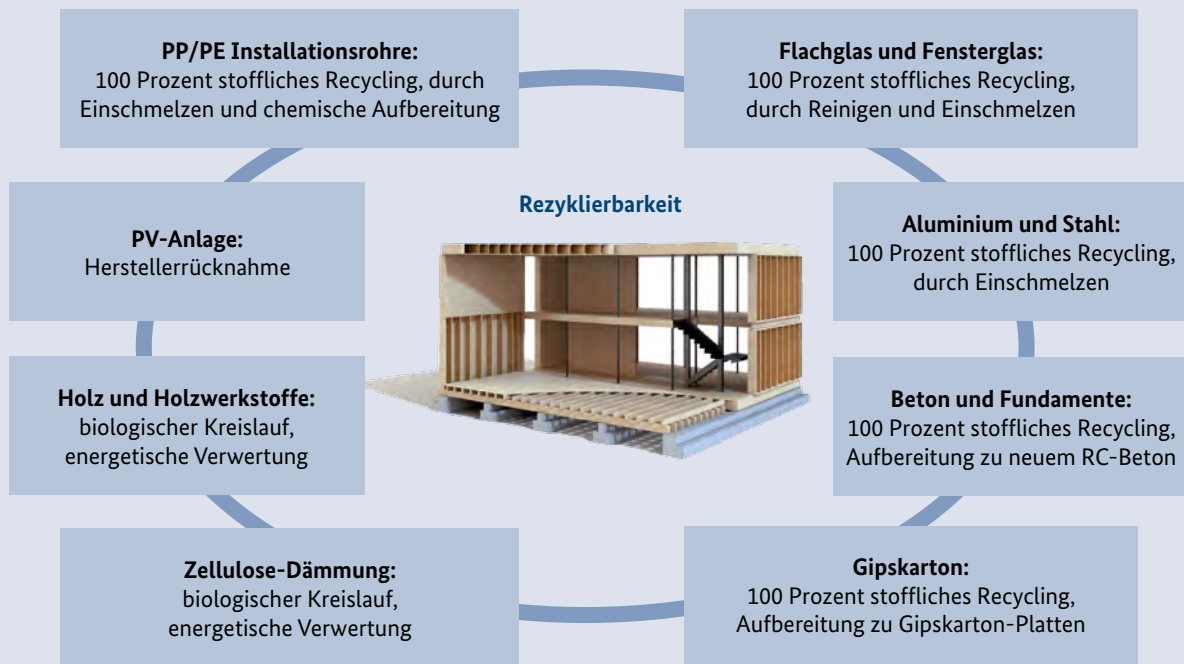
Abbildung 19: Aufbau gedämmte, opake Außenwand



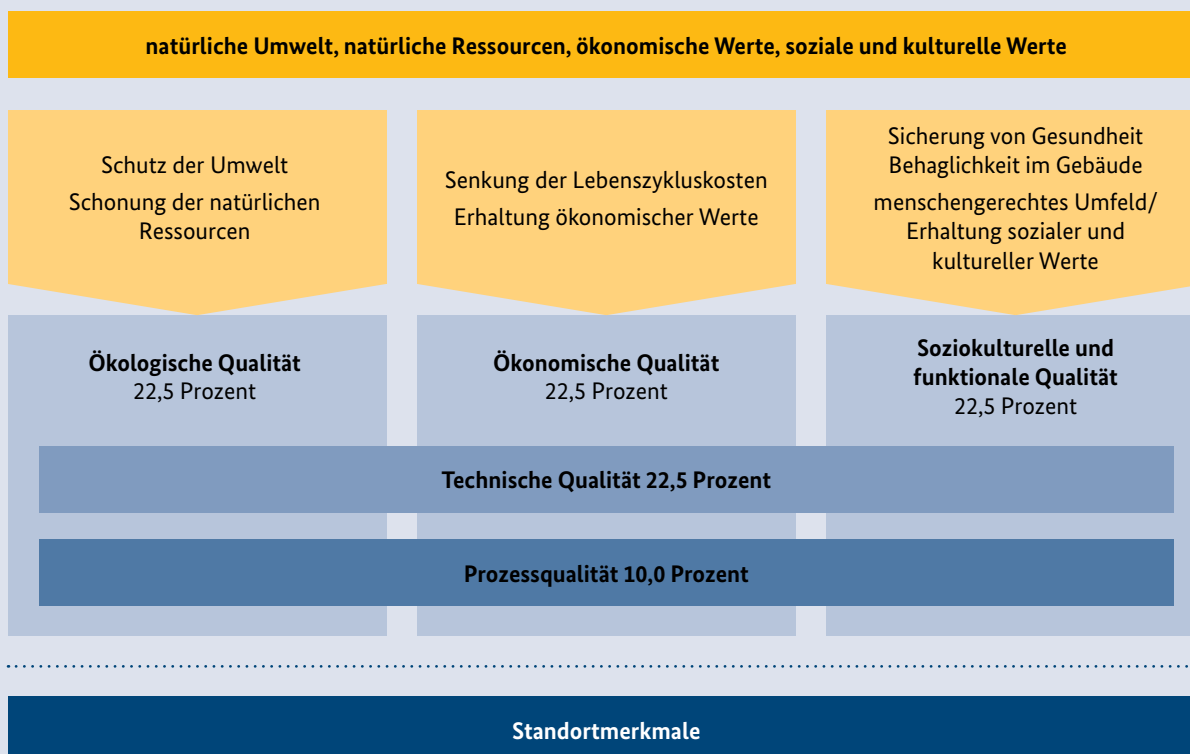
Wandaufbau

1	Gipskarton-Beplankung, gestrichen	12,5 mm
2	Installationsebene mit Hanfdämmung	60 mm
3	Dampfbremse	
4	OSB-Platte	20 mm
5	Zellulose-Dämmung	360 mm
6	OSB-Platte Feuchtigkeitssperre	20 mm
7	Vertikalplatten	30 mm
8	Agraffenprofil (Alu)	
9	Dünnschicht-PV-Module als vorgehängtes Fassadenelement	30 mm

Quelle: Werner Sobek, Stuttgart

Abbildung 20: Materialwahl bei der Rezyklierbarkeit

Quelle: Werner Sobek, Stuttgart

Abbildung 21: Übersicht der Faktoren, die die Nachhaltigkeit beeinflussen

Quelle: Werner Sobek, Stuttgart

Sozialwissenschaftliche Forschung am Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität

Vor dem Einzug und während der Nutzung befragte das Berliner Institut für Sozialforschung die Testfamilien im Haus zu ihren Erwartungen und ihren Erfahrungen mit dem Effizienzhaus Plus. Die sozialwissenschaftliche Untersuchung lieferte

Erkenntnisse hinsichtlich der Schnittstellen zwischen Mensch und innovativer Technik, der Akzeptanz und Anwendung neuer Technologien, der Nutzung intelligenter Netze zur Bedienung des Gebäudes und der Elektromobilität. Abschlussbericht zur Nutzungsphase der Testfamilien unter: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/forschung/begleitforschung-bmub-haus/sozialwissenschaftliches-monitoring/



„Wir werden das gute Gefühl vermissen.“

Familie Welke/Wiechers, die von März 2012 bis Juni 2013 das Effizienzhaus Plus in Berlin bewohnte, nach dem Auszug.

„Was uns nach unserem Auszug am meisten fehlen wird? Diese Frage wurde uns in den vergangenen Wochen sehr oft gestellt und es fällt schwer, darauf eine Antwort zu finden. Wir werden in jedem Fall das gute Gefühl vermissen, dass wir beim Baden wie beim Autofahren hatten, denn Wärme, Warmwasser und der Strom für unsere Elektroautos werden uns von unserer Haustechnik emissionsfrei zur Verfügung gestellt.“



„Es war ein tolles Abenteuer, hier zu wohnen.“

Familie Heinzelmann/Brenner, die von Mai 2014 bis April 2015 das Effizienzhaus Plus in Berlin bewohnte, kurz vor dem Auszug.

„Man hat genügend Raum; das Haus ist eine kleine Technikbox, die viel kann und hier und da auch ihre Macken hat. Aber es bietet alles, so dass man mit einem guten Gefühl darin wohnen kann, wenn man einen verantwortungsvollen Lebensstil umsetzen will. Es war ein tolles Abenteuer, hier zu wohnen.“

Fünf Jahre Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität

Eröffnung im Dezember 2011



Frau Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel eröffnet das erste bundeseigene Effizienzhaus Plus als Gründungsprojekt des bundesweiten Netzwerkes von Effizienzhäusern Plus an der Zukunftstechnologieachse Berlin City West.

Leben im Haus der Zukunft



Von März 2012 bis Juni 2013 bewohnt Familie Welke/Wiechers das Forschungsobjekt in Berlin, testet die Funktionalität und ist begeistert über die Wohnqualität im Haus.

Forschung und Netzwerk



In allen Nutzungsphasen wird das Modellvorhaben technisch- und sozialwissenschaftlich begleitet. In den öffentlichen Betriebsphasen bietet es ein umfassendes Veranstaltungsprogramm zur Energieeffizienz.

Die Themenwochen ...



...„Energie + Bauen“, „Energie + Energie“, „Energie + Mobilität“ und „Energie + Politik und Recht“ bieten den Besuchern Vorträge, Beratungen, Ausstellungen und Probefahrten.



Wettbewerb, Planung und Bau



Das Gebäude ist das Ergebnis eines Wettbewerbs, den das BMVBS (heute BMUB) Ende 2010 durchgeführt hat. Der Entwurf, den eine Arbeitsgemeinschaft unter der Leitung von Dr. Werner Sobek eingereicht hatte, wurde mit dem 1. Preis ausgezeichnet.

Ansehen, Erleben, Informieren



Das Anschauungsmodell kann von interessierten Bürgern und Fachleuten besichtigt werden. Spezielle Vorträge und Themenabende füllen ein Programm zwischen effizientem Bau, Nachhaltigkeit, Elektromobilität und zukunftsorientiertem Denken.

Erfahrungsaustausch



Auf zahlreichen Fachveranstaltungen und Messen wird über erste wissenschaftliche Ergebnisse breit informiert. Das Netzwerk tauscht zentrale Erfahrungen zu dieser neuen Gebäudegeneration aus mit dem Fazit: Das Plus ist erreichbar.

Ferienprogramm



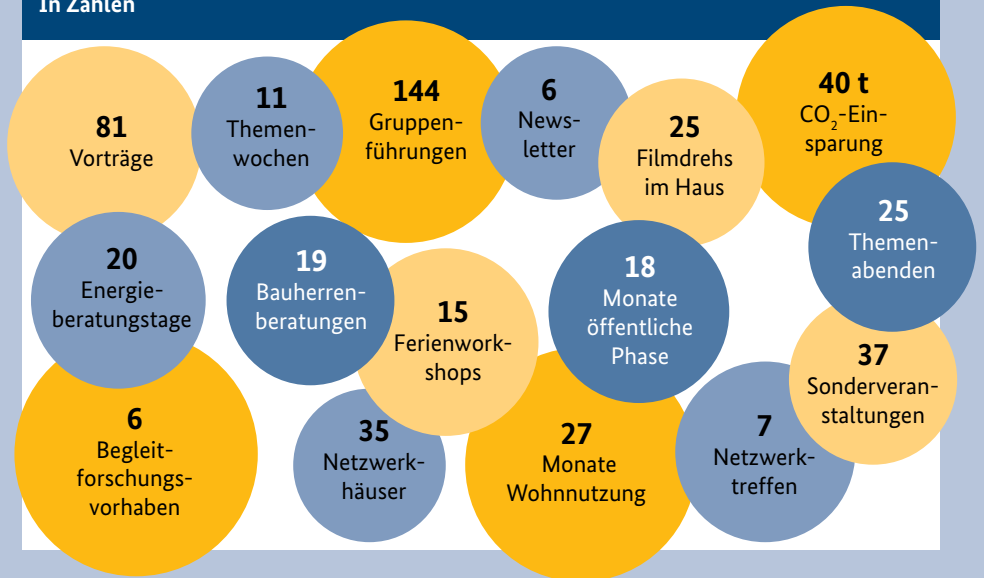
In Schul- und Semesterferien wird Kindern und Jugendlichen ein umfangreiches und altersgerechtes Programm mit Informationen, Themenvermittlung und viel Bastelspaß geboten: Upcycling, Trickfilme, erneuerbare Energien entdecken und vieles mehr.

Leben im Haus der Zukunft



Von Mai 2014 bis April 2015 bewohnt Familie Brenner-Heinzelmann das Gebäude mit positiver Energiebilanz und freut sich über viele wertvolle, neu gewonnene Erfahrungen.

In Zahlen



Elektromobilität testen ...

Den E-Autos unter die Haube schauen und E-Bikes und Pedelecs probefahren? Kein Problem! Verschiedene E-Autos von VW, OPEL, Daimler, Toyota, Tesla und Mercedes sowie Pedelecs, eBikeboards und SMART bikes stehen bereit.

Das Effizienzhaus im Fernsehen

Verschiedene nationale und internationale Fernseheteams informieren unterschiedliche Zielgruppen der Gesellschaft. Beim Türöffner-Tag mit der Maus wird das Haus kindgerecht erforscht.

Internationale Dialogplattform

Delegationen aus aller Welt wird in englischsprachigen Führungen dieser innovative Gebäudestandard anschaulich vermittelt. Das Effizienzhaus Plus bewährt sich als Plattform für internationalen Wissensaustausch und internationale Kontakte.

Forschung am Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität

Das Gebäude ist ein Forschungsobjekt und Testlabor par excellence. Neben der umfangreichen messtechnischen Validierung des Hauses wurden verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt. Dazu zählten insbesondere:

Wärme- und Feuchtetransporte in hochgedämmten Außenbauteilen

Im Realtest werden mittels Messfühler in hoch gedämmten Holzaußenwänden kontinuierlich Temperatur, Feuchte sowie der Wärmestrom in Außenwänden, im Dach und im Fußboden gemessen und ausgewertet. Damit soll insbesondere das Feuchteverhalten offener Dämmmaterialien besser beschrieben und eingeschätzt werden.

Energiemanagement

Das Energiemanagementsystem des Gebäudes soll mittels Wettervorhersagen die selbst erzeugte Energiemenge und den Energieverbrauch von Haus und Elektrofahrzeugen schätzen. Daraus soll es Vorgaben für die Nutzung des Batteriespeichers ableiten. Verbessert wird damit die Eigennutzung des von der Photovoltaik erzeugten Stroms.

Stromnetzstabilisierung

Die stabilisierende Wirkung des Batteriespeichers auf das Stromnetz soll erforscht werden. Gleichzeitig werden Grundlagen erarbeitet, wie sich mehrere Batteriespeicher zu einem „virtuellen Kraftwerk“ zusammenschalten lassen. So kann mit Strom aus erneuerbaren Quellen Regenergie im Minutenbereich gleichmäßig bereitgestellt werden. Abschlussbericht unter: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/forschung/begleitforschung-bmub-haus/stabilisierung-des-stromnetzes/

Batteriezellenwiederverwendung

Gebrauchte Lithium-Ionen-Batteriezellen aus der Elektromobilität werden auf ihre Alterung, ihre Restkapazität und ihren Einsatz in Hausbatterien mit neu eingesetztem Batteriemanagementsystem und der Lade-/Wechselrichtereinheit erforscht.

Marktübersicht Hausbatterien

Als Teilprojekt der Evaluation des elektrochemischen Energiespeichers wurde eine Marktübersicht über die verfügbaren Speichersysteme erstellt. Der Abschlussbericht aus dem Jahre 2013 enthält neben der Beschreibung der unterschiedlichen Systeme Aussagen zu den spezifischen Kosten und baurechtlichen Fragestellungen, zu Fördermöglichkeiten und zur Entsorgung am Ende des Batteriezyklus. Download unter: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/forschung/begleitforschung-bmub-haus/marktuebersicht-hausbatterien/

Dimensionierung von Hausbatterien

Für die Dimensionierung von Hausbatterien (Batteriespeichern) in Effizienzhäusern Plus wird erstmalig eine Software entwickelt, die die spezifischen Kosten zukünftig beim Einsatz von Hausbatterien wirtschaftlich absichert. Als Ergebnis dieser Arbeit liegt ein Tabellenwerkzeug vor, mit dem die Berechnung sinnvoller Speicherkapazitäten für Häuser durchgeführt werden kann. Abschlussbericht unter: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/forschung/begleitforschung-bmub-haus/stromspeichersysteme/

Beheizung von hochwärmedämmten Gebäuden mit unterschiedlichen Temperaturzonen

Die Energieperformance der ersten Wärmepumpe zur Gebäudeheizung blieb deutlich hinter den Erwartungen zurück. Ursache war die ständige Anforderung einer zu hohen Vorlauftemperatur, ausgelöst durch die nicht „normgerechte“ Hausnutzung. Zur Suche nach den Ursachen und zum quantitativen Nachweis der Energieströme liegen drei Forschungsberichte zur Regelungstechnik, zur Heizungsanlage und zur Quantifizierung der Raumluftströmung vor. Download der Berichte unter: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/forschung/begleitforschung-bmub-haus/sonderrthema-beheizung/

Die ersten Betriebsjahre im Effizienzhaus Plus in Berlin

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik hat das Effizienzhaus Plus in Berlin drei Jahre lang messtechnisch erfasst und energetisch bewertet. Die Ergebnisse zeigen: Die Erträge aus den Photovoltaikanlagen fielen nach den ersten zwölf gemessenen Monaten von März 2012 bis Februar 2013 trotz ungünstigem Klima höher aus, als der Bedarf für Gebäudetechnik und Betrieb. So konnte die überschüssige Energie etwa 25 Prozent des Energiebedarfs der Elektrofahrzeuge abdecken.

Im ersten Messjahr generierte die Photovoltaikanlage 13.306 Kilowattstunden. Davon wurden 6.555 Kilowattstunden im Haus selbst genutzt und 6.751 Kilowattstunden in das öffentliche Netz eingespeist. Aus dem öffentlichen Netz wurden circa 5.800 Kilowattstunden Strom entnommen. Demgegenüber steht ein gebäudebezogener Energieverbrauch von 12.400 Kilowattstunden. Der gebäudebezogene Energieverbrauch berücksichtigt nicht die Elektromobilität sowie projektspezifische Energieverbräuche. Das Photovoltaiksystem erzielte somit einen Überschuss von 906 Kilowattstunden. Allerdings reichte dies nicht aus, um die Aufwendungen für die Elektromobilität vollständig zu substituieren.

In dem Gebäude wurden 47 Prozent der Energie für den Betrieb der Heizung und für die Bereitung des Trinkwarmwassers aufgewendet. Jeweils 24,5 Prozent wurden für die Hilfsenergie für Lüftung, Gebäudeautomation und Umwälzpumpen sowie für die Elektrogeräte im Haushalt beansprucht. Die restlichen vier Prozent entfielen auf die Beleuchtung.

Im zweiten Messjahr 2013 war das Haus zum überwiegenden Teil nicht bewohnt. Es diente als Ausstellungs- und Konferenzraum und erwirtschaftete einen Überschuss von 2.011 Kilowattstunden.

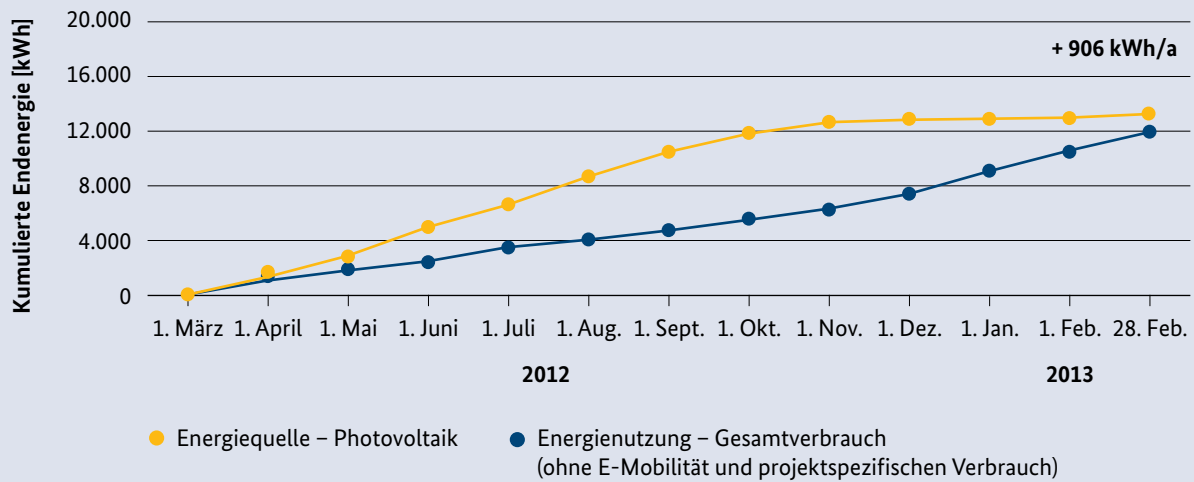
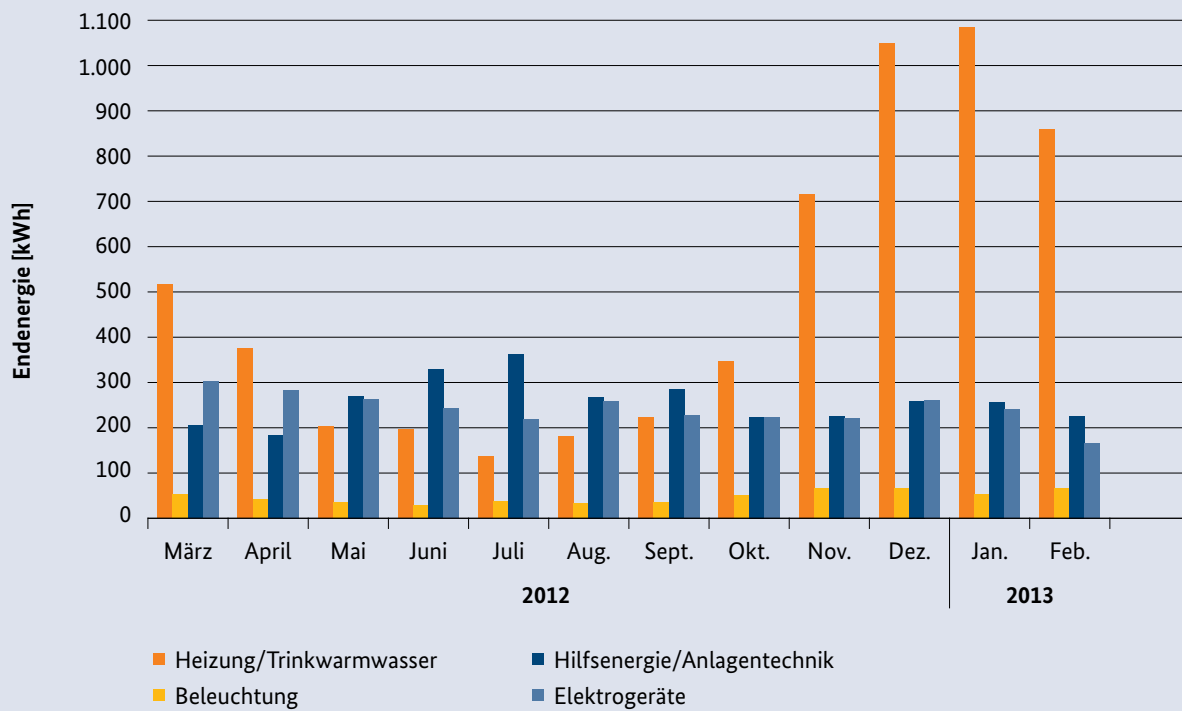
Vor Einzug der zweiten Testfamilie im Jahr 2014 wurden Umbauten in Form einer baulichen Trennung der Geschosse durchgeführt. Darüber hinaus wurde die ungeregelte Luft-Wasser-Wärmepumpe durch eine

modulierende ersetzt. Der Umbau und das etwas milde Klima im Winter 2014/2015 senkten den Energieverbrauch um 35 Prozent.

Im dritten Messjahr generierte die Photovoltaik-Anlage 13.490 Kilowattstunden. Davon wurden 6.974 Kilowattstunden im Haus selbst genutzt und 6.516 Kilowattstunden in das öffentliche Netz eingespeist. Der gebäudebezogene Energieverbrauch betrug 7.960 Kilowattstunden. In dem Gebäude wurden nun 39 Prozent der Energie für den Betrieb der Heizung und für die Bereitung des Trinkwarmwassers sowie 39 Prozent für die Hilfsenergie benötigt. 18 Prozent entfielen auf die Haushaltsgeräte und Haushaltsprozesse, weiterhin vier Prozent auf die Beleuchtung. Somit ist während der Testphase der zweite Energieverbrauch für den Betrieb der Wärmepumpe und der Haushaltsgeräte reduziert worden. Relativ konstant und auf hohem Niveau zeigt sich der Energieverbrauch für die Hilfsenergie von Lüftung, Automation und Umwälzpumpen – hier besteht Optimierungspotenzial.



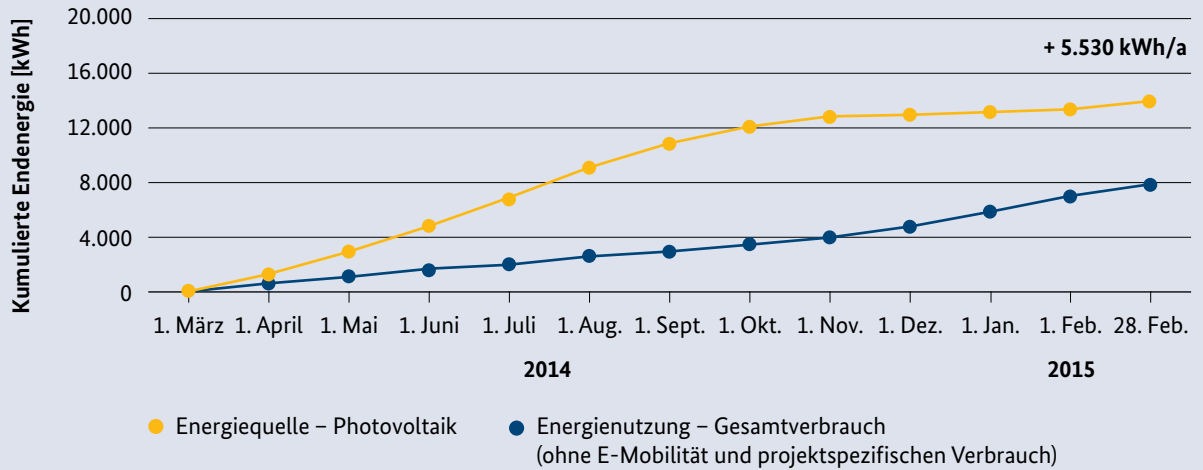
Schaufenster zum Technikraum beim Effizienzhaus Plus in Berlin

Abbildung 22: Vergleichswerte des ersten Messjahres – Zeitraum 2012/2013 (erste Testfamilie)**Kumulierte Endenergie****Monatlicher Energieverbrauch**

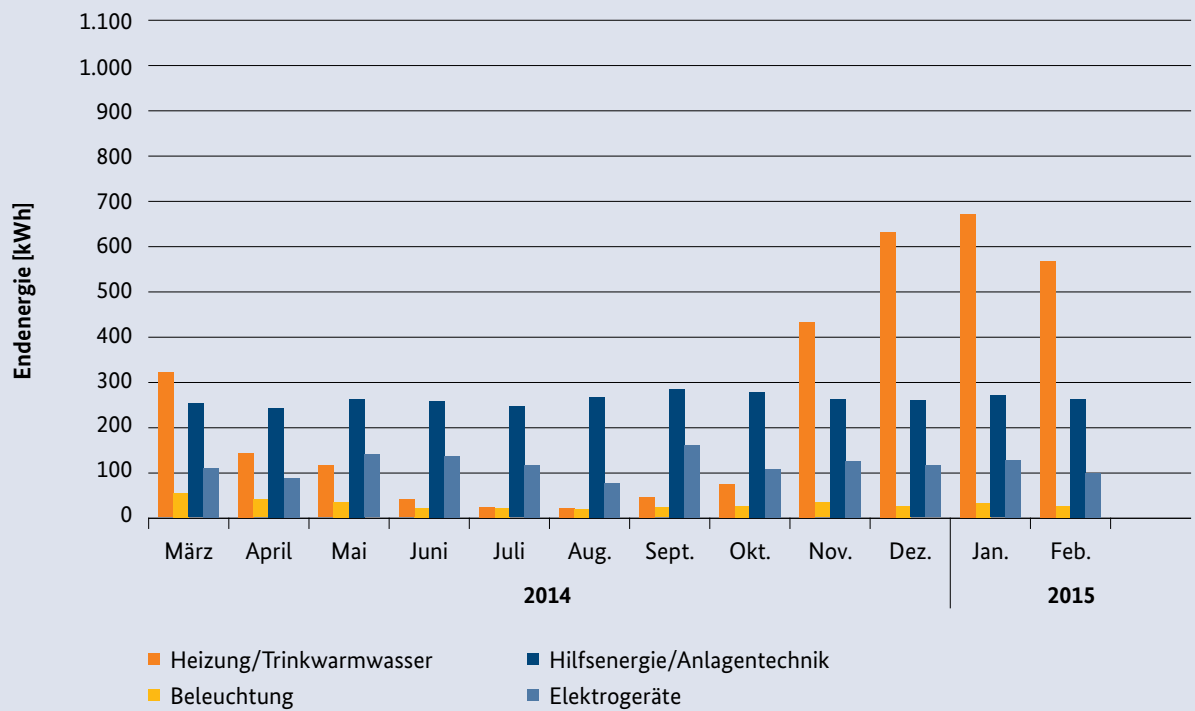
Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Abbildung 23: Vergleichswerte des dritten Messjahres – Zeitraum 2014/2015 (zweite Testfamilie)

Kumulierte Endenergie



Monatlicher Energieverbrauch



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Das Effizienzhaus Plus Netzwerk

Ziel des Forschungsförderprogramms des Bundes ist es, in einem Netzwerk von unterschiedlichen Lösungen verschiedene Technologien auszuprobieren und weiter zu optimieren.

Vielversprechende Ideen, Technologien und Materialien sollen schneller den Weg in die Praxis finden. Mit den Gebäuden sollen Erfahrungen gesammelt und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen angestellt werden. Mittelfristig soll es gelingen, Effizienzhäuser Plus zu attraktiven Preisen zu errichten. Das Netzwerk besteht mittlerweile aus über 100 Partnern aus der bau- und anlagentechnischen Industrie, die diese Gebäudekonzepte erfolgreich am Markt multiplizieren. Die Gebäude werden durch verschiedene Forschungseinrichtungen einem intensiven Monitoringprogramm unterzogen. Darüber hinaus erfolgt eine Querauswertung aller Ergebnisse durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Hierbei werden die wesentlichen Leistungsdaten wie Heizenergieverbrauch, Stromverbrauch und Stromgewinnung, Erneuerbare-Energien-Eigennutzungsgrad und Primärenergieverbrauch sowie Behaglichkeitsparameter erfasst und bewertet. Neben einem Quervergleich aller Projekte hinsichtlich der wesentlichen Leistungsdaten und der Erfüllung des Effizienzhaus Plus Standards werden darüber hinaus die angesetzten Berechnungsgrößen für den Stromverbrauch der Beleuchtung, der Haushaltsgeräte und -prozesse validiert.

Einfamilienhäuser

Den überwiegenden Teil der Demonstrationsgebäude des Forschungsvorhabens bilden bislang Einfamilienhäuser. Diese werden wie in der „Fertighaus Welt“ in Köln-Frechen und in Bremen als Musterhäuser genutzt, wie in Berlin, Brieselang, Deggendorf, Burghausen und Hamburg für eine bestimmte Zeit von Testfamilien bewohnt oder wie in allen übrigen Gebäuden auf Dauer von Familien mit zwei bis fünf Mitgliedern bewohnt.

Mehrfamilienhäuser

Nachdem sich die Umsetzung des Konzeptes in den ersten Jahren auf Einfamilienhäuser konzentrierte, wird im Laufe der nächsten Jahre die Übertragbarkeit der Bauweise auf Mehrfamilienhäuser erprobt. Hierzu entstanden in Berlin und Frankfurt größere Wohnanlagen als Effizienzhäuser Plus. Im Vergleich zum Einfamilienhaus verschiebt sich das Verhältnis der Dachfläche zur Fassadenfläche. Daher müssen Fassadenflächen verstärkt zur regenerativen Energieerzeugung herangezogen werden. Die Wärme für die Heizung und das Trinkwarmwasser wird auch hier überwiegend über Wärmepumpen bereitgestellt, dabei wird auch die Nutzung der Abwasserwärme in die Konzepte integriert. Als Lüftungsanlagen werden sowohl zentrale als auch dezentrale Systeme verwendet.

Sanierung von Bestandsgebäuden

Die große Herausforderung der Energiewende ist der Gebäudebestand. Daher wird im Bereich des Kleinhausbaus der Fokus in den nächsten Jahren auf Sanierungslösungen gelegt. Derzeit werden in Neu-Ulm die beiden Gewinnerentwürfe eines Architekten Wettbewerbs realisiert, um unterschiedliche Lösungsansätze in der praktischen Umsetzung zu erproben und zu bewerten. Weitere Informationen finden Sie dazu auf der Seite 51 dieser Broschüre.

Bildungsgebäude

Neben Wohngebäuden sind auch andere Gebäudearten geeignet, als Effizienzhäuser Plus errichtet und betrieben zu werden. Im besonderen Maße trifft dies auf Bildungsgebäude zu. Seit 2015 gibt es für diesen Gebäudebereich ein eigenes Förderprogramm. Ausführliche Informationen finden Sie dazu auf der Seite 52 dieser Broschüre.

Alle Projekte werden auf der Internetseite www.forschungsinitiative.de veröffentlicht.

Realisierte Projekte

Monitoring beendet



Brieselang Elbe-Haus M1 Massivhaus
 Wohnfläche: 137 m²
 Luft-Wasser-Wärmepumpe, PV = 9,3 kW_{Peak}
 Solarthermie 10 m², Batterie 24,0 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	3.921
Prognose	
1. Messjahr:	1.389
2. Messjahr:	1.495



Bremen HO Immobilien & Baukonzepte
 Wohnfläche: 202 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe
 PV = 8,7 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	546
Prognose	
1. Messjahr:	2.213
2. Messjahr:	-



Leonberg-Warmbronn Haus Berghalde
 Wohnfläche: 260 m²
 Wasser-Wasser-Wärmepumpe, PV = 15,0 kW_{Peak}
 Batterien 7,0 kWh + 20,0 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	6.947
Prognose	
1. Messjahr:	3.160
2. Messjahr:	6.096



Münsterstadt Haus Miller
 Wohnfläche: 327 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe, PV = 23,7 kW_{Peak}
 Batterie 11,0 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	12.293
Prognose	
1. Messjahr:	11.710
2. Messjahr:	13.399



Eußenheim Haus Höfling
 Wohnfläche: 288 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe, Eisspeicher 3.000 l
 PV = 13,4 kW_{Peak} Solarthermie 11,0 m²



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	8.816
Prognose	
1. Messjahr:	4.439
2. Messjahr:	5.760

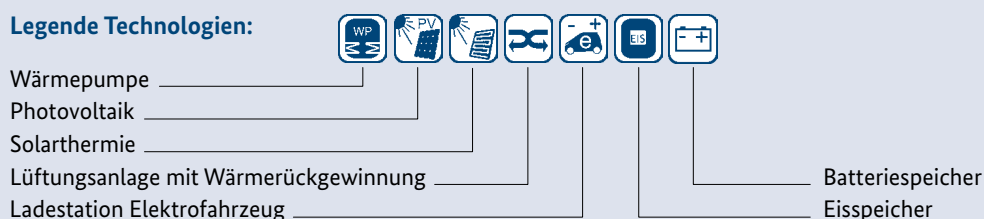


Stelzenberg ecolodge
 Wohnfläche: 113 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe, Eisspeicher 1.050 l
 PV = 8,5 kW_{Peak} Solarthermie 14,0 m²



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	1.920
Prognose	
1. Messjahr:	2.774
2. Messjahr:	3.594

Legende Technologien:



Monitoring beendet



Köln HUF HAUS Green[r]evolution
Wohnfläche: 283 m²
Sole-Wasser-Wärmepumpe, PV = 14,5 kW_{Peak}
Batterie 13,2 kWh

**Endenergieüberschuss****(kWh/a):** 2.980

Prognose

1. Messjahr: -2.377

2. Messjahr: 1.886



Köln SchwörerHaus Plan 550
Wohnfläche: 139 m²
Luft-Luft-Wärmepumpe, PV = 11,0 kW_{Peak}
Solarthermie 8,4 m²

**Endenergieüberschuss****(kWh/a):** 2.263

Prognose

1. Messjahr: 4

2. Messjahr: 1.960



Köln Bien-Zenker Concept-M
Wohnfläche: 194 m²
Luft-Luft-Wärmepumpe + Sole-Wasser-Wärmepumpe
PV = 16,3 kW_{Peak}, Batterie 8,4 kWh

**Endenergieüberschuss****(kWh/a):** 4.705

Prognose

1. Messjahr: 1.235

2. Messjahr: 2.997



Köln FingerHaus VIO 400
Wohnfläche: 197 m²
Luft-Wasser-Wärmepumpe
PV = 8,5 kW_{Peak}

**Endenergieüberschuss****(kWh/a):** 349

Prognose

1. Messjahr: -1.388

2. Messjahr: 703



Köln WeberHaus Generation 5.0
Wohnfläche: 159 m²
Luft-Luft-Wärmepumpe, PV = 8,8 kW_{Peak}
Batterie 3,5 kWh

**Endenergieüberschuss****(kWh/a):** 2.067

Prognose

1. Messjahr: -1.097

2. Messjahr: -198



Lüneburg Haus Molt
Wohnfläche: 129 m²
Elektrische Direktheizung
PV = 12,6 kW_{Peak}

**Endenergieüberschuss****(kWh/a):** 3.424

Prognose

1. Messjahr: 7.258

2. Messjahr: 8.152

Legende Technologien:

Wärmepumpe _____

Photovoltaik _____

Solarthermie _____

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung _____

Ladestation Elektrofahrzeug _____

Direktelektrische Wärmeerzeugung _____

Batteriespeicher _____

Monitoring beendet



Hamburg VELUX LichtAktiv Haus
 Wohnfläche: 132 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe, Fensterlüftung,
 PV = 8,8 kW_{Peak} Solarthermie 19,8 m²



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	180
Prognose	
1. Messjahr:	-5.015
2. Messjahr:	-1.888



Schwabach Haus Hausner
 Wohnfläche: 221 m²
 Luft-Luft-Wärmepumpe
 PV = 14,4 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	2.648
Prognose	
1. Messjahr:	6.868
2. Messjahr:	6.186



Weifa Haus Wagner
 Wohnfläche: 180 m²
 Luft-Wasser-Wärmepumpe, PV = 30,0 kW_{Peak}
 Batterie 14,4 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	15.125
Prognose	
1. Messjahr:	18.865
2. Messjahr:	19.495



Bischofswiesen EFH-Plus in den Bergen
 Wohnfläche: 628 m²
 Wasser-Wasser-Wärmepumpe, PV = 41,6 kW_{Peak}
 Batterie 50,0 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	10.885
Prognose	
1. Messjahr:	17.601
2. Messjahr:	13.143



Darmstadt Energy+ Home
 Wohnfläche: 185 m²
 Luft-Wasser-Wärmepumpe
 PV = 12,6 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	1.930
Prognose	
1. Messjahr:	266
2. Messjahr:	-367



Köln LUXHAUS frame
 Wohnfläche: 289 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe
 PV = 9,9 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	974
Prognose	
1. Messjahr:	-1.166
2. Messjahr:	-1.941

Legende Technologien:



- Wärmepumpe _____
- Photovoltaik _____
- Solarthermie _____
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung _____
- Ladestation Elektrofahrzeug _____
- Mechanisches Lüftungskonzept _____
- Direktelektrische Wärmeerzeugung _____
- Batteriespeicher _____

Monitoring läuft



Burghausen Schlagmann/BayWa
Wohnfläche: 176 m² Wasser-Wasser-Wärmepumpe,
Saisonaler Speicher 48.000 Liter, PV = 10,5 kW_{Peak}
Solarthermie 51 m², Batterie 10,8 kWh



Endenergieüberschuss

(kWh/a): 5.961

Prognose

1. Messjahr: 1.922

2. Messjahr: -



Unterkirnach Haus Neiningers
Wohnfläche: 282 m²
Sole-Wasser-Wärmepumpe, PV = 26,2 kW_{Peak}
Batterie 24,0 kWh



Endenergieüberschuss

(kWh/a): 11.003

Prognose

1. Messjahr: 7.574

2. Messjahr: -



Bad Homburg Pro Klimahaus
Wohnfläche: 169 m²
Luft-Wasser-Wärmepumpe
PV = 9,4 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss

(kWh/a): 2.066

Prognose

1. Messjahr: -9.508

2. Messjahr: -



Bremen Haus Büscher
Wohnfläche: 166 m²
Sole-Wasser-Wärmepumpe, PV = 10,8 kW_{Peak}
Solarthermie 10,0 kWh



Endenergieüberschuss

(kWh/a): 938

Prognose

1. Messjahr: -

2. Messjahr: -



Buchen-Hollerbach Haus Böhlers
Wohnfläche: 230 m²
Sole-Wasser-Wärmepumpe
PV = 12,4 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss

(kWh/a): 1.463

Prognose

1. Messjahr: 4.411

2. Messjahr: -



Deggendorf Haus Bachl
Wohnfläche: 171 m²
Pufferspeicher 9.200 Liter, PV = 7,8 kW_{Peak}
Solarthermie 49,0 m², Batterie 8,0 kWh



Endenergieüberschuss

(kWh/a): 1.807

Prognose

1. Messjahr: 2.820

2. Messjahr: -

Legende Technologien:



Wärmepumpe

Photovoltaik

Solarthermie

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Ladestation Elektrofahrzeug

Langzeitspeicher

Batteriespeicher

Monitoring läuft



Kassel Haus Barba/Griesel
 Wohnfläche: 280 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe, PV = 15,8 kW_{Peak}
 Batterie 6,3 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	3.118
Prognose	
1. Messjahr:	2.366
2. Messjahr:	-



Poing/Grub Baufritz „Alpenchic“
 Wohnfläche: 225 m²
 PV = 12,6 kW_{Peak}
 Batterie 3,7 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	26
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-



Riedstadt-Crumstadt Haus Bernhardt
 Wohnfläche: 165 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe
 PV = 12,0 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	1.170
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-



Stuttgart Aktivhaus B10
 Wohnfläche: 82 m²
 Wasser-Wasser-Wärmepumpe, PV = 10,4 kW_{Peak}
 Batterie 11,0 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	-
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-



Neu-Ulm Pfuhler Straße 4 und 6
 Wohnfläche: 656 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe
 PV = 45,8 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	8.824
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-

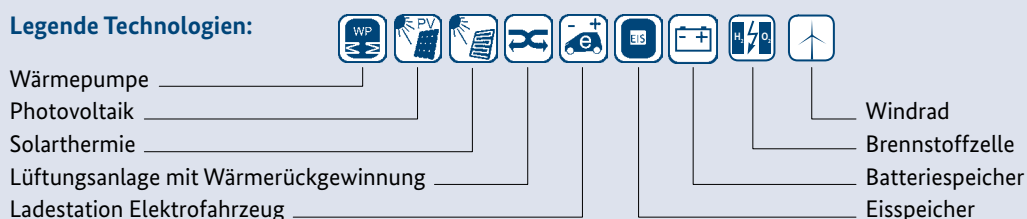


Neu-Ulm Pfuhler Straße 10 und 12
 Wohnfläche: 596 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe
 PV = 31,2 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	keine Angabe
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-

Legende Technologien:



Monitoring läuft



Berlin LaVidaVerde
 Wohnfläche: 1.207 m²
 Luft-Wasser-Wärmepumpe
 PV = 78,1 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	4.390
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-



Frankfurt am Main Cordierstraße
 Wohnfläche: 1.170 m²
 BHKW *, PV = 49,7 kW_{Peak}
 Solarthermie 40,0 m²



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	6.533*
Prognose	
1. Messjahr:	-57.985
2. Messjahr:	-



Frankfurt am Main Aktiv-Stadthaus
 Wohnfläche: 6.480 m²
 Wasser-Wasser-Wärmepumpe, PV = 370,0 kW_{Peak}
 Batterie 250,0 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	43.622
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-



Frankfurt am Main Riedberg
 Wohnfläche: 1.599 m²
 Sole-Wasser-Wärmepumpe, PV = 95,2 kW_{Peak}
 Batterie 60,0 kWh



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	24.524
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-



Tübingen Licht + Luft
 Wohnfläche: 891 m²
 Fernwärme *
 PV = 36,0 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	< 0
Prognose	
1. Messjahr:	-21.486
2. Messjahr:	-



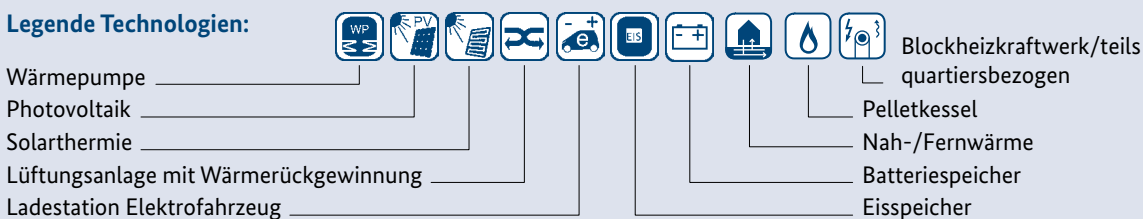
Geisenheim Internatsschule Hansenberg
 Wohnfläche: 319 m²
 Luft-Wasser-Wärmepumpe
 PV = 18,9 kW_{Peak}



Endenergieüberschuss	
(kWh/a):	keine Angabe
Prognose	
1. Messjahr:	-
2. Messjahr:	-

* Negative Endenergiebilanz nicht erreicht. Objektspezifische Anpassung des Effizienzhaus Plus Standards durch Fördergeber.

Legende Technologien:



Ergebnisse aus dem Netzwerk

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik wertete in seiner federführenden Begleitforschung zahlreiche Messdaten von allen Modellvorhaben quer aus. Ausgewählte Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt.

Monitoring

Ein umfangreiches Messprogramm dient sowohl zur Darstellung der Energieerträge und -verbräuche der Gebäude als auch zur Beurteilung der Effizienz der Anlagentechnik. Somit steht den Bewohnern und dem Planer eine aufschlussreiche Rückmeldung zur Nutzung zur Verfügung. Die Messkonfiguration für ein Gebäude umfasst sowohl Wärmemengen- und Elektrozähler als auch Temperaturfühler und Messfühler zur Volumenstrommessung. In ausgewählten Räumen wurden zudem die Raumlufttemperatur, relative Luftfeuchte und CO_2 -Konzentration bestimmt. Mithilfe der Messdaten werden die genutzten und eingespeisten Beiträge aus der Photovoltaikanlage und dem öffentlichen Stromnetz sowie der Verbrauch aller elektronischen und haustechnischen Geräte der Häuser fortlaufend aufgezeichnet. Die Daten werden für die einzelnen Objekte monatsweise ausgewertet und veröffentlicht unter: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus

Baulicher Wärmeschutz

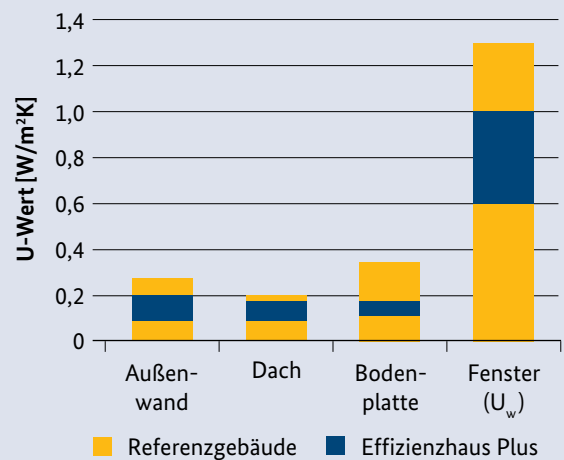
Alle Modellvorhaben sind überwiegend baulich kompakt und energetisch optimiert. Ihr Wärmeschutz ist vergleichsweise zwar deutlich besser als von der Energieeinsparverordnung (EnEV) gefordert, allerdings häufig nicht ganz so hoch wie bei Passivhäusern. Der auf die wärmeübertragenden Umfassungsflächen bezogene Transmissionswärmeverlust bewegt sich bei Ein- bis Zweifamilienhäusern zwischen 0,13 und 0,33 Watt pro Quadratmeter und Kelvin und unterschreitet damit die Mindestanforderungen der aktuellen EnEV um 18 bis

62 Prozent (im Mittel 48 Prozent). Die mittlere energetische Qualität der Modellvorhaben liegt schwerpunktmäßig bei KfW-Effizienzhaus 55.

Wärmeversorgung

Die meisten Modellvorhaben nutzen Wärmepumpen in Verbindung mit Flächenheizungen. Zum Einsatz kommen 43 Prozent Sole-Wasser-Wärmepumpen, 30 Prozent Luft-Wasser-Wärmepumpen und zu je 13,5 Prozent wird die Wärme durch eine Kombination einer Wasser-Wasser- beziehungsweise einer Luft-Luft-Wärmepumpe erzeugt. Als Wärmequelle werden Außenluft, Soleflüssigkeit, Solar- oder Eisspeicher in verschiedenen Kombinationen genutzt. Die Heizleistungen der installierten Anlagen bewegen sich zwischen 1,5 bis 20 Kilowatt bei Einfamilienhäusern und sieben bis 120 Kilowatt bei Mehrfamilienhäusern.

Abbildung 24: Wärmedurchgangskoeffizienten



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik



Visualisierung der Messergebnisse über die Gebäudeautomation

! Tipp

Für innovative Anlagentechnik sollte ein Monitoring vorgesehen werden, um kontinuierlich deren Effizienz zu analysieren und Verbesserungen einleiten zu können. Kleine geeignete Monitoringsysteme sind bereits am Markt verfügbar. Ein Effizienzhaus Plus muss nicht Passivhaus-Niveau erfüllen. Eine um etwa 45 Prozent bessere Ausführung gegenüber dem Wärmeschutz-Niveau des Referenzgebäudes der EnEV, reicht oft aus.

Endenergieverbrauch

Gemessen werden die Energieverbräuche anteilig nach Heizung, Trinkwarmwasser, Hilfsenergie sowie Beleuchtung, Haushaltsgeräte, Haushaltsprozesse und Sonstiges. Zum Vergleich der Messwerte mit den Planungswerten werden die Bedarfskennwerte für Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung und sonstiger Hilfsenergie den EnEV-Berechnungen nach der

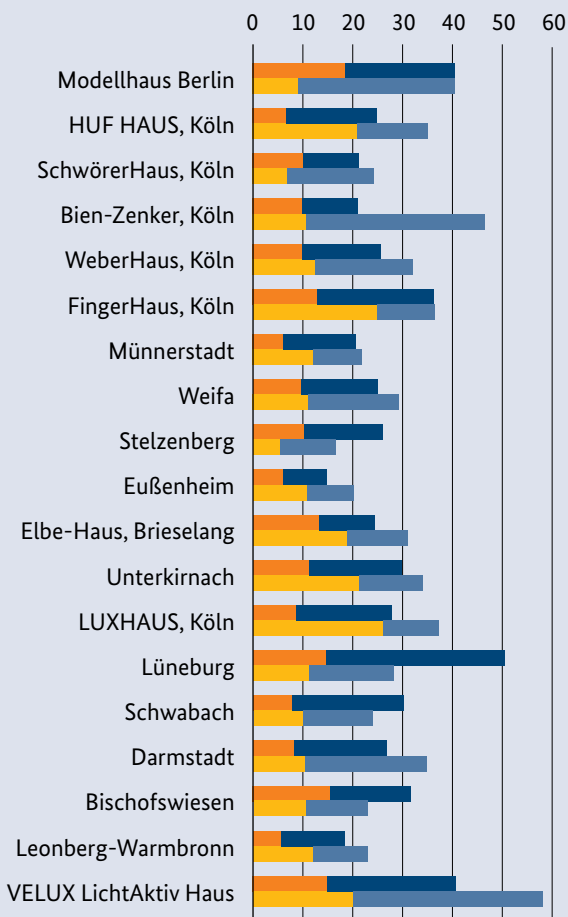
DIN V 18599 entnommen. Die prognostizierten Werte für die Beleuchtung und den Haushaltsstrom basieren auf den Vorgaben des Effizienzhaus Plus Standards.

Nahezu alle Gebäude verbrauchen in den ersten Betriebsjahren mehr Endenergie als vorherberechnet. Im Jahr 2013 lag der Mehrverbrauch im Mittel bei 46 Prozent, im Folgejahr konnte er durch Optimierungen an den Gebäuden und deren Anlagentechniken sowie den günstigeren Klimaverhältnissen auf 23 Prozent halbiert werden. Für Abweichungen sorgten sowohl die Haustechnik als auch der Haushaltsstrom. Die Anlagentechnik arbeitete vielfach ineffizient aufgrund von hohen Vorlauftemperaturen im Wasserkreislauf oder aufgrund ganzjährig unregelmäßigem Betrieb der Lüftungsanlagen mit zum Teil hohen Volumenströmen. Ferner hatte die Gebäudeautomation und Regelungstechnik einen zum Teil unerwartet hohen Strombedarf.

Abbildung 25: Endenergiebedarf und -verbrauch der Demonstrationsvorhaben im Jahr 2014

Berechnung / Messung

Endenergiebedarf und -verbrauch [kWh/m²a]



- **Berechnung** Effizienzhaus Plus Standard
Beleuchtung und Haushaltsstrom
- **Messung**
Beleuchtung und Haushaltsstrom 2014
- **Berechnung** DIN V 18599
Heizen, Trinkwarmwasser und Hilfsenergie
- **Messung**
Heizen, Trinkwarmwasser und Hilfsenergie 2014

Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Haushaltsstrom

Gemäß Effizienzhaus Plus Standard wird der Haushaltsstrom separat für Beleuchtung sowie Haushaltsgeräte und -prozesse gemessen. In Summe wird bei der Vorherberechnung dabei ein pauschaler Wert von 20 Kilowattstunden je Quadratmeter Wohnfläche pro Jahr, jedoch maximal 2.500 Kilowattstunden pro Jahr je Wohneinheit angesetzt. Für die Beleuchtung wird eine Größe von drei Kilowattstunden je Quadratmeter Wohnfläche und Jahr und für die Haushaltsgeräte und -prozesse von 17 Kilowattstunden je Quadratmeter Wohnfläche und Jahr vorgegeben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Vorherberechnung und Messungen oft übereinstimmen: Bezogen auf die Wohnfläche lag der Endenergiebedarf für die Beleuchtung im Mittel bei 3,3 Kilowattstunden je Quadratmeter Wohnfläche und Jahr. Demgegenüber wird der Endenergiebedarf für Haushaltsgeräte, -prozesse und sonstiger Verbraucher im Praxisbetrieb eingehalten und sogar unterschritten.

Wohneinheitsbezogen wird der vorgegebene maximale Grenzwert für den Endenergieverbrauch für den Haushaltsstrom von 2.125 Kilowattstunden pro Jahr von den meisten Objekten jedoch um circa 25 Prozent überschritten.

! Tipp

Es wird empfohlen, eine zehn- bis 20-prozentige Überdimensionierung der Photovoltaikanlage zum Ausgleich einer nicht optimalen Gebäudeperformance vorzunehmen, um sicher ein „Plus“ zu generieren.

Solare Stromerzeugung

Photovoltaikflächen

Bislang stand bei hocheffizienten Häusern vorrangig die Minimierung des Energiebedarfs im Vordergrund. Demgegenüber erfordern Effizienzhaus Plus Gebäude eine Abwägung zwischen sinnvoll zu installierenden Solargewinnflächen und erhöhten Wärmeschutzmaßnahmen für die Gebäudehülle. Bei mehreren Modellvorhaben ermittelten die Planer zuerst die maximal mögliche Kollektorfläche und berechneten darauf aufbauend die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz, die zu einem Erreichen des Effizienzhaus Plus Niveaus noch zu erfüllen waren.

Die Analyse der Modellvorhaben zeigt, dass im Mittel für Ein- bis Zweifamilienhäuser etwa 0,48 Quadratmeter Photovoltaikfläche je Quadratmeter Wohnfläche installiert wurden. Aufgrund der geringeren Dachfläche im Verhältnis zur Wohnfläche beträgt für Mehrfamilienhäuser die zur Verfügung stehende Photovoltaikfläche im Mittel 0,34 Quadratmeter Photovoltaikfläche je Quadratmeter Wohnfläche. Die installierte Leistung der Photovoltaikanlagen hat bei den Einfamilienhäusern eine Größe zwischen 8,5 und 26,2 Kilowatt-Peak und liegt im Mittel bei etwa 14 Kilowatt-Peak.

Vorherberechnung versus Messung

Beim Bau von Effizienzhäusern stellt sich eine wesentliche Frage: Wie genau lassen sich Energieerträge aus den Photovoltaikanlagen vorhersagen? Hiervon hängt ganz maßgeblich die Zielerreichung und Wirtschaftlichkeit der Konzepte ab. Die Messergebnisse der Modellvorhaben zeigen eine sehr hohe Übereinstimmung zwischen Vorherberechnung und Messung. Die Abweichungen liegen unter zehn Prozent und lassen sich durch lokale Wetterbesonderheiten oder nicht berücksichtigte Verschattungseinflüsse erklären. Die bisherigen Messungen bestätigen, dass die Bilanzierungsmethode der DIN V 18599 mit ausreichender Sicherheit als Grundlage für die Vorherbewertung und Dimensionierung der Effizienzhäuser zugrunde gelegt werden kann.



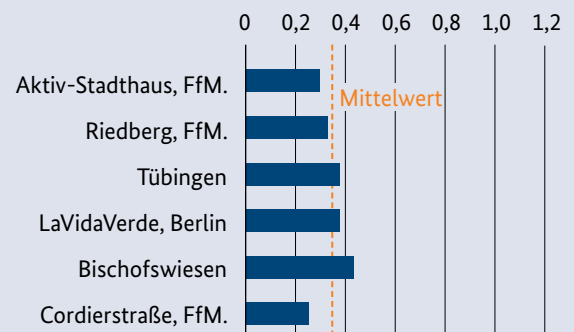
Tipp

Ein Gebäude im EnEV-2016-Standard benötigt etwa 0,5 Quadratmeter Photovoltaikflächen je Quadratmeter Wohnfläche, um zu einem Effizienzhaus Plus Haus aufgerüstet zu werden.

Abbildung 26: Verhältnis der Photovoltaikfläche zu Wohnfläche

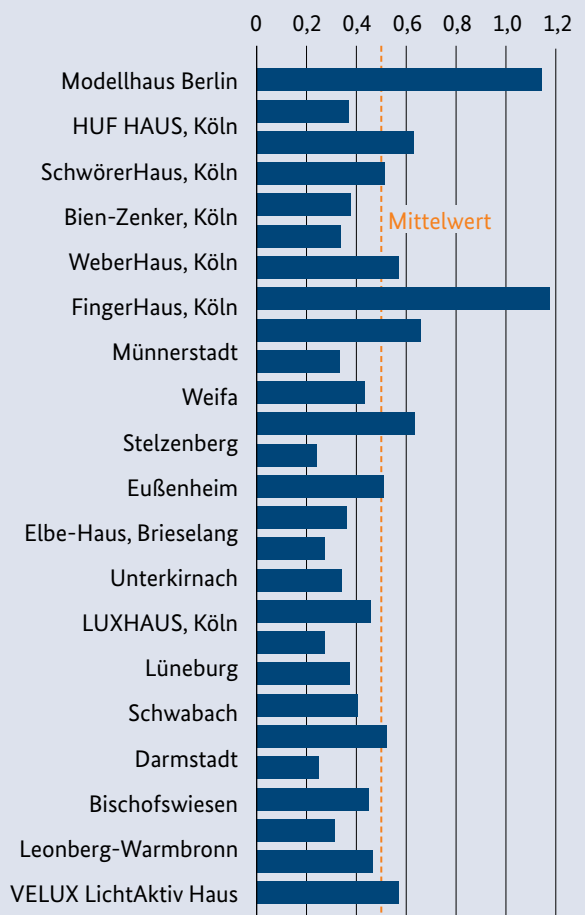
Mehrfamilienhäuser im Effizienzhaus Plus Standard

Photovoltaikfläche [$\text{m}^2_{\text{PV-Fläche}} / \text{m}^2_{\text{Wohnfläche}}$]



Ein- bis Zweifamilienhäuser im Effizienzhaus Plus Standard

Photovoltaikfläche [$\text{m}^2_{\text{PV-Fläche}} / \text{m}^2_{\text{Wohnfläche}}$]



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Autarkiegrad

Der Autarkiegrad, der den Deckungsanteil des Endenergiebedarfs des Gebäudes durch den selbst generierten Photovoltaikstrom darstellt, erreicht für die Projekte mit einem Stromspeicher 40 bis maximal 90 Prozent. Bei den Gebäuden ohne elektrischen Speicher wies der Autarkiegrad eine Größe von 20 bis maximal 40 Prozent auf. Batteriespeicher können den Autarkiegrad also deutlich erhöhen.

Eigennutzungsgrad

Durch die Aufteilung der Photovoltaikerträge in den selbstgenutzten und den in das öffentliche Stromnetz eingespeisten Anteil des selbst generierten Stroms kann der Eigennutzungsgrad bestimmt werden. Es ist ein möglichst hoher Eigennutzungsgrad anzustreben. Im Jahr 2014 schwankte der Eigennutzungsgrad der Modellvorhaben mit einem Stromspeicher zwischen 16 und 52 Prozent und bei den Modellvorhaben ohne Batterie zwischen 14 und 43 Prozent. Die Eigennutzungsgrade in einzelnen Modellvorhaben konnten durch den Einsatz der Batterien nahezu verdoppelt werden. Bei klein dimensionierten Speichern oder übermäßig groß ausgelegten Photovoltaikanlagen fällt der Eigennutzungsgrad jedoch grundsätzlich gering aus.

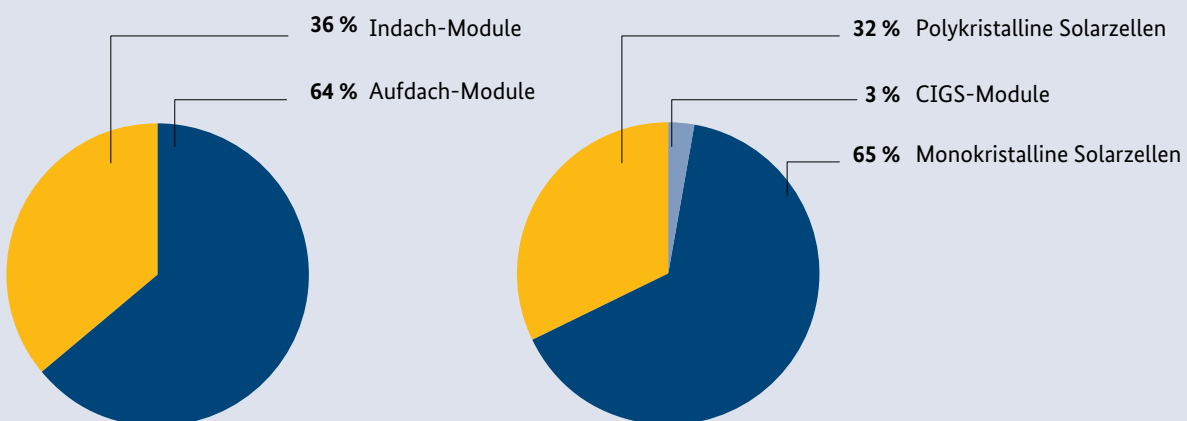


Dachfläche mit monokristallinen Photovoltaikmodulen

! Tipp

Mit einer Ein-Kilowatt-Peak-Photovoltaik-Anlage (entspricht acht bis zehn Quadratmetern Fläche) kann in Deutschland zwischen 700 bis 1.100 Kilowattstunden Strom pro Jahr erzeugt werden.

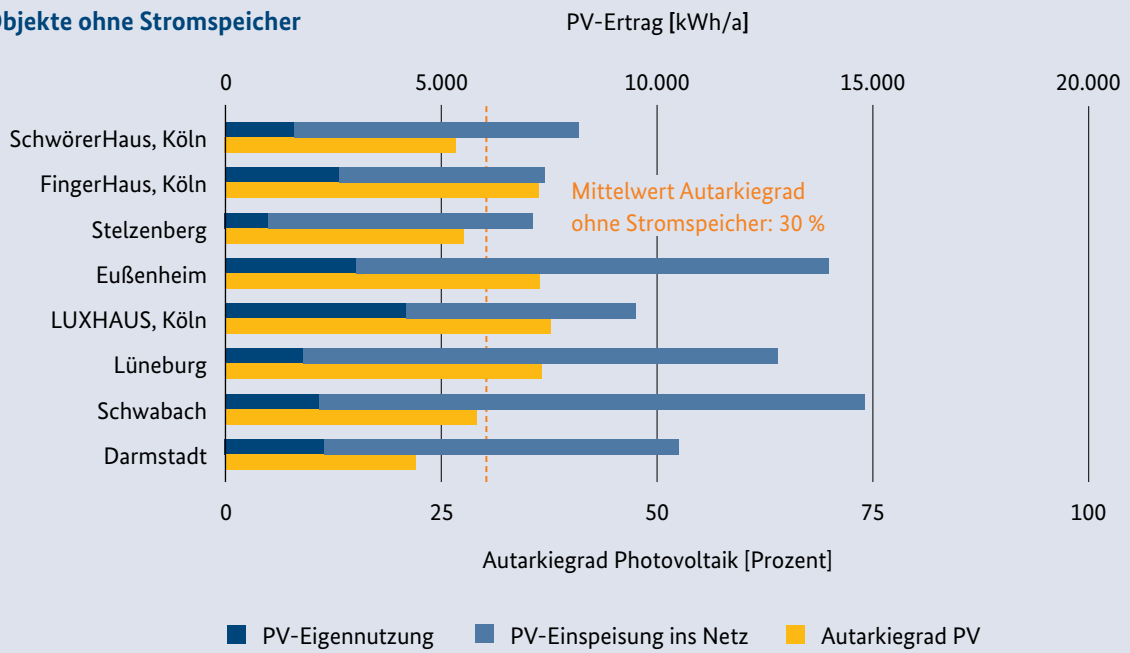
Abbildung 27: Art, Verteilung und Ausführung der Photovoltaikmodule der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus Standard



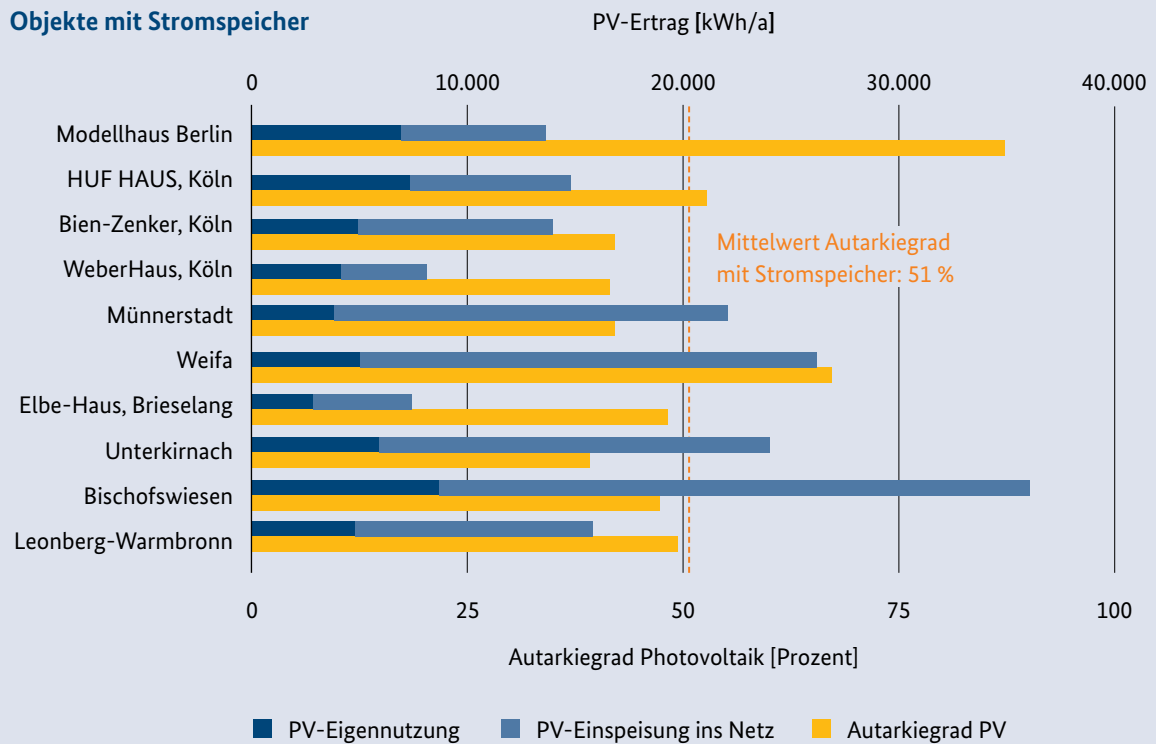
Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Abbildung 28: Eigennutzung, Einspeisung und Autarkiegrad des Photovoltaik-Stroms für das Jahr 2014 für Projekte ohne und mit elektrischem Speicher

Objekte ohne Stromspeicher



Objekte mit Stromspeicher



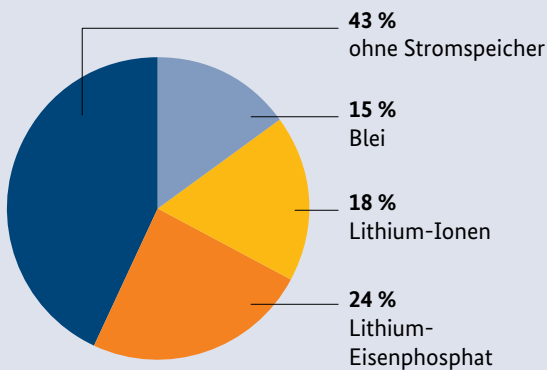
Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Elektrische Speicher

Auf die Umstellung der Einspeisevergütung reagieren die Planer von Effizienzhaus Plus Gebäuden mit Konzepten, die den Eigennutzungsgrad des Solarstroms deutlich erhöhen. Während es früher (ohne die Einbindung von Batterien) kaum möglich war, mehr als 30 Prozent des Stroms aus der Photovoltaikanlage im Gebäude selbst zu nutzen, lässt sich der Eigennutzungsgrad durch die Einbindung elektrischer Speicher leicht verdoppeln.

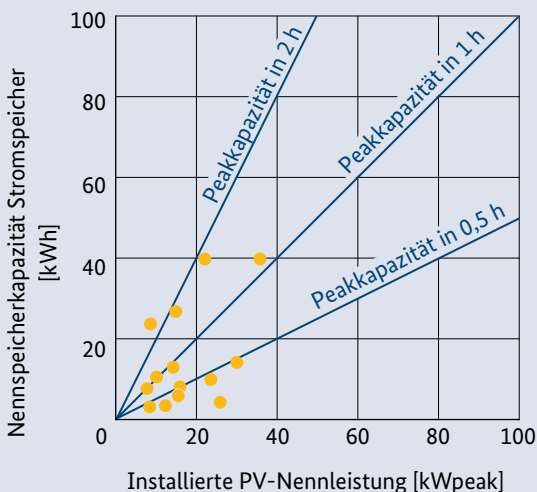
Von den Modellvorhaben verfügen 57 Prozent über einen elektrochemischen Speicher (siehe Abbildung 29).

Abbildung 29: Art und Verteilung elektrochemischer Speicher der Modellvorhaben im Effizienzhaus Plus Standard



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Abbildung 30: Speicherkapazität



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

! Tipp

Mit einem elektrischen Speicher (Nutz-Kapazität circa acht bis zehn Kilowattstunden) kann der Autarkiegrad (der Eigennutzungsanteil des selbsterzeugten Stroms aus erneuerbaren Energien) in einem Einfamilienhaus leicht verdoppelt werden.

Die Bruttospeicherkapazitäten liegen zwischen 3,5 und 40 Kilowattstunden im Einfamilienhausbereich und bei bis zu 250 Kilowattstunden für ein Mehrfamilienhaus.

Die Dimensionierung der Photovoltaik-Speichersysteme kann an der installierten Leistung der Photovoltaik-Anlage oder dem strombasierten Endenergiebedarf des Hauses ausgerichtet werden. Die im Vorhaben verwendeten Batterien wurden über die Peakkapazität analysiert. Eine Peakkapazität von einer Stunde bedeutet, dass der Stromspeicher so viel Energie einspeichert, wie die installierte Photovoltaik-Anlage maximal produzieren kann. Das heißt, eine Anlage mit einer Peakleistung von 20 Kilowatt erhält eine Batterie mit der Leistung von 20 Kilowattstunden. Die installierten Batterien weisen Peakkapazitäten zwischen 0,1 und 2,1 Stunden auf. Zur Erreichung signifikant höherer Autarkiegrade sind Batterien mit Speicherkapazitäten von mehr als einer Stunde erforderlich. Die größten Kapazitäten weisen Objekte auf, die eine Ladekapazität von zwei Stunden besitzen.



Neuer Batteriespeicher, 13,2 Kilowattstunden

Kosten

Da die Gebäudeentwürfe sehr individuell gestaltet sind und die entstehenden Kosten eher durch gestalterische Elemente und Investitionen in erhöhten Wohnkomfort geprägt sind, lässt sich eine Wirtschaftlichkeitsaussage schwerlich über die Gesamtkosten der Objekte herleiten.

In den bisher abgerechneten Vorhaben ergaben sich Bruttokosten nach DIN 276 für die Kostengruppe 300 (Baukonstruktion) und Kostengruppe 400 (Technische Anlagen) zwischen 800 und 8.100 Euro je Quadratmeter. Der überwiegende Anteil (mehr als 75 Prozent) aller Gebäude wies Kosten im Bereich zwischen 1.000 und 2.000 Euro je Quadratmeter Nutzfläche auf.

Sinnvoller erscheint es, eine Mehr-/Minderkostenbetrachtung im Vergleich zu dem gleichen Gebäude in energetischer Standardqualität darzustellen.

Energetisch hochwertige Gebäudehülle

Die bisher realisierten Effizienzhäuser Plus weisen üblicherweise eine gegenüber den EnEV-Anforderungen um circa 40 Prozent verbesserte Gebäudehülle auf. Dies

erfordert Mehrkosten zwischen 50 und 80 Euro je Quadratmeter Nutzfläche.

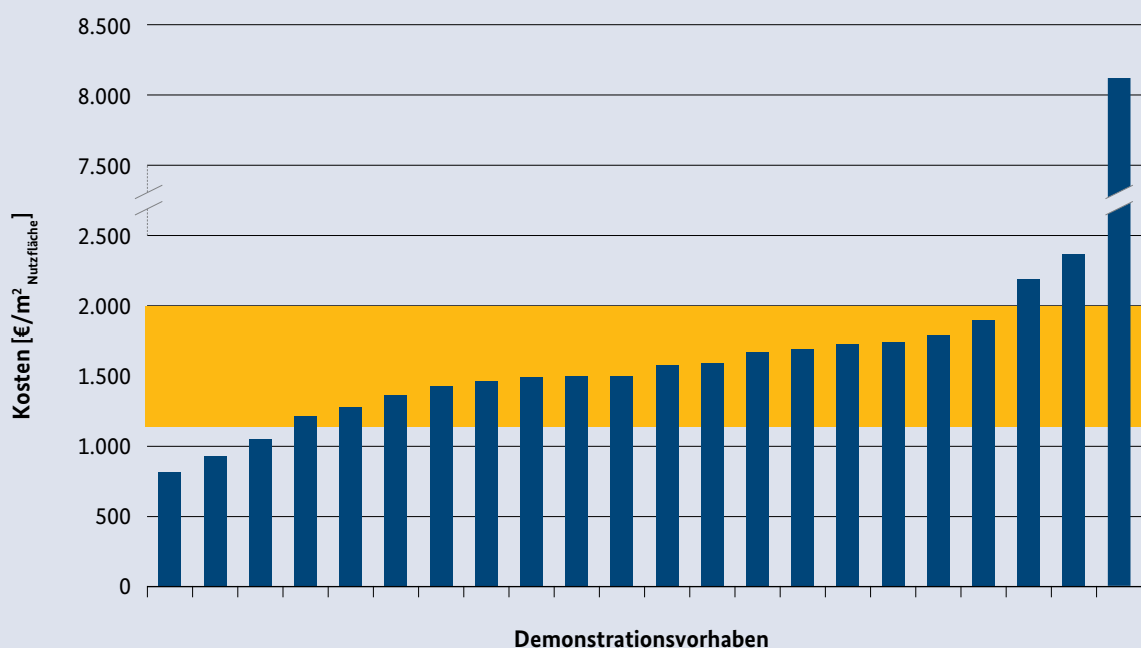
Hocheffiziente Wohnraumlüftungssysteme

Ein Lüftungskonzept im Neubau ist zwingend. Daher hat die Wohnraumlüftung in energetisch hochwertigeren Wohngebäuden heute bereits als Standard Einzug gehalten. Allerdings findet man dort häufig eher einfache Systeme (Abluft) vor. Die Installation von Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnungsgraden von mehr als 80 Prozent erfordert in Neubauten zusätzliche Kosten zwischen 30 bis 50 Euro pro Quadratmeter Nutzfläche.

Wärmepumpenanlagen mit Pufferspeichern

Elektro-Wärmepumpen haben in den letzten Jahren verstärkt Einzug in den Neubaumarkt gehalten. Im Vergleich zu einer Standardwärmeversorgung mittels Brennwertkessel und Warmwasserspeicher ergeben sich in Effizienzhäusern Plus Mehrkosten für die Wärmepumpenlösungen in Höhe von 35 bis 50 Euro pro Quadratmeter Nutzfläche.

Abbildung 31: Bruttokosten für Kostengruppen KG 300 und KG 400 der Demonstrationsvorhaben im Effizienzhaus Plus Standard



Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Hocheffiziente Haushaltsgeräte

Durch die Verwendung hocheffizienter Haushaltsgeräte lässt sich der Stromverbrauch in einem durchschnittlichen Haushalt um circa 1.000 Kilowattstunden pro Jahr verringern. Dies reduziert die zu installierende Photovoltaikleistung um etwa ein Kilowatt-Peak. Hierdurch lassen sich die Mehrkosten für die Geräte mehr als kompensieren. Es handelt sich hier quasi nur um eine Umverlagerung der Kosten.

Photovoltaiksysteme

Die Installationskosten für Photovoltaikanlagen haben sich in den letzten drei Jahren drastisch reduziert. Dies ist im Wesentlichen auf die Massenproduktion im asiatischen Raum zurückzuführen. Eine weitere Kostensenkung wird in nächster Zeit erwartet. Derzeit betragen die Investitionskosten für mittelgroße Aufdach-Anlagen etwa 1.700 bis 2.000 Euro je Kilowatt-Peak. Bei einer mittleren Installationsleistung von 45 Watt-Peak je Quadratmetern Nutzfläche, wie sie im Mittel in den bisherigen Gebäuden vorgefunden werden, ergeben sich mittlere Installationskosten von 75 bis 90 Euro pro Quadratmetern Nutzfläche.

Elektrische Batteriesysteme

Für die Errichtung eines Effizienzhauses Plus ist eine elektrische Batterie nicht zwingend erforderlich. Allerdings lassen sich hiermit die Betriebskosten reduzieren. Marktgängige (Bleiakku-)Hausbatterien (circa acht Kilowattstunden) kosten etwa 500 Euro pro Kilowattstunden Batteriekapazität, effizientere Lithium-Ionen-Batterien mehr als doppelt so viel.

Gesamtmehrinvestitionen

Ein Effizienzhaus Plus erfordert im Mittel, wie nebenstehend einzeln analysiert, Gesamtmehrinvestitionen je Quadratmeter Nutzfläche zwischen 230 bis 325 Euro. Bei zusätzlich installierten Photovoltaikflächen zur Unterstützung der Elektromobilität erhöhen sich die Investitionen entsprechend.

Verminderte Betriebskosten

Die Betriebskosten für ein durchschnittliches Einfamilienhaus im EnEV-2016-Standard können, bezogen auf die Nutzfläche, mit etwa acht Euro pro Quadratmeter und Jahr für die Wärmeerzeugung und etwa zehn Euro pro Quadratmeter und Jahr für den Strombedarf – also insgesamt 18 Euro pro Quadratmeter und Jahr – abgeschätzt werden. Dieses Betriebskostenpotenzial kann im Effizienzhaus Plus bestmöglich erschlossen werden.

Bei einem Effizienzhaus Plus ließen sich noch vor vier Jahren die Betriebskosten auf oder unter null Euro pro Jahr reduzieren. Dies ist bei Häusern, die nur geringfügig mehr Solarstrom produzieren, als sie an Strombedarf aufweisen, heute ohne die Einbindung von Batterien praktisch nicht mehr möglich. Die Gründe hierfür sind die Abschaffung der Eigenverbrauchsvergütung sowie die degressive Einspeisevergütung. Selbst unter der Annahme, dass die Einbindung einer ausreichend dimensionierten Batterie den Eigennutzungsgrad auf mindestens 65 Prozent steigert, stellen sich trotz eines jährlichen Stromüberschusses Betriebskosten von circa zwei bis drei Euro pro Jahr und Quadratmeter Nutzfläche ein. Lediglich eine um circa 35 Prozent „überdimensionierte“ Photovoltaikanlage erbringt auch heute noch Betriebskosten unter null Euro.



Hinweis

Die bisherigen Praxisergebnisse zeigen, dass die investiven Mehrkosten für ein Effizienzhaus Plus im Vergleich zu den erzielbaren Betriebskosten in einem verträglichen Verhältnis stehen. Da die Einspeisevergütung einem ständigen Wandel unterlegen ist, sind wirtschaftliche Betrachtungen immer unter den aktuellen Randbedingungen zu führen und können hier nicht verallgemeinert werden.

Altbau im Effizienzhaus Plus Standard

In Neu-Ulm modernisiert die städtische Wohnungsgesellschaft NUWOG vier Mehrfamilienhäuser, die mehr Energie produzieren werden, als sie für ihren Betrieb benötigen. Mit diesen Vorreitern hält der Effizienzhaus Plus Standard Einzug in die Sanierung von mehrgeschossigen Wohnungsbauten.

Die 1938 errichteten Zeilenbauten in der Pfuher Straße waren stark in die Jahre gekommen und sanierungsbedürftig. Zu Buche schlug vor allem die für den Betrieb benötigte Endenergie in Höhe von 507 Kilowattstunden je Quadratmeter und Jahr. Im Jahr 2012 lobte das Bundesbauministerium in Kooperation mit der NUWOG einen Planungswettbewerb für Hochschulen in Zusammenarbeit mit Planungsbüros aus. Gefordert war ein Sanierungskonzept für ein Effizienzhaus Plus im Altbau.

Beide Gewinnerkonzepte der TU Darmstadt und Hochschule Ruhr-West führen das Plus an Energie durch gebäudeintegrierte Photovoltaik herbei und lösen zugleich den hohen Anspruch an Architektur und Wohnkomfort ein. Die bestehenden Gebäude erhielten neue, barrierefreie Bäder und vergrößerte, bodentiefe Fenster. Verschattungselemente zur Südseite verhindern die Überhitzung der Räume in den Sommermonaten. Die Grundrissgestaltung bietet großzügige, nutzungsneutrale Räume und damit eine langfristige Flexibilität. Die bislang nur als Abstellfläche genutzten Dachgeschosse wurden zu hochwertigen Wohnraum ausgebaut. Die Bewohner nutzen hocheffiziente Elektrogeräte und LED-Beleuchtung.

Pfuher Straße 4 und 6

Der Stuttgarter Generalplaner Werner Sobek integrierte als planerisches Hauptelement vorgefertigte Wand- und Dachelemente, die das Gebäude umschließen. Der Bestandsdachstuhl wurde komplett entfernt und durch die neuen Elemente ersetzt. Das hoch wärmegeämmte Fassadensystem in Holzbauweise wurde anschließend inklusive der Lüftungskanäle auf die bestehende Außenwand montiert.

Pfuher Straße 12 und 14

Nach den Plänen von o5 Architekten aus Frankfurt entstanden im Obergeschoss durch die räumliche Erweiterung unter dem Satteldach großzügige Maisonettewohnungen. Die Vorgaben der EnEV an den spezifischen Transmissionswärmeverlust werden über die Dämmung des Bestandes und die Passivhaus-Anbauten um über 60 Prozent unterschritten. Die Heizwärme wird durch eine zentrale Sole-Wasser-Wärmepumpe gewonnen. Die Warmwasserbereitung erfolgt durch dezentrale Abluft-Wasser-Wärmepumpen.

Die Neu-Ulmer Modellvorhaben zeigen: Durch geeignete planerische und bauliche Maßnahmen lassen sich der Effizienzhaus Plus Standard und zugleich ein hoher Wohnkomfort umsetzen. Erwartet werden nun neue Forschungserkenntnisse und Aufschlüsse im Rahmen eines zweijährigen Monitorings für die zukünftige Weiterentwicklung von Bestandsimmobilien.



Neu-Ulm
Pfuher Straße 4 und 6



Generalplaner	werner sobek design, Stuttgart
beheizte Nettogrundfläche:	656 m ²
beheiztes Gebäudevolumen:	2.458 m ³
Prognose Stromüberschuss:	circa 8.000 kWh/a
PV-Fläche: 214 m ²	Nennleistung: 33,5 kWp



Neu-Ulm
Pfuher Straße 12 und 14



Architekt:	o5 architekten BDA, Frankfurt am Main
beheizte Nettogrundfläche:	596 m ²
beheiztes Gebäudevolumen:	1.816 m ³
Prognose Stromüberschuss:	-
PV-Fläche: 156 m ²	Nennleistung: 24,93 kWp

Legende Technologien:



Wärmepumpe



Photovoltaik



Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Vom Wohn- zum Nichtwohnungsbau – das Förderprogramm Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus Standard

Schulen und andere Bildungsbauten bieten sich für die Realisierung des Effizienzhaus Plus Standards an: Die Tageszeiten, an denen im Gebäude die meiste Energie verbraucht wird, decken sich einerseits mit jenen, in denen die Photovoltaik-Anlagen Strom produzieren. Zum anderen sind Bildungsbauten dafür prädestiniert, die nachfolgenden Generationen für das ressourcenschonende und zukunftsorientierte Bauen zu sensibilisieren. Als Teil eines Campus können Bildungsbauten zudem hervorragend der Erprobung

neuer Energiemanagement-Lösungen auf Quartiers-ebene dienen.

Private Haushalte stellen zwar mit rund einem Viertel des gesamten jährlichen Energieverbrauchs die größte Gruppe, jedoch bieten auch die anderen Sektoren des Bauens ein hohes Einsparpotenzial. Gerade im Bereich öffentlicher Bauten besteht ein großer Sanierungsbedarf. In Deutschland beträgt ihr Anteil an der gesamten Nutzfläche aller Nichtwohngebäude circa 25 Prozent.³



Kindertagesstätte Wustrow

³ Siehe: Erhorn, Erhorn-Kluttig und Reiß, IBP Bericht WB 167/2012, Untersuchungen zu marktüblicher Förderung von Innovationen im Baubereich und zum Monitoring für Bildungsbauten im Effizienzhaus Plus Standard in Deutschland, Stuttgart 2012, Seite 4.

Allein durch die Sanierung der bestehenden Schulgebäude in Deutschland ließen sich theoretisch vier Terawattstunden pro Jahr an Energie einsparen.⁴ Im Bereich Bildungsbauten stehen neben Sanierungen aber auch in vielen Kommunen Neubauten an. Zum Beispiel ist für die nächsten Jahre eine deutliche Zunahme der Neubautätigkeit von Kindertageseinrichtungen zu erwarten. Auch steigende Studierendenzahlen und der ungebrochene Zuzug in die Ballungsräume sind Faktoren, die weitere Investitionen in Bildungsbauten erforderlich machen.

Um den Bau oder die Sanierung von Bildungsgebäuden im Effizienzhaus Plus Standard zu fördern, gibt es seit Januar 2015 eine neue Förderrichtlinie des BMUB. Ziel der Förderung ist es, durch Forschung und Entwicklung den Effizienzhaus Plus Standard und damit den Plusenergiegedanken im Nichtwohnungsbau weiter zu etablieren. Die Ergebnisse der geförderten Modellprojekte sollen über Innovationen informieren und zum Nachahmen anregen. Bildungsbauten im Sinne der Förderrichtlinie sind Gebäude, die der Aus- und Fortbildung, der Forschung und der Lehre dienen. Damit deckt das Förderprogramm eine größtmögliche Bandbreite, von Kindertagesstätten bis zu Universitäten, von Volkshochschulen bis zu Laborgebäuden, ab.

Förderfähig sind sowohl in Planung befindliche Neubauten als auch Sanierungen und Erweiterungen von Bestandsgebäuden, die den Effizienzhaus Plus Standard erfüllen. Das Anwendungsgebiet bezieht sich auf Deutschland und deutsche Liegenschaften im Ausland. Die Einrichtungen können sowohl von der öffentlichen Hand als auch von privaten Trägern betrieben werden. Die Förderung ist planungs-, material- und technologieoffen. Alle Projekte werden wissenschaftlich begleitet und evaluiert, um einerseits Erkenntnisse für eine breite Anwendung der Bauweise in der Praxis zu gewinnen und andererseits weiteres Optimierungspotenzial an den einzelnen Gebäuden zu identifizieren. Gegenstand der Förderung ist außerdem die Zertifizierung der Gebäude nach dem "Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen" des Bundes (BNB).



Die Grundschule in Hohen Neuendorf wurde als Plusenergiehaus realisiert.



In vielen Kommunen stehen Sanierungen von Bildungsbauten an. Die Uhlandschule in Stuttgart wird zu einer Plusenergieschule umgebaut.

4 Siehe: B. Niesing, Energieproduzent Gebäude, in: Weiter.vorn 4.11, München 2011, Seite 11.

Was ist sonst noch zu beachten?

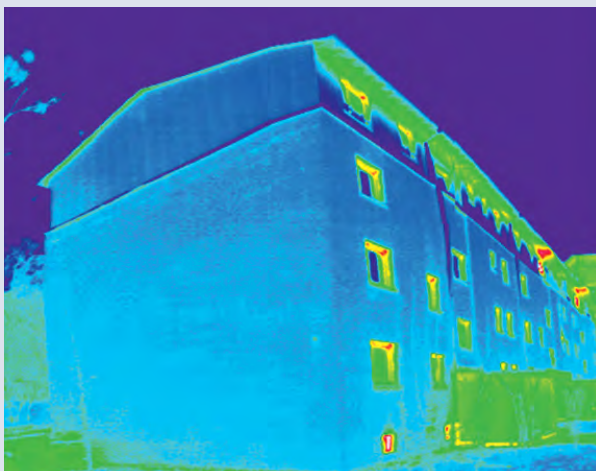
An die Planung und Realisierung von Effizienzhäusern Plus müssen erhöhte Anforderungen gestellt werden. Die folgende Checkliste kann helfen, die Herausforderungen in den unterschiedlichen Phasen systematisch zu prüfen.

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.



Thermografie eignet sich zur visuellen Überprüfung einer durchgängigen Ausführungsqualität.

- 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 Bauteilbeschreibungen beziehungsweise genauen Beschreibungen der gewünschten Eigenschaften.

Passive Solarenergienutzung

- Fensterflächenanteile südorientierter Fassaden mit mehr als 50 Prozent, übrige Anteile nicht über die zur Belichtung notwendigen Flächen hinaus dimensionieren.
- 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 energierelevante 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

- Temperaturniveau 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 wärmegeämmten Fensterrahmen (insbesondere bei Dachflächenfenstern); stimmen die Lieferungen mit dem Wärmeschutznachweis überein?

- 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; gegebenenfalls nachträglich wieder abdichten.
- Überprüfung der Luftdichtheit mittels Blower-Door-Test vor Beendigung des Innenausbau.
- Kontrolle der Bauausführung: Durch Thermografieaufnahmen können Ausführungsfehler bei der Dach- und Fassadendämmung aufgedeckt werden.

Übergabe an den Nutzer

- Die Nutzer (Mieter, Eigentümer) sollen sich in ihren Gebäuden wohl fühlen. Je besser das Gebäudekonzept den Nutzern vermittelt wird, desto eher können diese sich mit der Idee nachhaltiger Gebäude identifizieren. Informationsveranstaltungen und kurze, leicht verständliche Bedienungsanleitungen können maßgeblich dazu beitragen, die Energiebilanz einer Immobilie dauerhaft zu optimieren. Low-Tech-Lösungen und intuitiv bedienbare Gebäudetechnik vereinfachen die Nutzung und Wartung.

Betriebsüberwachung

- Installation eines kleinen Monitoringsystems bei der Planung vorsehen.
- Als Minimalversion sollte die Effizienz des Wärmeerzeugers erfasst werden (Verhältnis von Wärmeabgabe des Erzeugers zu Energieaufnahme [Strom, Gas, Holz]).
- Energieerträge der Solaranlage sollten darüber hinaus überwacht werden.

Wichtige Links für Forschung und Förderung

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
www.bmub.bund.de
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
www.bbr.bund.de
- Forschungsinitiative „Zukunft Bau“
www.forschungsinitiative.de
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Abteilung Wärmetechnik
www.ibp.fraunhofer.de/wt
- KfW Bankengruppe
www.kfw.de
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
www.dena.de
- Effizienzhaus Plus Rechner
www.effizienzhaus-plus-rechner.de
- Netzwerk Effizienzhaus Plus
www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/

Abkürzungsverzeichnis

A/V-Wert	Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes
CIGS	Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (copper, indium, gallium, selenide)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EFH	Einfamilienhaus
EH	Effizienzhaus
EnEG	Energieeinspargesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnVKV	Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung
EU-RL	EU-Richtlinien
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
l	Liter
LED	Light-Emitting Diode, Leuchtdiode
MFH	Mehrfamilienhaus
OSB-Platten	Grobspanplatten (englisch oriented strand board)
PP/PE	Polypropylen/Polyethylen
PV	Photovoltaik
QH	Heizenergiebedarf
QTW	Trinkwasser-Wärmebedarf
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient

Bildnachweise

Titelseite: ZEBAU - Zentrum für Energie, Bauen, Architektur und Umwelt GmbH

Seite 4: BMUB/Harald Franzen

Seite 6 (oben): Jim Tetro, U.S. Department of Energy; Solar Decathlon

Seite 6 (Mitte): Jim Tetro, U.S. Department of Energy; Solar Decathlon

Seite 6 (unten): Schwarz | Architekturfotografie

Seite 7: Christoph Vohler

Seite 16: Nimbus Group (www.nimbus-group.com)

Seite 18: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Seite 23 (oben): ZEBAU GmbH

Seite 23 (unten): Schwarz | Architekturfotografie

Seite 26 (links): Schwarz | Architekturfotografie

Seite 26 (rechts): Schwarz | Architekturfotografie

Seite 27 (links): Schwarz | Architekturfotografie

Seite 27 (rechts): Schwarz | Architekturfotografie

Seite 29 (links): BMUB

Seite 29 (rechts): BMUB/Sascha Hilgers

Seite 30 (Kasten 1, oben): BMUB

Seite 30 (Kasten 2, oben): BMUB

Seite 30 (Kasten 3, oben): ZEBAU GmbH

Seite 30 (Kasten 4, oben): ZEBAU GmbH

Seite 30 (Kasten 1, unten): BMUB

Seite 30 (Kasten 2, unten): ZEBAU GmbH

Seite 30 (Kasten 3, unten): BMUB/Michael Gottschalk/photothek.net

Seite 30 (Kasten 4, unten): ZEBAU GmbH

Seite 31 (oben): BMUB/Sascha Hilgers

Seite 31 (Kasten 1, unten): ZEBAU GmbH

Seite 31 (Kasten 2, unten): ZEBAU GmbH

Seite 31 (Kasten 3, oben): ZEBAU GmbH

Seite 31 (Kasten 3, unten): Öko-Zentrum NRW

Seite 33: Werner Sobek, Stuttgart

Seite 37 (Bild 1): Elbe-Haus GmbH

Seite 37 (Bild 2): HO Immobilien & Baukonzepte

Seite 37 (Bild 3): Institut für Gebäude- und Solartechnik - IGS/TU Braunschweig

Seite 37 (Bild 4): Andreas Miller

Seite 37 (Bild 5): Architekturbüro Werner Haase, Karlstadt

Seite 37 (Bild 6): Franz-Josef Pfreundt

Seite 38 (Bild 1): Bundesverband Deutscher Fertigung (BDF)

Seite 38 (Bild 2): Bundesverband Deutscher Fertigung (BDF)

Seite 38 (Bild 3): Bundesverband Deutscher Fertigung (BDF)

Seite 38 (Bild 4): Bundesverband Deutscher Fertigung (BDF)

Seite 38 (Bild 5): Bundesverband Deutscher Fertigung (BDF)

Seite 38 (Bild 6): Jürgen Molt

Seite 39 (Bild 1): VELUX Deutschland GmbH

Seite 39 (Bild 2): Dipl.-Ing. (FH) Carmen Hausner

Seite 39 (Bild 3): Wagner Elektronik Weifa

Seite 39 (Bild 4): Hans Angerer

Seite 39 (Bild 5): www.diephotodesigner.de

Seite 39 (Bild 6): Bundesverband Deutscher Fertigung (BDF)

Seite 40 (Bild 1): Schlagmann Proton GmbH & Co. KG

Seite 40 (Bild 2): Architekturbüro Limberger

Seite 40 (Bild 3): Felix Krumbholz

Seite 40 (Bild 4): A R C H I T Y P E, Bremen

Seite 40 (Bild 5): Bernhard Böhrer

Seite 40 (Bild 6): Karl Bachl GmbH & Co. KG

Seite 41 (Bild 1): Stefan Griesel

Seite 41 (Bild 2): Bau-Fritz GmbH & Co. KG

Seite 41 (Bild 3): Florian Bernhardt

Seite 41 (Bild 4): Zooey Braun, Stuttgart

Seite 41 (Bild 5): Werner Sobek, Stuttgart

Seite 41 (Bild 6): o5 Architekten, Frankfurt

Seite 42 (Bild 1): HTW Berlin, Sebastian Dietz

Seite 42 (Bild 2): faktor 10

Seite 42 (Bild 3): Constantin Meyer, Köln

Seite 42 (Bild 4): Constantin Meyer, Köln

Seite 42 (Bild 5): Martin Wamsler

Seite 42 (Bild 6): Drexler Guinand Jauslin Architekten GmbH

Seite 43: Bien-Zenker GmbH

Seite 46: Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Seite 48: HUF Haus GmbH u. Co. KG

Seite 51 (oben): Werner Sobek, Stuttgart

Seite 51 (unten): o5 Architekten, Frankfurt

Seite 52: Maik Buttler

Seite 53 (oben): IBUS Architekten

Seite 53 (unten): Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Dr. Stephan Kempe

Seite 54 (links): Fraunhofer-Institut für Bauphysik

