



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Zukunft Bauen

Forschung für die Praxis | Band 15

Effizienzhaus Plus **Planungsempfehlungen**

Im Auftrag



Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU

Auftragnehmer



**Berliner Institut für
Sozialforschung GmbH**
10707 Berlin



Steinbeis-Transferzentrum
Energie-, Gebäude- und Solartechnik

Steinbeis-Transferzentrum EGS
70563 Stuttgart



HEGGER-HEGGER-SCHLEIFF
ARCHITEKTEN

HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG
34119 Kassel

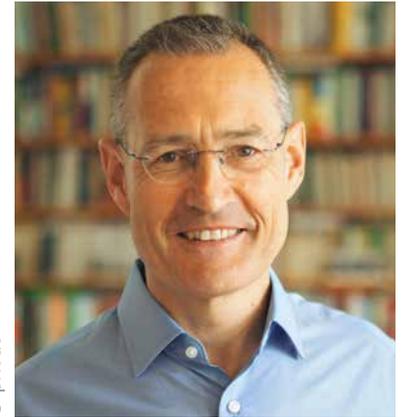
Gender-Hinweis

In dieser Broschüre wurde zur besseren Lesbarkeit und Optik sowie aus Platzgründen lediglich die männliche Form eines Begriffs („Nutzer“, „Planer“ etc.) verwendet. Selbstverständlich bezieht sich der jeweilige Begriff auf weibliche und männliche Personen.

Nutzungshinweis/Haftungsausschluss

Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Die Verantwortlichkeit für die konkrete Planung und die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik liegt im Einzelfall allein beim Planer. Ein Vertragsverhältnis oder vertragsähnliches Verhältnis wird durch diese Broschüre nicht geschlossen. Für die Inhalte der Sekundärquellen sind die Autorinnen, Autoren und der Herausgeber nicht verantwortlich.

Vorwort



© privat

Liebe Leserinnen und Leser,

ästhetisch ansprechende Gebäude, die Lebensqualität bieten und gleichzeitig die Umwelt schonen – das muss kein Widerspruch sein.

In Deutschland wird bis zum Jahr 2050 ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand angestrebt – angesichts des hohen Energiebedarfs des Bausektors ein sehr ambitioniertes Ziel. Es kann nur erreicht werden, wenn bei neuen Gebäuden und Bestandssanierungen Energieeffizienz und die Nutzung lokaler, regenerativer Energiequellen kombiniert werden. Der Effizienzhaus Plus Standard kann dazu beitragen.

Seit 2012 wurden 37 Effizienzhaus Plus Wohngebäude in Deutschland errichtet und über einen Zeitraum von 24 Monaten wissenschaftlich begleitet. Die Ergebnisse zeigen, dass Gebäude in der Jahresbilanz grundsätzlich mehr Energie erwirtschaften können, als für ihren Betrieb benötigt wird. Etwa 60 Prozent der Modellprojekte haben das ambitionierte Ziel einer positiven Jahresendenergiebilanz erreicht. Der Energieüberschuss der Gebäude kann für andere Zwecke bereitgestellt werden, für die Energieversorgung im Quartier oder für die Elektromobilität.

Im Auftrag des Bundes hat ein interdisziplinäres Team aus Sozialwissenschaftlern, Architekten und TGA-Planern die vorliegende Ausgabe unserer Reihe „Zukunft Bauen – Forschung für die Praxis“ erarbeitet. Die technologieoffene Definition des Effizienzhaus Plus Standards bietet Architekten, Fachplanern und Bauherren große Freiheiten bei Materialwahl, Formensprache und Technikkonzept. An sie richten sich die Planungsempfehlungen unserer Veröffentlichung. Anhand von vorbildlicher Bauten werden zukunftsweisende und nachhaltige Gebäudekonzepte vorgestellt.

Ich wünsche Ihnen eine aufschlussreiche Lektüre.

Dr. Robert Kaltenbrunner

Stellvertretender Leiter
des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn

Autoren



Univ.-Prof. Dr. M. Norbert Fisch

Manfred Norbert Fisch studierte an der FH Gießen und der Universität Stuttgart Maschinenbau und Energietechnik und promovierte an der Universität Stuttgart. Er hat zahlreiche Forschungsprojekte zur technischen Nutzung der Solarenergie leitend umgesetzt und die Ergebnisse in die Praxis transferiert. Er ist Professor und Direktor des Instituts für Gebäude- und Solartechnik (IGS) an der TU Braunschweig. Er gründete zusätzlich und leitet bis heute mehrere renommierte Ingenieur-Gesellschaften für nachhaltiges und energieeffizientes Bauen und rationelle Energieversorgung von Stadtquartieren.



Dr. phil. Dipl.-Soz., Dipl.-Inn.-Arch. Eva Schulze

Eva Schulze ist geschäftsführende Gesellschafterin und wissenschaftliche Leiterin des BIS Berliner Institut für Sozialforschung GmbH. Sie hat Innenarchitektur an der Akademie der Bildenden Künste in München, Sozialwissenschaften an der FU Berlin studiert und an der TU Berlin promoviert. Wissenschaftliche Leitung verschiedener Projekte (ca. 50 Projekte) zu den Auswirkungen der Energiewende und IuK/AAL-Technologien auf den Alltag.



Dipl.-Soz. Janika Gabriel

Janika Gabriel ist wissenschaftliche Mitarbeiterin des BIS Berliner Institut für Sozialforschung GmbH. Sie hat an der KU Eichstätt-Ingolstadt Soziologie mit dem Schwerpunkt Methoden empirischer Sozial-, Markt- und Meinungsforschung studiert. Sie führte diverse Projekte im Bereich Energieeffizienz und Nutzerakzeptanz durch.



Dr.-Ing. Boris Mahler

Boris Mahler hat Maschinenbau an der Universität Stuttgart und Auckland studiert und an der TU Braunschweig promoviert. Er leitet mit Prof. Dr. Fisch das Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik und ist Geschäftsführer der EGS-plan GmbH. Dr. Mahler ist Mitglied im Vorstand des AktivPlus e.V., Senior Auditor der DGNB und Sachverständiger für Wärmeschutz und Schallschutz der Ingenieurkammer Baden-Württemberg.



M. Sc. Tobias Nusser

Tobias Nusser ist Mitarbeiter am Steinbeis-Transferzentrum EGS und der Ing.-Gesellschaft EGS-plan in Stuttgart. Er hat an der FH Ulm Maschinenbau und an der HfT Stuttgart Sustainable Energy (SENCE) studiert. Arbeitsschwerpunkte sind innovative Energiekonzepte für Gebäude und Quartiere, kommunale Klimaschutzkonzepte sowie Forschungsprojekte im Kontext von Gebäuden und Quartieren im EnergiePlus- bzw. Niedrigstenergiestandard.



Dipl.-Ing. M. A. Caroline Fafflok

Caroline Fafflok studierte Architektur und ArchitekturMediaManagement. Nach ihrer Arbeit in verschiedenen Museen ist sie an der TU Darmstadt und Braunschweig beschäftigt. Caroline Fafflok beschäftigt sich mit Themen der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit in der Architektur und vermittelt diese einer interessierten Öffentlichkeit. Freiberuflich arbeitet sie an interdisziplinären Forschungsprojekten, ist als Autorin tätig und unterstützt Architekturbüros bei der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit.



Dipl.-Ing. Johannes Hegger

Johannes Hegger beendete nach mehreren Auslandsaufenthalten sein Architekturstudium an der Universität Stuttgart. Er ist Mitglied des Vorstands der HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG. Seine Tätigkeitsschwerpunkte liegen an der Schnittstelle von Architektur zu Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich von Energiekonzepten und Sanierungsstrategien für Areale bis zu einzelnen Gebäuden im Neubau- wie Bestandskontext sowie für hierauf abgestimmte Masterplanungen und Quartierskonzepte.

Inhalt

Übersicht der Planungsempfehlungen (PE)	6
1 Effizienzhaus Plus Standard	8
Effizienzhaus Plus im Bau- und Energierecht	10
Vorteile des Effizienzhaus Plus Standards	12
Wirtschaftlichkeit	13
2 Vorbildliche Bauten im Effizienzhaus Plus Standard	14
Einfamilienhäuser	16
Mehrfamilienhäuser	24
3 Planungsempfehlungen	34
Checkliste – Der Weg zum Effizienzhaus Plus	35
Planungsprozess	36
Integrale Planung	36
Effizienzhaus Plus Nachweis	40
Schritte zum Effizienzhaus Plus	42
Entwurf	44
Gebäudehülle	45
Architektonische Integration von Photovoltaik	46
Gebäude-Kubatur	47
Fensterflächenanteil und Verschattung	48
Lokale erneuerbare Energieerzeugung	49
Potenzialanalyse	50
Planung der Photovoltaikanlage	52
Gebäudetechnik – Übersicht der Versorgungskonzepte	60
Versorgungskonzepte von Effizienzhaus Plus Gebäuden	61
Heizung	63
Warmwasser	74
Lüftung	76
Energiespeicher	79
Nutzerstrom/Haushaltsgeräte	83
Technisches und sozialwissenschaftliches Monitoring	86
4 Ausblick und Entwicklungsmöglichkeiten	92
5 Anhang	96
Glossar	96
Literaturverzeichnis	100
Tabellenverzeichnis	103
Abbildungsverzeichnis	104
Bildnachweise	106
Literaturhinweise des Herausgebers.....	108
Impressum	111

Übersicht der Planungsempfehlungen (PE)

Grundlagen/Information

PE 1_Info	Übersicht der Vorteile des Effizienzhaus Plus Standards	12
PE 2_Info	Betrachtung von Investitionskosten	13
PE 3_Check	Nutzung der Checkliste	35

Planung

PE 4_Plan	Kooperation der Fachplaner	37
PE 5_Plan	Beachtung der Abstimmungsprozesse	38
PE 6_Plan	Die Effizienzhaus Plus Bewertungsmethode	40
PE 7_Plan	Effizienzhaus Plus Standard einfach bewerten	42
PE 8_Plan	Freiheiten beim Gebäudeentwurf	44

Gebäudehülle

PE 9_Hülle	Planungsgrundsätze solaraktiver Gebäudehüllen	46
PE 10_Hülle	Optimale Gestaltung der Kubatur (Energiegewinnung vs. -verluste)	47
PE 11_Hülle	Optimale Abstimmung zwischen Fensterflächenanteil und Verschattung	48

Lokale erneuerbare Energien

PE 12_EE	Durchführung einer Potenzialanalyse	50
PE 13_PV	Photovoltaik: Anlagenkosten und Solarstromvergütung	52
PE 14_PV	Ausrichtung, Flächenbedarf und Ertrag der Photovoltaik	53
PE 15_PV	Erhöhung des regenerativen Eigenversorgungsgrades	55
PE 16_PV	Kombination von Gründach und Photovoltaik	57
PE 17_EE	Nutzung lokaler Stromvermarktung	59

Gebäudetechnik (TGA) – Übersicht der Versorgungskonzepte

PE 18_Technik	Verwendung üblicher Versorgungskonzepte bei Effizienzhaus Plus Gebäuden	61
PE 19_Heiz	Auslegungshilfe für die Heizwärmeberechnung	63
PE 20_Heiz	Wärmepumpen – Analyse der lokalen Wärmequellen	64
PE 21_Heiz	Wärmepumpen – Abschätzung der Jahresarbeitszahl	66
PE 22_Heiz	Dimensionieren der Wärmequellen	66
PE 23_Heiz	Auslegung der Wärmequelle Außenluft	67
PE 24_Heiz	Auslegung der Wärmequelle Erdwärmesonden	68
PE 25_Heiz	Auslegung der Wärmequelle Abwasser	70
PE 26_Heiz	Dimensionierungsbeispiel Solarthermie	71
PE 27_Heiz	Gestaltung der Wärmeübergabe	73
PE 28_Wasser	Bedarfsberechnung zur Warmwasserbereitung	74
PE 29_Wasser	Warmwasserbereitung im Mehrfamilienhaus	75
PE 30_Lüft	Lüftungstechnik	76
PE 31_Lüft	Lüftung mit WRG oder nur Abluftsystem?	77
PE 32_Speicher	Auswahl des Stromspeichers	79
PE 33_Speicher	Wärmespeicher im Effizienzhaus Plus	82

Nutzerstrom/Haushaltsgeräte

PE 34_Strom	Berechnung des Nutzerstroms	84
PE 35_Strom	Auswahl Strom sparender Haushaltsgeräte	84
PE 36_Strom	Haushaltsstromverbrauch im Blick behalten und vergleichen	85

Technisches und sozialwissenschaftliches Monitoring

PE 37_Monit	Durchführung eines technischen Monitorings	87
PE 38_Monit	Einbeziehen der Nutzer	88
PE 39_Monit	Gestaltung des Monitorings in allen Bauphasen	89
PE 40_Monit	Verwendung von Nutzerinterface und Serviceportal	90

1 Effizienzhaus Plus Standard



In Ergänzung der Broschüre „Wege zum Effizienzhaus Plus“ [1], zeigt die vorliegende Broschüre Möglichkeiten und Alternativen zur Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards auf. Der Standard ist ein wichtiger Baustein auf dem Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2050.

Ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand erfordert eine energetische Sanierung vorhandener Gebäude, eine Dekarbonisierung der Energieversorgung (Strom, Gas) sowie die Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards in Neubauten. Das wird nur gelingen, wenn im Bauwesen neue Entwicklungen und neue Technologien in den Markt eingeführt werden. Eine erfolgreiche Marktdurchdringung wird sich für Systeme mit hoher energetischer Effizienz nur dann einstellen, wenn diese wirtschaftlich sind. Das Effizienzhaus Plus ist eine Entwicklung, die dafür einen innovativen Ansatz bietet. [1]

Der Energiebedarf für den Betrieb von Wohngebäuden (Heizen, Kühlen, Beleuchten, Erzeugung von Warmwasser etc.) verbraucht derzeit gut ein Viertel des gesamten Energieverbrauchs in Deutschland. Ein Großteil dieser Energie wird durch fossile Energieträger, wie Kohle, Mineralöl und Erdgas, gedeckt. Die damit verbundenen negativen ökologischen Folgen und die Vorgaben der EU, dass bis zur Mitte des Jahrhunderts der gesamte Gebäudebestand nahezu klimaneutral sein soll, stellen eine Herausforderung unserer Generation dar.

Der Effizienzhaus Plus Standard kann hierzu einen wertvollen Beitrag leisten. Ohne Verzicht auf Ästhetik und Lebensqualität werden Immobilien als „intelligente“ Gebäude gebaut, die über den Zeitraum von einem Jahr bilanziell mehr erneuerbare Energie erzeugen, als sie verbrauchen. Die Häuser im Effizienzhaus Plus Standard ermöglichen die Nutzung eines hohen Anteils an erneuerbaren Energien und leisten dadurch einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz.

Die Entwicklung begann bereits im Jahr 2007 mit der Teilnahme am Solar Decathlon Washington D. C. (www.solardecathlon.tu-darmstadt.de) (siehe Abbildung 1). Es folgte ein Förderprogramm des Bundesbauministeriums für Modellhäuser, die den Effizienzhaus Plus Standard erfüllen.



Das Effizienzhaus Plus Logo mit dem Auto wird nur dann verwendet, wenn das Thema der Elektromobilität im Energiekonzept des Gebäudes mitberücksichtigt wurde. Energieüberschüsse können bei diesen Gebäuden für E-Mobilität (E-Bikes und/oder E-Autos) verwendet werden.

2007



Die Entwicklung und Umsetzung eines neuen zukunftsfähigen Gebäudestandards begann bereits im Jahr 2007 mit der ersten deutschen Beteiligung am Solar Decathlon in Washington D. C. durch Prof. Hegger mit der TU Darmstadt.

2010



Unter den in dieser Broschüre dargestellten Bauten ist mit dem Projekt von Prof. Dr. Fisch in Leonberg das erste realisierte Effizienzhaus Plus Wohnhaus aufgeführt. Es wurde 2008 geplant (Architekt Berschneider & Berschneider, Pilsach), 2009 gebaut, gefördert und 2010 eingeweiht.

2011



2011 wurde das erste eigene Modellvorhaben der Bundesregierung „Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität“ von Prof. Dr. Sobek – hervorgegangen aus einem eigens ausgetragenen Architektur- und Hochschulwettbewerb – in der Fasanenstraße in Berlin eröffnet.

2015



In den letzten Jahren wurde die Übertragbarkeit des Effizienzhaus Plus Standards auf Mehrfamilienhäuser erprobt. 2015 wurde das erste von der ABG FRANKFURT HOLDING, HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG und EGS-Plan in Frankfurt am Main realisierte Gebäude mit 74 Wohneinheiten fertiggestellt.

Die bisherigen und laufenden Modellprojekte des Förderprogramms sind in einem Netzwerk zusammengefasst und werden im Rahmen eines wissenschaftlichen Begleitprogramms ausgewertet. Das Ziel des Netzwerks ist die Identifikation und Optimierung von innovativen und funktionierenden Technologien für den Einsatz in Effizienzhaus Plus Gebäuden. Vielversprechende Ideen und Versorgungsansätze sollen dadurch schneller den Weg in die Praxis finden. [1]

Abbildung 1:

Zeitstrahl der Entwicklung des Effizienzhaus Plus Standards (Quellen v. o. n. u. Prof. Hegger, TU Darmstadt, Fotograf: Leon Schmitt; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fisch, Fotograf: Erich Spahn; Univ.-Prof. Dr. Sobek; HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG, Fotograf: Constantin Meyer)

Effizienzhaus Plus im Bau- und Energierecht

Der gesetzliche Rahmen

Die folgenden Angaben stellen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Broschüre die gesetzliche Grundlage dar, perspektivisch ist für das Jahr 2019 mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) aber eine Reform geplant.

In Deutschland werden die Vorgaben der europäischen Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden mittels der Energieeinsparverordnung (EnEV) umgesetzt. Dabei soll die Verordnung dazu beitragen, dass die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, insbesondere ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand, bis zum Jahr 2050 erreicht werden. Hiernach müssen für neue Wohngebäude Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf und den spezifischen Transmissionswärmeverlust eingehalten werden. Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs erfolgt nach der DIN V 18599. Alternativ kann auch mit den Normen DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4701-10 gerechnet werden.

Abbildung 2: Anforderungen nach EnEV und EEWärmeG

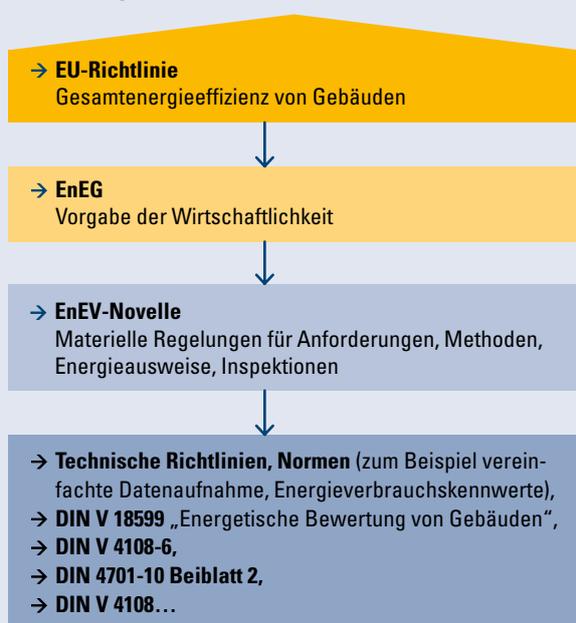
Anforderung EnEV

Der Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines neuen Wohngebäudes ist der um 25 Prozent reduzierte 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 Q_h und des Trinkwasserwärmebedarfs Q_w (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		Mindest-anteil
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	

Abbildung 2:

Rechtliche Zusammenhänge –
Europa und Deutschland [1]

Darüber hinaus müssen für neu zu errichtende Gebäude auch die 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 oder entsprechende Ersatzmaßnahmen durchzuführen.

Effizienzhaus Plus Gebäude erfüllen aufgrund ihres hohen energetischen Niveaus beide Anforderungen. Trotzdem müssen auch für diese Häuser alle gesetzlich vorgeschriebenen Nachweise nach EnEV und EEWärmeG erbracht werden. [1]

Effizienzhaus Plus im Vergleich

Über die gesetzlichen Mindeststandards nach EnEV hinaus sind in Deutschland die Energiestandards KfW Effizienzhaus 55, 40 und 40 Plus etabliert. Diese Standards haben gegenüber der EnEV höhere Anforderungen an die Dämmqualität der Gebäudehülle und den Jahres-Primärenergiebedarf. Für die KfW Effizienzhausstandards können sowohl im Neubau als auch im Bestand attraktive Fördermittel in Anspruch genommen werden (siehe PE 2).

Im Vergleich zu den klassischen KfW Effizienzhäusern ist der Effizienzhaus Plus Standard eine Weiterentwicklung mit dem Anspruch, ökologische und energetische Qualitäten mit wirtschaftlich vertretbaren Kosten zu erreichen. Der Effizienzhaus Plus Standard berücksichtigt dabei alle Energiebedarfe (auch den Nutzerstrombedarf) und erneuerbaren Erzeugungspotenziale am Gebäude. Mit dieser konsequenten Ausrichtung auf die Nutzung erneuerbarer Energieträger und den Klimaschutz liegt dem Effizienzhaus Plus Standard ein zukunftsorientiertes Konzept zugrunde.

Entscheidend beim Effizienzhaus Plus ist das angestrebte Ziel, in der Jahresbilanz mehr Energie lokal aus erneuerbaren Energiequellen zu erzeugen als zu verbrauchen. Dadurch, dass keine zusätzlichen Anforderungen über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus gestellt werden, besitzt der Bauherr bzw. dessen Planungsteam die volle Flexibilität, um nach seinen Vorstellungen ein energetisch und wirtschaftlich optimiertes Gebäudekonzept zu erarbeiten. Der technologieoffene Effizienzhaus Plus Standard kann folglich mit einer Gebäudehülle sowohl nach EnEV als auch nach KfW Effizienzhaus 40 realisiert werden. Das jeweilige Konzept definiert die Balance aus Einsparung, Effizienz und Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen.

Auch mit Blick auf die europäische Gesetzgebung ist der Effizienzhaus Plus Standard zukunftsorientiert aufgestellt. Die EU-Gebäuderichtlinie EPBD (European Directive Energy Performance of Buildings) fordert, dass alle neuen Gebäude ab 2021 als Niedrigstenergiegebäude ausgeführt werden müssen. Gebäude im Effizienzhaus Plus Standard erfüllen dabei durch die Nutzung erneuerbarer Energien bereits heute die zukünftigen Anforderungen im Wohnungsbau.

Ausführlichere Informationen u. a. zu den Rahmenbedingungen und der Geschichte des Effizienzhaus Plus Standards finden sich in der Broschüre „Wege zum Effizienzhaus Plus“. [1]

Vorteile des Effizienzhaus Plus Standards

PE 1_Info: Übersicht der Vorteile des Effizienzhaus Plus Standards

Das „Plus“ des Standards ergibt sich aus folgenden Vorteilen:

Energieüberschuss langfristig	Indem Gebäude mehr Energie lokal aus erneuerbaren Quellen nutzen, als sie verbrauchen, werden sie Teil des auf erneuerbaren Energiequellen basierenden Energiesystems der Zukunft. Überschüsse können für Elektromobilität oder die Versorgung von Nachbargebäuden im Quartier genutzt werden (siehe PE 7).
Energieeffizienz	Der Einsatz hocheffizienter Anlagentechnik und Haushaltsgeräte sorgt für einen sparsamen und ressourcenschonenden Einsatz von Energie (siehe PE 35).
Planerische und gestalterische Freiheiten	Der Standard ist nicht an bestimmte Technologien gebunden. Er erlaubt vielfältige Kombinationen von energieeffizienten Bautechnologien und Systemen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Der Fachplaner, Architekt und Bauherr hat unter Berücksichtigung der Standort- und Umgebungsbedingungen freie Hand bei der Gestaltung (siehe PE 8).
Lieferbare Komponenten	Alle Komponenten und Techniken sind am Markt verfügbar und erprobt. Sie müssen lediglich den Anforderungen entsprechend kombiniert werden.
Weniger Energiekosten	Die Eigennutzung von erneuerbarem PV-Strom führt direkt zu einer Reduktion der Strombezugskosten (siehe PE 15) und die gute wärmeschutztechnische Qualität der Gebäudehülle sorgt für langfristig niedrige Heizkosten (siehe PE 19).
Unabhängigkeit von Energiepreisentwicklung	Durch Eigenproduktion und -versorgung von Strom und Wärme haben steigende Energiepreise geringen Einfluss.
Innovativ und zukunftsorientiert	Der Standard bietet Freiheiten, um etablierte und innovative Technologien in einem neuen Kontext in Verbindung zu bringen. Zudem erfüllt er schon heute die von der EU geforderten Gebäudeanforderungen für den Zeitraum ab 2020 (siehe Abschnitt „Effizienzhaus Plus im Bau- und Energierecht“).
CO₂-Einsparungen	Effizienzhaus Plus Gebäude leisten durch die Nutzung erneuerbarer Energien einen wesentlichen Beitrag zur CO ₂ -Reduzierung im Gebäudesektor. Damit kann jeder Einzelne Klimaschutz im Kleinen umsetzen.
Nachhaltigkeit erhöhen	Der Standard erhöht die Nachhaltigkeit, indem er den Verbrauch von Energie und Ressourcen minimiert, wirtschaftlich ist und dem Nutzer einen hohen Wohnkomfort bietet.
Wohlbefinden (Komfort und Gesundheit)	Die gute wärmeschutztechnische Qualität der Gebäudehülle sorgt für hohen thermischen Wohnkomfort. Die Möglichkeit für eine bewusste Auswahl von „gesunden“ Baumaterialien fördert das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bewohner.
Machbarkeit	Vorbildliche Bauten zeigen: Ein Plus an Energie ist machbar! (siehe Kapitel 2: Vorbildliche Bauten im Effizienzhaus Plus Standard)

Wirtschaftlichkeit

PE 2_Info: Betrachtung von Investitionskosten

Energiestandards allein sind kein Indikator für die Baukosten. Die Baukostenfrage hängt vielmehr damit zusammen, wer baut (privat oder öffentlich), wo in Deutschland gebaut wird, welche Technologien zum Einsatz kommen, wie die Baukonjunktur bzw. Zinsen sind und wie das Projekt gemanagt und geplant wird.

Investition

Neben den grundlegenden Baukosten müssen für die Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards zunächst höhere Investitionen in Kauf genommen werden.

Die Baukosten der Modellprojekte bewegen sich mehrheitlich zwischen 1.500 und 3.000 €/m² beheizter Nettogrundfläche (Bruttokosten für Kostengruppe KG 300 und KG 400) in Abhängigkeit der jeweils verfolgten Projektziele.

Der Vorteil des Effizienzhaus Plus Standards: Er erlaubt eine wirtschaftliche Optimierung zwischen Energieeinsparung („Dämmqualität“) und aktiver Energieerzeugung. Es steht also frei, ob zur Erreichung des Standards eine Gebäudehülle nach EnEV oder KfW Effizienzhaus 40 gebaut wird, wichtig ist allein, dass die lokale erneuerbare Energieerzeugung in der Jahresbilanz einen Überschuss generiert.

Mehrkosten vor allem für Gebäudetechnik

Die Baukostenanalyse des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik [1] zeigt auf, dass in der Regel Mehrkosten im Bereich der technischen Gebäudeausstattung (TGA, KG 400) von 250 bis 380 € pro Quadratmeter beheizter Nettogrundfläche (NGF) gegenüber einem konventionellen EnEV-Neubau entstehen. [1]

› Hochwertige energetische Gebäudehülle	65 bis 100 €/m ² beheizter NGF
› Hocheffiziente Wohnraumlüftung	40 bis 65 €/m ² beheizter NGF
› Wärmepumpe und Pufferspeicher	45 bis 65 €/m ² beheizter NGF
› Photovoltaikanlage	100 bis 150 €/m ² beheizter NGF
› Summe der Mehrkosten	250 bis 380 €/m ² beheizter NGF

Langfristige Betrachtung

Eine ganzheitliche wirtschaftliche Bewertung beinhaltet neben den Investitionskosten auch die Lebenszykluskosten, die beim Effizienzhaus Plus Standard durch reduzierte Energiekosten vergleichsweise niedrig ausfallen können.

Energieverbrauch – Energieeinsparung

Das Ziel bei der Umsetzung des Standards ist es, dass durch den Einsatz erneuerbarer Energien und die Steigerung der Energieeffizienz der End- und Primärenergiebedarf sinkt. Der Gewinn resultiert in erster Linie merkbar in einer Energiekosteneinsparung.

Optimale Nutzung des Stromgewinns

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit sind die Möglichkeiten der Vermarktung des Stromüberschusses zu berücksichtigen. Wie dies im Detail erfolgen kann wird in PE 13 und PE 17 dargestellt.

Inanspruchnahme von Fördermöglichkeiten

Die Programme und Konditionen zur Förderung von Gebäuden im Effizienzhaus Plus Standard sind ständigen Veränderungen unterlegen. Förderungen werden in Form von Zuschüssen, Darlehen, Bürgschaften, Beteiligungen oder Garantien gegeben.

Wichtig: Für die meisten Förderprogramme muss die Förderung vor Baubeginn oder vor der verbindlichen Auftragserteilung beantragt werden. Eine rechtzeitige Information ist deshalb unabdingbar. Bei einigen Förderprogrammen kann es vorkommen, dass das jährliche Fördervolumen ausgeschöpft ist. Dann können Neuanträge im Folgejahr gestellt werden. [2]

Nutzung der Potenziale zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit

- Niedrige Investitionskosten durch
- › Integrale Planung – Eine integrale und gewerkeübergreifende Planung erfordert zwar einen erhöhten Kommunikationsaufwand, führt aber in der Regel zu qualitativ besseren Lösungen, die nachträgliche Kosten vermeiden lassen (siehe PE 4).
 - › Verwendung von standardisierter Komponenten (siehe PE 18)
 - › Einsatz von Photovoltaik (siehe PE 13 bis PE 16)
 - › Monitoring (siehe PE 37 bis PE 40)

Förderprogramme:

- › KfW-Programm Erneuerbare Energien
- › KfW-Effizienzhäuser der KfW Bankengruppe
- › Erneuerbare-Energien-Gesetz mit der EEG-Umlage
- › Mini-KWK-Zuschuss
- › Förderung gemäß dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)
- › Marktanreizprogramm und Energieberatung der BAFA
- › verschiedene regionale Förderprogramme der Bundesländer und Kommunen (z. B. Förderprogramm Stadt Hamburg)

Welche Förderprogramme aktuell für das geplante Vorhaben am jeweiligen Standort nutzbar und sich ggf. kombinieren lassen, kann u. a. der Energieberater eruiieren. Für einen ersten Überblick können folgende Plattformen genutzt werden:

- › Förderdatenbank
www.foerderdatenbank.de
(vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)

2 Vorbildliche Bauten im Effizienzhaus Plus Standard

Die große Herausforderung der Energiewende zur Erreichung der Klimaschutzziele 2050 ist die Modernisierung des Gebäudebestands. Daher wurde bei der Auswahl der vorbildlichen Bauten besonderer Wert auf realisierte Sanierungslösungen gelegt, wobei es hierfür bisher weitaus weniger Beispiele gibt als für den Neubau von Wohngebäuden. Nachdem sich die Umsetzung des Effizienzhaus Plus Konzeptes in den ersten Jahren auf Einfamilienhäuser konzentrierte, folgte in den letzten Jahren die Übertragung und Erprobung des Effizienzhaus Plus Standards auf Mehrfamilienhäuser. Im ersten Teil der Projektübersicht werden Einfamilienhäuser vorgestellt und im zweiten Mehrfamilienhäuser.

Die vorgestellten Bauten zeigen unterschiedliche, vorbildlich gelöste Versorgungskonzepte, die auf andere Bauaufgaben übertragbar sind. Jedes Beispiel wird mit einem einleitenden Text und Kerndaten des Gebäudes inklusiv der Projektbeteiligten dargestellt. Bei den energetischen Kennwerten wird zwischen den nach Energieeinsparverordnung und den nach Effizienzhaus Plus Standard berechneten bzw. im Monitoring gemessenen Werten unterschieden. Dabei verdeutlicht ein negativer Wert in der Kategorie Energieüberschuss den notwendigen Netzbezug, wohingegen tatsächlich produzierte Überschüsse positiv dargestellt werden.

Auf einen Blick:

Einfamilienhäuser

Mehrfamilienhäuser

Sanierung

Reihenhaus, Darmstadt (S. 16)



Massivbau
z. T. Innendämmung
Luft-Wasser-WP
Dachintegrierte PV

Mehrfamilienhäuser (28/32 WE), Frankfurt am Main (S. 24)



Massivbau
Lüftung mit WRG
Mieterstrommodell
[Trinkwasser] Abluft-Wasser-WP
[Heizung] Luft-Wasser- und
Sole-Wasser-WP
(Erdsonden)
BIPV-Dach, OPV-Südfassade

Einfamilienhaus, Stuttgart (S. 18)



Massivbau
Recycling von Bau-
materialien
WP mit Eisspeicher und
Solarabsorbern
Deckenheizung
Lüftung mit WRG
PV auf Ost-/West-Dach

Mehrfamilienhäuser (10 WE), Pfuher Str. 4 + 6, Neu-Ulm (S. 26)



Massivbau
(Teil-)Vorgefertigte Außenhülle
Fenster Passivhaus-zertifiziert
Grundwasser-Wärmepumpe
Röhrenradiatoren
Lüftung mit WRG

Neubau

Einfamilienhaus, Brieselang (S. 20)



Massivbau
Luft-Luft-WP
Stromspeicher
Lüftung
Photovoltaikanlage

Mehrfamilienhäuser (8 WE), Pfuher Str. 12 + 14, Neu-Ulm (S. 28)



Massivbau
Baulicher Sonnenschutz
Wärmepumpe mit Helixsonden
Abluftwärmepumpe
PV auf dem Süddach

Einfamilienhaus, Leonberg (S. 22)



Wärmepumpe mit
Erdsonden
Stromspeicher
Lüftung mit WRG
Dachintegrierte Photo-
voltaikanlage

Mehrfamilienhaus (74 WE), Frankfurt am Main (S. 30)



Hybridbauweise Holz-Beton
Abwasserwärme-Wärmepumpe
Batteriespeicher 250 kWh
BIPV-Fassade und -Dach
Nutzerinterface
E-Mobilität
Mieterstrom

Mehrfamilienhaus (18 WE), Berlin-Lichtenberg (S. 32)

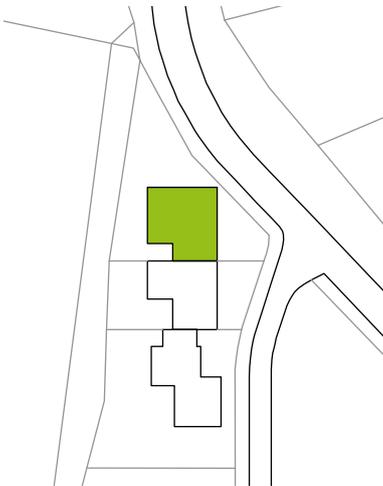


Massivbau
Thermisch getrennte
Laubengänge
Abluft-Wasser-Wärmepumpe
Abluftanlage
Pelletkessel als Back-up
Anlage zur Grauwasser-
aufbereitung

Sanierung

Neubau

energy+ Home mit Elektromobilität Sanierung Reihenhaus, Darmstadt



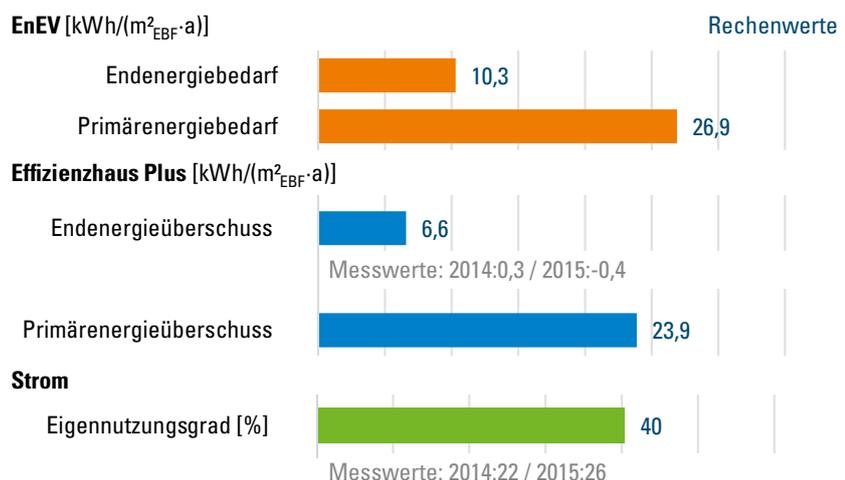
Bei dem energy+ Home handelt es sich um ein saniertes Reihenendhaus aus dem Jahr 1970. Durch eine sehr gute Wärmedämmung der Gebäudehülle und ein ausgeklügeltes Energiekonzept mit einer hocheffizienten Luft-Wasser-Wärmepumpe, energieeffizienten Haushaltsgeräten und optimierter Tageslichtversorgung konnte der Energieverbrauch durch die Sanierung extrem reduziert werden. Der Gesamtenergieverbrauch wurde von 72.600 kWh/a auf 8.826 kWh/a gesenkt und das Gebäude wurde zu einem Effizienzhaus Plus. Im Jahr werden 3.230 kWh mehr Strom erzeugt als verbraucht. Der überschüssige Strom wird entweder ins Netz gespeist oder dient dazu, ein Elektroauto zu betreiben. Der Umbau umfasste neben der energetischen Optimierung auch eine räumlich-architektonische Aufwertung. Das Haus wurde um einen Wintergarten erweitert. Außerdem entstand durch den Wegfall der zuvor benötigten Öltanks im Untergeschoss ein zusätzlicher Raum, sodass die Wohnfläche insgesamt von 158 m² auf 187 m² anwuchs.

Es wurde ein Sanierungskonzept entwickelt, das auf eine Vielzahl der deutschen Bestandsimmobilien anwendbar ist und eine wirtschaftliche und zukunftsorientierte Umwandlung eines Bestandsgebäudes zu einem Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität ermöglicht.

Bauzeit:	12 Monate
Fertigstellung:	2012
Bauvolumen:	918 m ³ BRI
Kosten (KG 300 + 400):	1.760 €/m ² BGF
PV Leistung/Wohnfläche:	68,1 W _p /m ²
Qualität Gebäudehülle:	0,30 W/(m ² ·K)

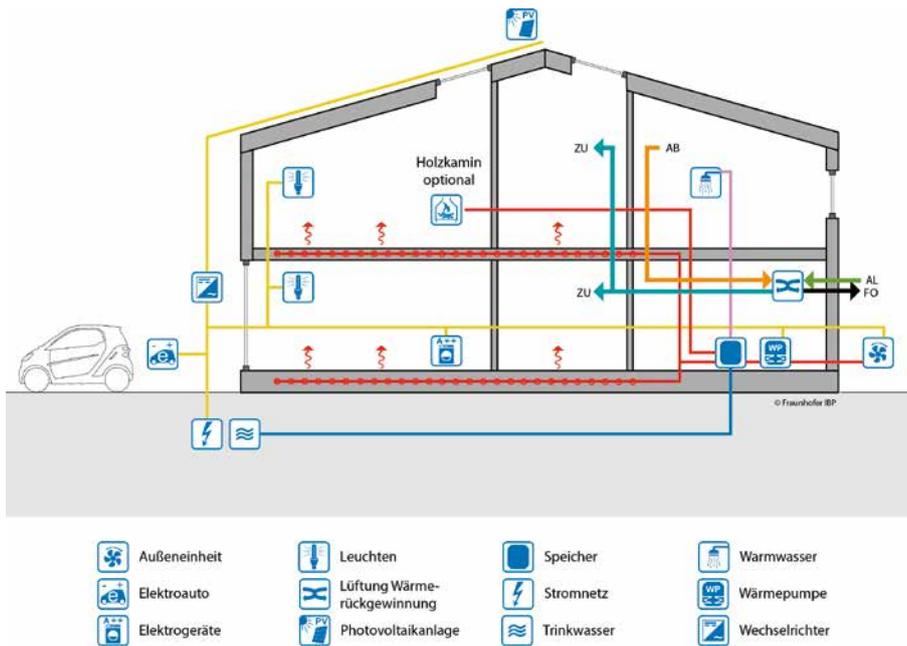


Bauherr: Privat
Architekt: Lang + Volkwein Architekten und Ingenieure, Darmstadt
Technische Gebäudeausrüstung, Bauphysik und Tragwerksplanung: Tichelmann & Barillas Ingenieure, TSB Ingenieurgesellschaft mbH, Darmstadt



Energiekonzept

Der Energiebedarf wurde durch Dämmung der opaken Hülle, den Einsatz von dreifach verglasten Fenstern und eine kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung reduziert. Die benötigte Wärme wird mittels einer Luft-Wasser-Wärmepumpe erzeugt, in einem 750-Liter-Warmwasserspeicher gepuffert und über eine Fußbodenheizung verteilt. Da bei sehr kalter Außenluft im Winter die Leistung der Wärmepumpe sinkt, ist vorgesehen, dass der Wirkungsgrad durch die Vorerwärmung der Luft hinter den dunklen Fassadenpaneelen gesteigert werden kann. Für dieses System sind alle Anschlüsse vorhanden, es ist aber derzeit nicht aktiviert. Zusätzlich ist das Gebäude mit einem Holzkaminofen ausgestattet; dieser wird optional zum Heizen und ebenso wie die Wärmepumpe zur Erzeugung des Trinkwarmwassers verwendet werden.



Dachintegrierte Photovoltaik



Nutzerinterface

Stromerzeugung (PE 35, PE 14)

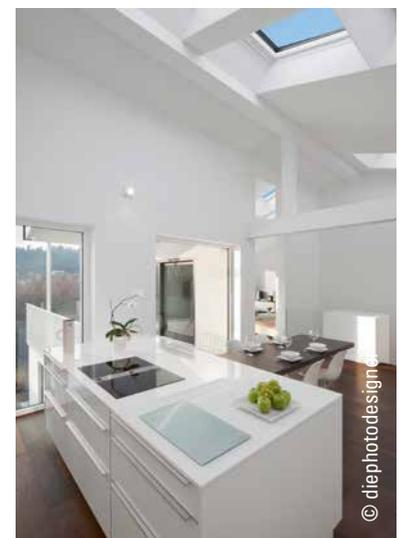
Besonders energieeffiziente Haushaltsgeräte helfen, Strom zu sparen. Der gesamte Strombedarf beträgt 6.650 kWh im Jahr, davon entfallen 1.880 kWh auf die Raumheizung, 1.080 kWh auf die Warmwasserbereitung sowie 3.690 kWh auf den Haushaltsstrom inklusive Hilfsstrom. Die 95 m² große, dachflächenintegrierte Photovoltaik-Anlage aus monokristallinen Zellen mit einer Leistung von 12,6 kW_p, erzeugt im Jahr 9.880 kWh Strom. Damit wird der gesamte Jahresbedarf gedeckt und es entsteht ein Überschuss von 3.230 kWh Strom pro Jahr.

Nutzerinterface (PE 40)

Das Gebäude ist mit einem BUS-System ausgestattet. Über einen Touchscreen lassen sich Licht, Sonnenschutz, Heizung und Lüftung steuern und je nach Bedarf verschiedene Szenarien voreinstellen. Die Bewohner können über einen Monitor jederzeit die aktuellen Energiegewinne und den Energieverbrauch des Hauses abrufen und überprüfen. Das sensibilisiert die Nutzer für ihr Verhalten im Umgang mit Energie und trägt zum „Plus“ bei.

Tageslichtversorgung (PE 11)

Die Fensterfläche im Altbau war nicht groß genug, um die Räume ausreichend mit Tageslicht zu versorgen. Der Anteil der Fenster im Verhältnis zur Grundfläche wurde durch das Entfernen der Brüstungen und den Einbau bodentiefer Fenster und großflächiger Dachfenster um zirka 30 Prozent erhöht. Über die vertikale Erschließung gelangt das Licht im Treppenhaus bis ins Untergeschoss. Da sich das Gebäude an einem Hang befindet, kann das restliche Untergeschoss über die Westfassade natürlich belichtet werden.



Helle Wohnräume

Vom ölfressenden Altbau zum neuen Zuhause mit Plus

Sanierung Einfamilienhaus, Stuttgart



Das Einfamilienhausobjekt aus dem Jahr 1950 wurde 2015 im Effizienzhaus Plus Standard saniert. Die charakteristische Ausgangssituation dabei: kleine Räume, kleine Fenster, Öl als Brennstoff. Mit der Sanierung zielte der Bauherr auf einen hohen Wohnkomfort, gute Energieeffizienz und eine nachhaltige Bauweise ab.

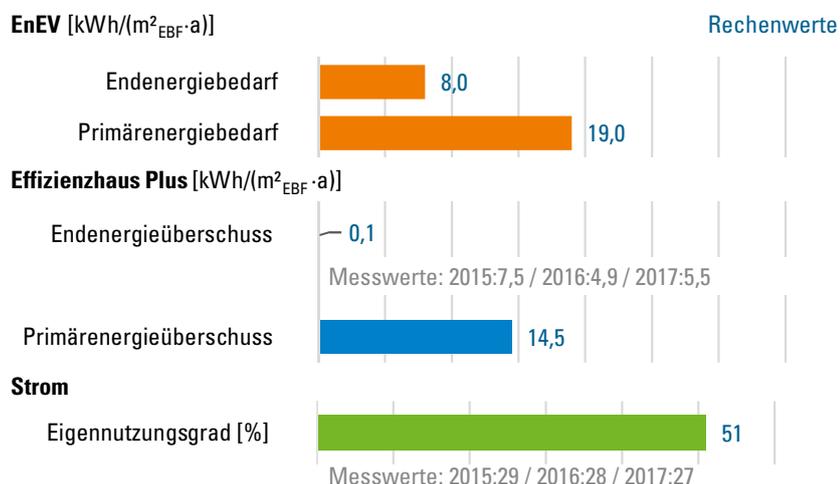
Im Erdgeschoss wurden die Grundrisse konsequent überarbeitet und Innenwände entfernt, um eine offene Raumstruktur für Kochen, Essen und Wohnen zu erhalten. Durch die neue Grundrissituation und die Vergrößerung der Fensterflächen sind helle Räume mit hohem Wohnkomfort entstanden. Die neu geschaffenen Sichtachsen ermöglichen von jedem Bereich im Hauptraum einen Blick in den Garten. Die Raumstruktur im Ober- und Dachgeschoss wurde beibehalten, wobei im Dachgeschoss ein beruflich genutztes Atelier entstand. Das Dachgeschoss wurde so geplant, dass es als eine eigenständige Wohneinheit mit Küche und Bad verwendet werden kann.

Mit der Sanierung wurde der Baukörper weitestgehend erhalten. Lediglich der zweistöckige Anbau auf der Südwest-Seite wurde abgerissen, da dieser den Räumen auf der gartenzugewandten Seite das Tageslicht nahm. Der neue einstöckige Anbau in Holzbauweise erlaubt eine optimale Tageslichtversorgung und bricht bewusst die bisherige Optik des Hauses. Bei der Fassadengestaltung konnte mit der Holzverkleidung am neuen Anbau und dem Erker auf der Ostseite ein wiederkehrendes und harmonisierend wirkendes Element integriert werden.



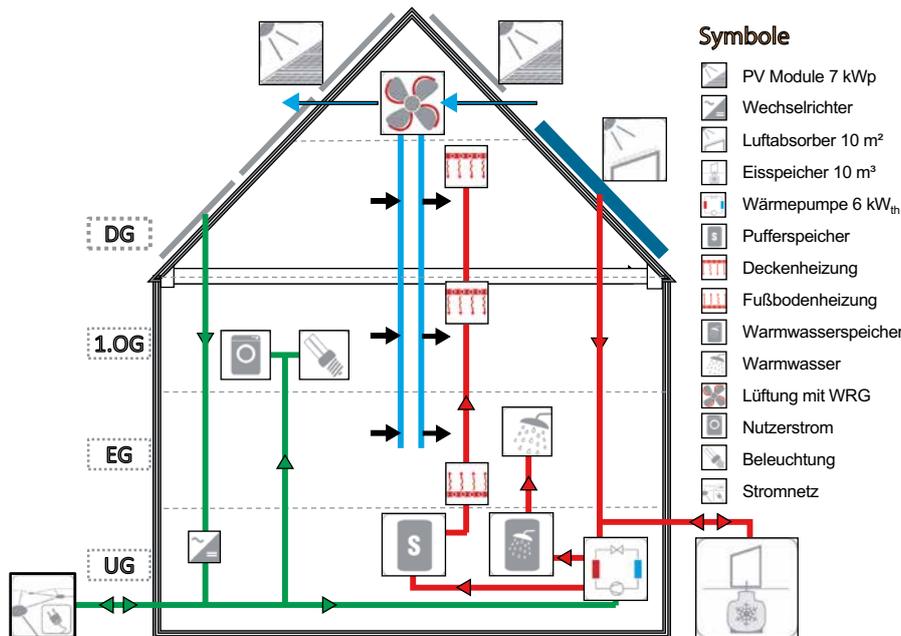
Bauherr: Privat
Technische Gebäudeausrüstung,
Bauphysik: EGS-plan Ingenieurgesellschaft
 für Energie-, Gebäude- und
 Solartechnik mbH, Stuttgart

Bauzeit: 12 Monate
Fertigstellung: 2015
Bauvolumen: 607 m³ BRI
Kosten (KG 300 + 400): 1.017 €/m²_{BGF}
PV Leistung/Wohnfläche: 41,2 W_p/m²
Qualität Gebäudehülle: 0,35 W/(m²·K)



Energiekonzept

Das Haus erzeugt mehr Energie, als es verbraucht. Der niedrige Energiebedarf resultiert aus der Komplettsanierung der Gebäudehülle (KfW 70) und der Ausstattung mit hocheffizienten Haushaltsgeräten. Ergänzend sorgt eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung für durchgehend frische Luft und einen reduzierten Heizwärmebedarf. Die alte Ölheizung wurde durch eine elektrische Wärmepumpe ersetzt, die als Wärmequelle Sonnenwärme und einen Eisspeicher nutzt. Eine PV-Anlage mit 7 kW_p auf dem Dach produziert Solarstrom, der möglichst direkt genutzt wird. Das energetische Monitoring der ersten vier Jahre zeigt, dass das Konzept in der Praxis funktioniert und 20 Prozent mehr Energie im Vergleich zum Verbrauch erzeugt wird. Das Highlight: Die Energiekosten sind auf „Null“ gesunken.



Wärmepumpe



Eisspeicher

Wärmepumpe mit Eisspeicher (PE 20)

Zur Wärmeerzeugung kommt eine elektrische Wärmepumpe zum Einsatz. Als Wärmequelle dienen Solar-Luftabsorber auf dem Westdach und ein Eisspeicher, der unterirdisch im Vorgarten liegt. Die Wärmepumpe erzeugt in getrennten Systemen die Wärme für das Brauchwarmwasser und die Heizwärme. Die Jahresarbeitszahl lag in den letzten vier Jahren im Mittel bei 3,5. Das vorliegende Wärmepumpensystem mit Eisspeicher hat neben der Effizienz den Vorteil, dass es keine gesonderte Genehmigung benötigt und keine Geräuschemissionen im Betrieb verursacht.

Deckenheizung (PE 27)

Speziell im Fall der Altbausanierung hat sich gezeigt, dass eine Deckenheizung mit niedrigen Vorlauftemperaturen die ideale Ergänzung einer elektrischen Wärmepumpe sein kann. Das System besteht aus Kapillarrohrmatten, die an der Decke montiert und anschließend verputzt werden. Die Deckenheizung ermöglicht eine flexible Nutzung von Boden- und Wandflächen in den Räumen, da keine Heizkörper die Stellflächen eingrenzen. Wohnfläche wird dadurch gewonnen und der Charakter der Räume bleibt erhalten.

Baumaterialien

Die Basis für eine nachhaltige und ressourcenschonende Bauweise war der Erhalt der Bausubstanz. So wurden Baumaterialien wie z. B. die Dachziegel im Zuge der Dachsanierung wiederverwendet. Im neu gestalteten Innenbereich prägen die alte Holzterasse und das Buchenparkett das Erscheinungsbild. Bei der Auswahl der Dämmstoffe und Baumaterialien wurde auf Mineralwolle (Fassade), Holzfaserdämm- und Holzbaustoffe (Anbau) zurückgegriffen, um die graue Energie der Herstellung gering zu halten.



Deckenheizung

Schlüsselfertiges Massivhaus als Effizienzhaus Plus Neubau Einfamilienhaus, Brieselang



© Elbe-Haus GmbH, Xella Deutschland GmbH



© Elbe-Haus GmbH, Xella Deutschland GmbH

Bauherr: Elbe-Haus GmbH
Architekt: Form Nord, WT – Wolfgang Tomson Planungsgesellschaft mbH
Technische Gebäudeausrüstung: multitherm GmbH, multiwatt Energiesysteme GmbH
Monitoring: Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH

Das Energieplus-Massivhaus der Firma Elbe-Haus GmbH ist ein schlüsselfertiges Massivhaus mit rund 130 m² Wohnfläche, entwickelt für eine Familie mit zwei Kindern. Die Außenwände sind als hochwärmedämmendes Porenbeton-Mauerwerk mit Putzfassade ausgeführt. Die größere Dachfläche des zugunsten der solaren Nutzung asymmetrisch ausgerichteten Daches ist mit Photovoltaik und Solarthermie bestückt, zusätzlich sind an der Fassade und auf dem Dach des Carports Photovoltaikmodule angebracht. Die Beleuchtung erfolgt vollständig durch LED-Leuchten und die Wohnküche sowie der Hauswirtschaftsraum sind mit hocheffizienten Geräten ausgestattet. Fenster und Türen des Hauses verfügen ebenfalls über hohe Wärmeschutzklassen. So wird der Energieverbrauch zusätzlich gesenkt.

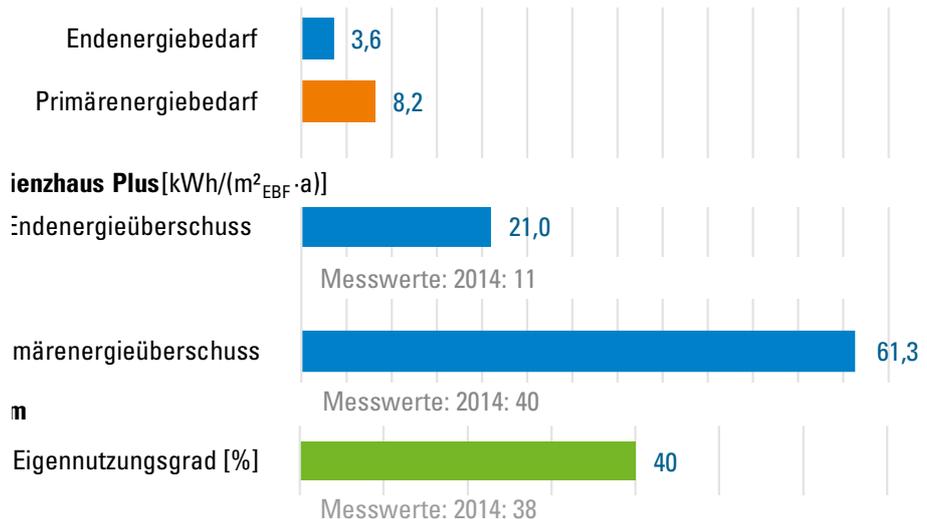
Durch diese Aspekte, zusammen mit der Erzeugung der Heizwärme und des Warmwassers durch eine Wärmepumpe, erreicht das Gebäude in der Gesamtenergiebilanz ein Plus.

Bauzeit:	8 Monate
Fertigstellung:	2012
Bauvolumen:	584 m ³ BRI
Kosten (KG 300 + 400):	2.226 €/m ² _{BGF}
Qualität Gebäudehülle:	0,19 W/(m ² ·K)



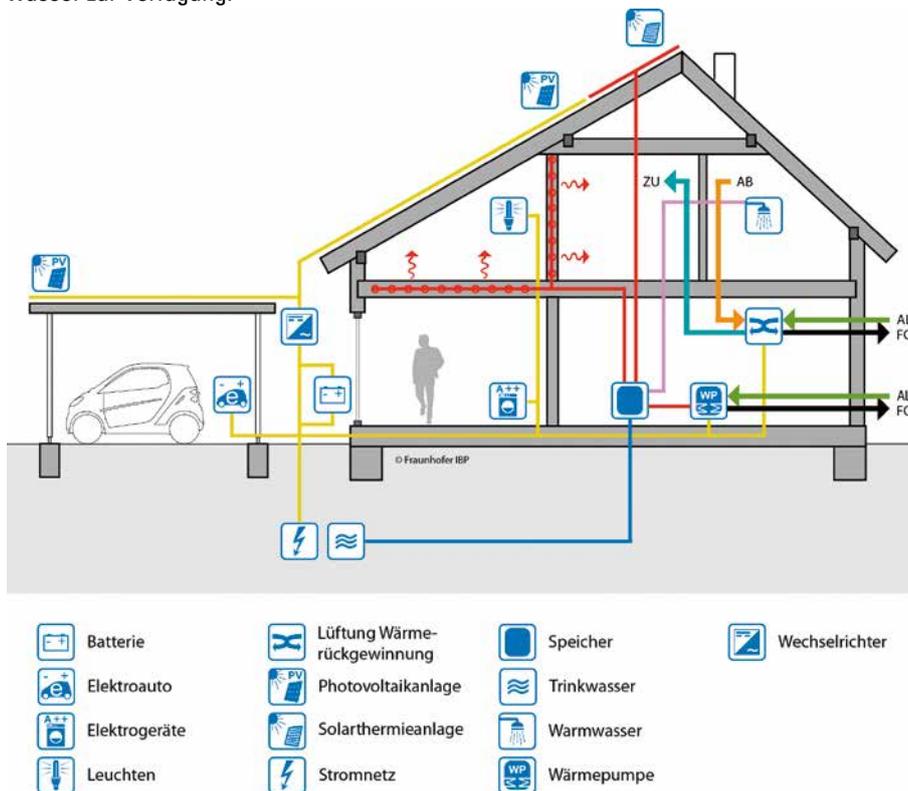
f [kWh/(m²_{EBF}·a)]

Rechenwerte

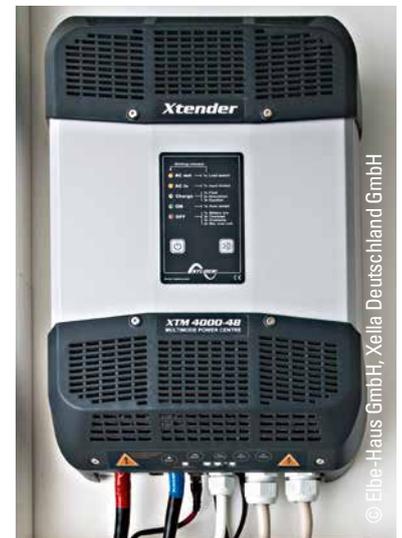


Energiekonzept

Neben einer kontrollierten Lüftungsanlage und einer thermischen Solaranlage kommt eine Außenluft-Wärmepumpe sowie im Obergeschoss eine Wandheizung und Wandkühlung zum Einsatz. Die Versorgung des Hauses mit Wärme und Warmwasser wird durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit thermischer Solarunterstützung geregelt. Die Wärmepumpe speist vorrangig einen 1.000 Liter Pufferspeicher. Dieser wird zusätzlich von einer 10 m² großen thermischen Solaranlage unterstützt, daraus wird die Fußbodenheizung bedient, um das Haus mit Wärme zu versorgen. Ein im Pufferspeicher integriertes Edelstahlwellrohr übernimmt die Funktion eines Durchlauferhitzers und stellt so ausreichend heißes Brauchwasser zur Verfügung.



Nordansicht mit Luft-Wasser-Wärmepumpe



Energiemanagement

Photovoltaikanlage (PE 14)

Die Photovoltaikanlage besteht aus drei Segmenten: einer Aufdachanlage, einer Fassadenanlage und einer Solaranlage auf dem Carport. Um die Fläche für die PV-Anlage zu vergrößern, wurde der First so verschoben, dass die Süddachhälfte größer ist. Die Gesamtleistung der Anlage beträgt 9,25 kW_p. Um den Eigennutzungsgrad des selbst erzeugten Solarstroms zu erhöhen, wurde in die Wärmepumpe eine Regelung integriert, die dafür sorgt, dass der Pufferspeicher vorrangig tagsüber aufgeheizt wird.

Batteriespeicher (PE 32)

Neben der effizienten Haustechnik weist das Haus eine Besonderheit auf. Es produziert nicht nur mehr Energie, als es verbraucht, sondern kann diese Energie auch speichern. Mit dem System aus Photovoltaik, Solarthermie und Speicherung werden bis zu 24 kWh Strom gespeichert, die nach Bedarf wieder an die Verbraucher abgegeben werden. Die Energie kann nicht nur in den zentralen Energiespeichern des Hauses, sondern auch in einem angeschlossenen Elektroauto gespeichert und entsprechend genutzt werden.

Sozialwissenschaftliches Monitoring (PE 38)

Wie bei allen Effizienzhaus Plus Standard Gebäuden im Modellprogramm der Bundesregierung wurde auch hier in Brieselang mit den Bewohnern ein sozialwissenschaftliches Monitoring durchgeführt. Das Ehepaar wurde mit einem leitfadengestützten Interview zur Gebäudetechnik, zum Raumklima und zu den Energienutzungsgewohnheiten befragt. Durch die Ergebnisse konnten Feinjustierungen in der Gebäudetechnik vollzogen werden und sie trugen so zu einer positiven Energiebilanz bei.

„Stromhaus“ seit sieben Jahren im Plus Neubau Einfamilienhaus, Leonberg



In Leonberg wurde im Herbst 2010 bundesweit eines der ersten EnergiePlus-Häuser realisiert. Das Einfamilienhaus wurde als reines „Stromhaus“ konzipiert. [21] Grundlegend für dieses Energiekonzept ist die regenerative Energiegewinnung über die PV-Fläche auf dem Dach, verbunden mit einem geringen Strom- und Wärmebedarf des Gebäudes. Durch die hochwertige Wärmedämmung der Gebäudehülle, innovative Gebäudetechnik und ein intelligentes Energiemanagementsystem wird der Energiebedarf gering gehalten und ein hoher Eigennutzungsanteil des PV-Stroms erreicht. Zusätzlich steht den Bewohnern ein Elektroauto zur Verfügung, das neben zwei Batterien als Energiespeicher dient und zu der hohen Energieeffizienz des Hauses beiträgt. Während der Planung wurde großer Wert auf eine ansprechende Architektur gelegt. Das Haus orientiert sich nach Süden und gibt aus dem großzügig gestalteten Wohn- und Kochbereich über große Fensterflächen einen Blick in das tiefer gelegene Tal frei. Die Zimmer im Erdgeschoss erlauben direkten Gartenzugang und sind durch eine Auskragung des Obergeschosses im Sommer vor der Sonne geschützt. Im Winter ermöglicht die tiefstehende Sonne trotzdem eine passive Solarnutzung. Ganzheitlich bietet das Effizienzhaus Plus einen sehr hohen Wohnkomfort, der mit signifikanter Energieeffizienz vereint wurde.

Bauzeit:	12 Monate
Fertigstellung:	2010
Bauvolumen:	1.747 m ³ BRI
Kosten (KG 300 + 400):	1.215 €/m ² BGF
PV Leistung/Wohnfläche:	57,7 W _p /m ²
Qualität Gebäudehülle:	0,15 W/(m ² ·K)



Bauherr: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch und Karin Fisch, Leonberg

Architekt: Berschneider & Berschneider, Pilsach

Energiekonzept: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch, Leonberg

Technische Gebäudeausrüstung und Bauphysik: EGS-plan GmbH, Stuttgart

Tragwerksplanung: PG Kuhn, Sindelfingen

Gebäudeleittechnik: Imtech, Stuttgart

Monitoring: IGS, TU Braunschweig

EnEV [kWh/(m²_{EBF}·a)]



Effizienzhaus Plus [kWh/(m²_{EBF}·a)]



Strom



*Die Messwerte beziehen sich auf Daten inkl. Elektromobilität.

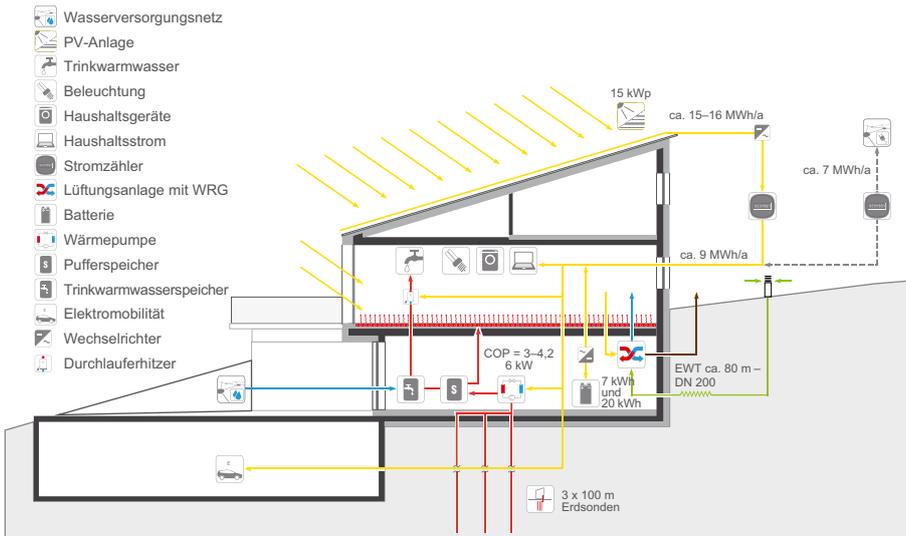
Energiekonzept

Zur Stromversorgung des Gebäudes sind auf dem 15 Grad nach Süden geneigten Pultdach 90 PV-Module installiert, die eine Leistung von 15 kW_p besitzen. Zwei Batteriespeicher mit einer Kapazität von 7 und 20 kWh und ein Elektroauto speichern die solarerzeugte Energie. Eine erdgekoppelte elektrische Wärmepumpe beheizt das Haus mithilfe eines Pufferspeichers (825 Liter mit einer Speichererweiterung von 700 Liter in den Wintermonaten).

Die zentrale Lüftung mit WRG versorgt die Räume mit frischer Außenluft. Die Steuerung der Gebäudetechnik erfolgt über ein digitales Leitsystem. Mehrere Funktionen wie Verschattung und Beleuchtung sowie die Anlagentechnik sind über eine übergreifende Gebäudeleittechnik automatisiert.



Beleuchtete Ansicht bei Nacht



Wärmepumpe

Gebäudehülle (PE 11)

Mit einer massiven Bauweise und hochwertiger Dämmung wird der Wärmeverlust über die Gebäudehülle reduziert. Unterstützend lassen die transparenten Elemente des Gebäudes, mithilfe einer Dreifachverglasung wenig Energieaustausch zu. Außerdem sind vor den Fenstern Raffstores angebracht, die teilweise eine selektive Beschichtung besitzen. Ihre Oberfläche reflektiert das sichtbare Licht in den Raum und absorbiert die Wärmestrahlung, sodass eine Überhitzung des Raumes vermieden wird.

Wärmepumpe (PE 24)

Die Wärmeversorgung erfolgt über eine erdgekoppelte elektrische Wärmepumpe, die als Wärmequelle drei Erdsonden (3 x 100 m) nutzt. Der Erdsondenkreislauf ist mit Wasser gespeist, sodass das erwärmte Wasser aus dem Erdreich, ohne einen zwischengeschalteten Erdwärmetauscher, direkt in die Fußbodenheizung gespeist werden kann. Dieses System ermöglicht im Sommer zudem eine Kühlung der Räume und unterstützt die thermische Regenerierung des Erdreichs im Umfeld der Erdsonden.

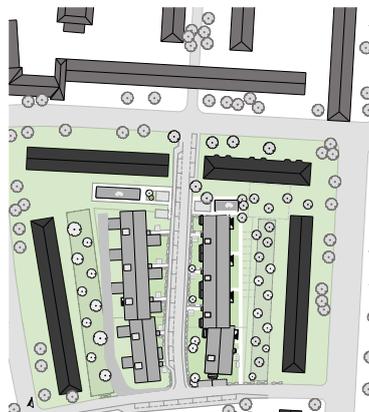


Gebäudeleittechnik

Gebäudeleittechnik

Alle relevanten Versorgungskomponenten im Gebäude sind über ein Gebäudeleitsystem verbunden, das in Abhängigkeit von der Außentemperatur u. a. die Wärmepumpe steuert. Mithilfe von gezielten Veränderungen der Betriebszustände der Gebäudetechnik konnte der Eigenstromnutzungsanteil deutlich gesteigert werden. Zusätzlich ist der Energieverbrauch über einen Touchscreen für die Bewohner einsehbar, wodurch der Energieverbrauch transparent wird. Der Nutzer hat die Möglichkeit, jederzeit manuell in die Automation einzugreifen.

Zukunftsfähige, sozialverträgliche Vollsanierung Sanierung Mehrfamilienhäuser (28/32 WE), Frankfurt am Main



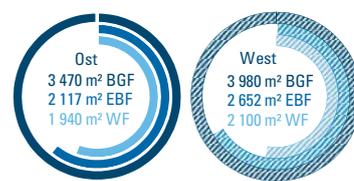
Das Projekt zeigt beispielhaft, wie die großen Bestände an Mehrfamilienhäusern der 50er- und 60er-Jahre zukunftsfähig saniert werden könnten. Die bestehende Bausubstanz wurde fast vollständig erhalten und auf das Niveau des Effizienzhaus Plus Standards gebracht. Diese prototypische Sanierung kann einen weitgehend klimaneutralen Gebäudebestand ermöglichen. Die sich daraus ergebende Übertragbarkeit adressiert einen Gebäudetypus, der in Deutschland vielfach auf eine Sanierung wartet.

Der bauzeitliche Duktus der 50er-Jahrefassaden blieb erhalten und wurde behutsam modernisiert. Mit der Aufbringung von Wärmedämmung und der Erneuerung der Fenster wurde eine neue, hellere Farbwahl in feinerem Putz getroffen. Die Dachneigung wurde geringfügig angepasst, um die Nutzbarkeit für den Dachausbau zu verbessern. Als Synergie erhöht sich die Fläche und der Ertrag aus der dachintegrierten PV-Anlage.

Das Konzept zur Energieversorgung des Gebäudes verfolgt das Prinzip des Nur-Strom-Hauses. Konsequenterweise wird der Einsatz fossiler Brennstoffe und lokaler Emissionen vermieden. Durch die Eigenstromnutzung wird ein solarer Deckungsanteil von ca. 45 Prozent bezogen auf den Gesamtenergiebedarf inkl. Nutzerstrom, erreicht. Im Jahreszyklus wird end- und primärenergetisch eine ausgeglichene Energiebilanz zwischen Bedarf und Erzeugung erzielt.

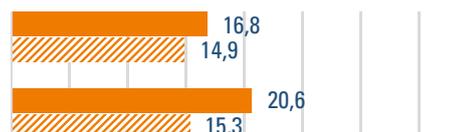
Bauherr: ABG FRANKFURT HOLDING
Architektur: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG, Kassel
Forschung: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG, Kassel; energydesign Braunschweig GmbH; ina planungsgesellschaft mbH, Darmstadt
Technische Gebäudeausrüstung,
Bauphysik: energydesign Braunschweig GmbH
Tragwerksplanung: e+p Planungsgesellschaft mbH, Frankfurt am Main

Bauzeit: 11 Monate je MFH
Fertigstellung: Ostzeile 2017/Westzeile 2018
Bauvolumen: Ostzeile 6.600 m³ BRI
 Westzeile 8.290 m³ BRI
Kosten (KG 300 + 400): keine Angaben
PV Leistung/Wohnfläche: Ostzeile 51,3 W_p/m²
 Westzeile 61,4 W_p/m²
Qualität Gebäudehülle: 0,32 W/(m²·K)



EnEV [kWh/(m²_{EBF}·a)]

Endenergiebedarf nach EnEV



Primärenergiebedarf nach EnEV



Effizienzhaus Plus [kWh/(m²_{EBF}·a)]

Endenergieüberschuss (nach Effizienzhaus Plus)



Primärenergieüberschuss (nach Effizienzhaus Plus)



Strom

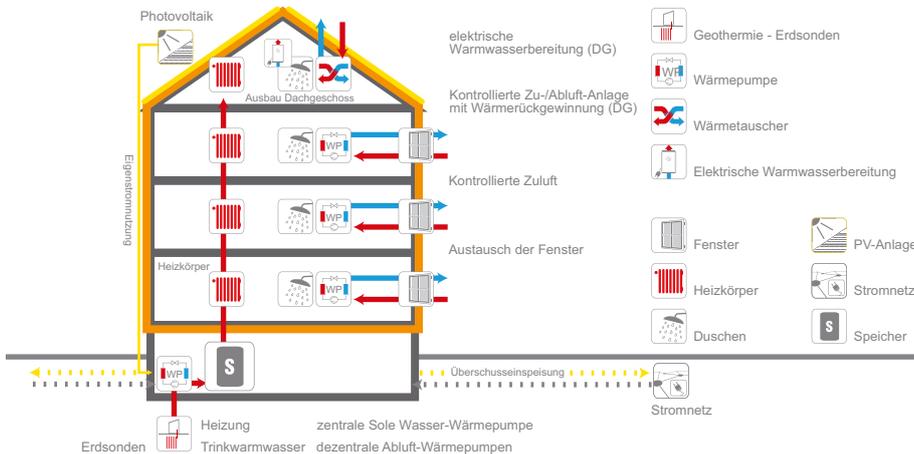
Eigennutzungsgrad [%]



Es liegen noch keine Messergebnisse vor

Energiekonzept

Ein niedriger Energiebedarf wird durch die Sanierung der Gebäudehülle im KfW Effizienzhaus 55 Standard sowie die Umstellung der Wärmeversorgung auf elektrische Wärmepumpen erreicht. Die dachintegrierte PV-Anlage produziert Solarstrom, der möglichst direkt genutzt wird. Zur Erhöhung des Eigenverbrauchs wird Mieterstrom angeboten. Das Monitoring hilft, den Betrieb zu optimieren und Erkenntnisse für Folgeprojekte zu liefern.



Vor der Sanierung



Effizienzhaus Plus nach der Sanierung

Wärmeerzeugung (PE 20, PE 24)

Die erforderliche Wärme wird mittels Wärmepumpen bereitgestellt. Warmwasser wird dezentral, wohnungsweise über Miniwärmepumpen erzeugt. Diese nutzen wohnungsweise die Abluft der Lüftungsanlage als Energiequelle. Wärme für die Beheizung wird zentral für alle Wohnungen durch zwei Wärmepumpen erzeugt. Als Quelle dient oberflächennahe Erdwärme, welche durch Erdsonden sowie Außenluft erschlossen wurde. Diese Dualität der Quellen ermöglicht die Wahl der jeweils effizienteren Quelle.

Gebäudeintegrierte Photovoltaik (PE 14)

Die Akzeptanz der Nutzung erneuerbarer Energien hängt wesentlich von der Qualität der Einbindung in die (Umgebung bzw.) Gebäudehülle ab. Entsprechend der Maxime keine „Veränderung ohne Verschönerung“ wurden die neuen wärmedämmten Dachflächen flächendeckend mit Photovoltaikmodulen belegt (Ostzeile 99 kW_p/Westzeile 130 kW_p). Durch die ebenengleiche Ausbildung von Attika und Dachfenstern wird ein homogenes Erscheinungsbild erreicht. Hiermit konnte eine behutsame gestalterische Aufwertung erzielt werden.

Mieterstrom (PE 17)

Den Mietern wird angeboten, den durch die dachintegrierte PV-Anlage erzeugten Solarstrom als sogenannten Mieterstrom zu beziehen. Der Mieter erhält einen Kostenvorteil gegenüber dem konventionellen Strombezug. Hierdurch kann der Eigennutzungsgrad des erzeugten PV-Stroms merklich erhöht und das Stromnetz entlastet werden.

Vorgefertigtes Fassadensystem für Effizienzhaus Plus Sanierung Mehrfamilienhäuser (10 WE), Pfuher Str. 4 + 6, Neu-Ulm



Im Rahmen des Wettbewerbes Effizienzhaus Plus im Altbau wurden die 1938 erbauten Mehrfamilienhäuser in der Pfuher Straße 4 und 6 saniert und modernisiert, sodass sie den Effizienzhaus Plus Standard erreichen. Zur bedeutenden Steigerung der Energieeffizienz des Mehrfamilienhauses trägt, neben PV-Modulen auf dem Dach, einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, einer Sole-Wasser-Wärmepumpe und Fenstern in Passivhausqualität, auch die hochgedämmte Gebäudehülle mit integrierter Haustechnik bei. Um die gewonnene Energie optimal zu nutzen, können die Mieter über ein Energiemanagementsystem die haustechnischen Anlagen individuell steuern. Zusätzlich zur Energieeffizienz wurde die Wohnqualität in den zehn Zwei-Zimmer-Wohnungen durch mehr Tageslichteinfall und neue Bäder deutlich aufgewertet. Darüber hinaus steht nach der Sanierung auch das Dachgeschoss als Wohnraum zur Verfügung.

Bauzeit: 26 Monate
Fertigstellung: 2016
Bauvolumen: 2.458 m³ BRI
Kosten (KG 300 + 400): KG 300: 893.000 EUR;
 KG 400: 543.000 EUR

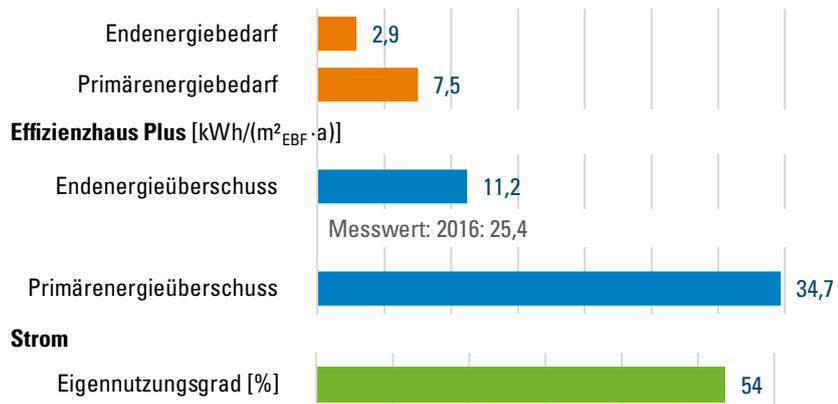
PV Leistung/Wohnfläche: 59,5 W_p/m²
Qualität Gebäudehülle: 0,10 W/(m²·K)

Energiebezugsfläche: 786 m²
Wohnfläche: 656 m²

Bauherr: NUWOG Wohnungsgesellschaft der Stadt Neu-Ulm GmbH, Neu-Ulm
Architektur: Werner Sobek Design, Stuttgart
Technische Gebäudeausrüstung: WSGreenTechnologies, Stuttgart
Monitoring: RWTH Aachen University, Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, Aachen

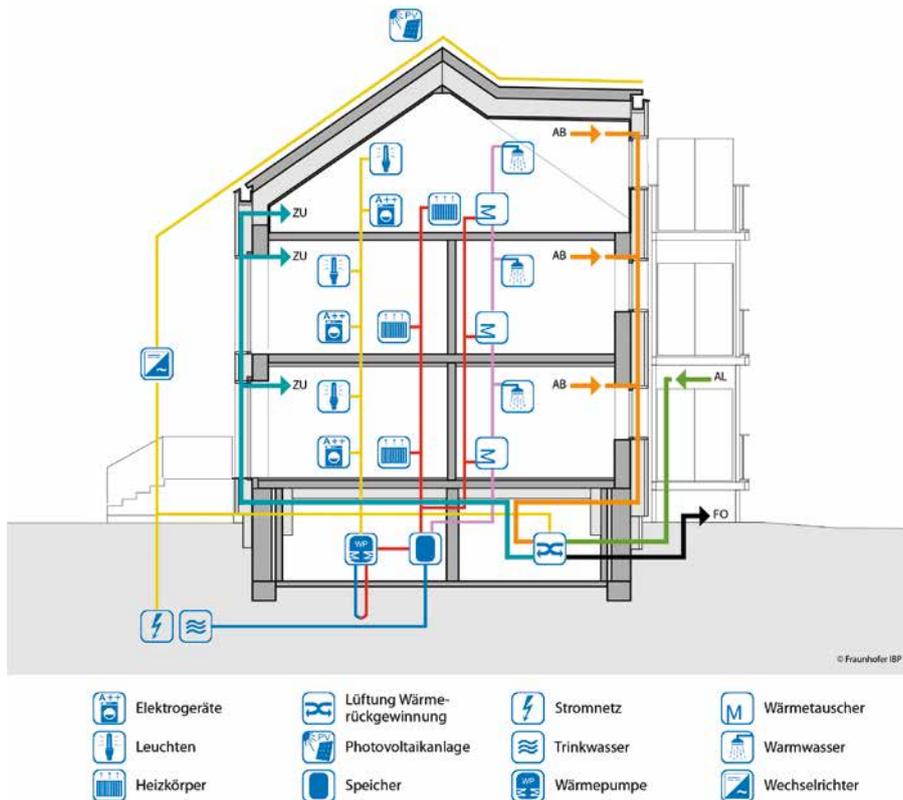
EnEV [kWh/(m²_{EBF}·a)]

Rechenwerte



Energiekonzept

Die Heizwärme für Heizung und Warmwasserversorgung wird über eine Grundwasser-Wärmepumpe bereitgestellt, die an einen 1.000 Liter Kombi-Speicher angeschlossen ist. Eine hocheffiziente Be- und Entlüftungsanlage mit 80 Prozent Wärmerückgewinnung versorgt die Wohnungen mit Frischluft, wobei die Lüftungskanäle in der Fassadenkonstruktion untergebracht sind. Zur energetischen Versorgung sind auf dem Dach 214 m² monokristalline PV-Module installiert, die eine Leistung von 39 kW_p besitzen.



Eingangsbereich nach der Sanierung

Teils vorgefertigte Außenhülle

Die Sanierung der äußeren Gebäudehülle und des Daches erfolgte größtenteils durch bereits vorgefertigte Wand- und Dachelemente. Dabei wurde ein mineralisch gedämmtes Fassadensystem in Holzbauweise mit integrierten Versorgungsleitungen auf die vorhandene massive Wand montiert. Als Dach dienen Stegträger mit einer Dämmschicht aus Mineralwolle, unterseitiger Luftdichtheitsebene und Gipskartonplattenbekleidung mit Installationsebene, die auf einen bauseits gemauerten Dremmel gesetzt wurden.

Grundwasser-Wärmepumpe

Eine im Keller installierte Grundwasser-Wärmepumpe sichert die Wärmeversorgung der Gebäude. Dabei wird über einen Entnahmebrunnen das Grundwasser mittels Pumpe entnommen und zum Wärmetauscher der Wärmepumpe geleitet. Das danach abgekühlte Grundwasser wird durch den Rückspeisebrunnen wieder dem Erdreich zugeführt. Die Wärmepumpe ist an einen Kombi-Speicher angeschlossen, der sowohl die Heizung als auch den Warmwasserbedarf deckt. Zusätzlich ist in den Wohnungen zur Anhebung der Temperatur des Trinkwassers und zur Vorbeugung der Legionellenbildung eine Frischwasserstation installiert.

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (PE 30, PE 31)

Das Besondere bei der Lüftungsanlage mit 80 Prozent WRG ist, dass die Lüftungskanäle in der Fassade verlegt sind, wodurch eine Kanalführung in den niedrigen Räumen vermieden wird. Jede Wohnung besitzt ein eigenes Kanalsystem, das durch eine Kaskadenlüftung den notwendigen Luftwechsel auf ein hygienisch bedingtes Minimum von 30 m³ pro Person reduziert. Zuluft wird vom Schlafzimmer über Wohnzimmer und Flur in die Küche oder abschließend ins Bad geleitet, wo sie als Abluft abgeführt wird.

Behutsamer Umbau mit viel Mehrwert Sanierung Mehrfamilienhäuser (8 WE), Pfuher Str. 12 + 14, Neu-Ulm



Im Zuge des Wettbewerbs Effizienzhaus Plus im Altbau wurde die Modernisierung der 1938 erstellten Mittelhäuser in Reihenbebauung in der Pfuher Straße 12 und 14 durchgeführt. Bei der Sanierung stand die behutsame bauliche Umsetzung zur Erreichung des Effizienzhaus Plus Standards im Vordergrund. Die innere Struktur der Gebäude wurde an die heutigen Bedürfnisse angepasst. Um die Wohnfläche zu erweitern, wurde an der Nordseite ein Anbau hinzugefügt, sodass je Geschoss ein Zimmer mehr zur Verfügung steht. So konnte eine größere Vielfalt an Wohnungstypen, von Zwei- bis Vier-Zimmer-Wohnungen, umgesetzt werden. Zusätzlich wurde der ehemalige Trockenboden zu Wohnraum ausgebaut, dadurch sind einige Maisonettwohnungen entstanden.

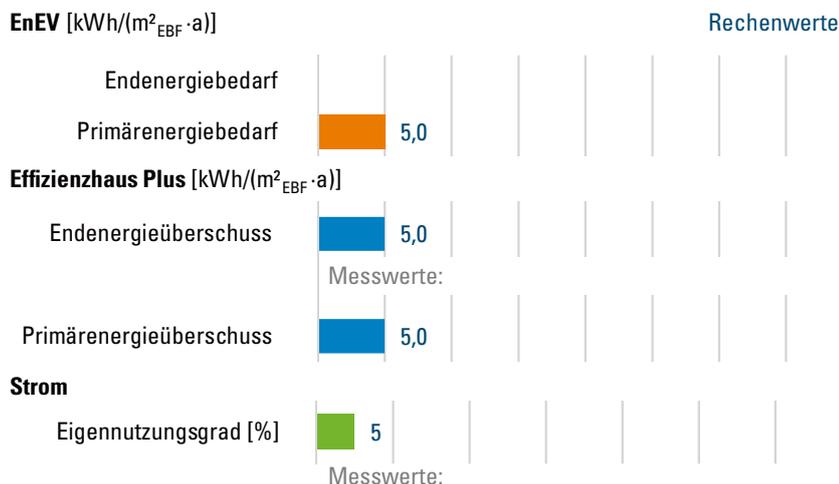
Eine sorgfältige Tageslichtplanung für das Wohngebäude und der Einsatz von Materialien mit vorbildlicher Ökobilanzierung sind Bestandteile des Gesamtkonzepts. Das Projekt zeigt, dass modernisierte Gebäude im Bestand auf dem Niveau von Effizienzhäusern Plus möglich sind und als Energielieferanten in Netzwerke der Quartiersversorgung und auch der Elektromobilität eingebunden werden können.

Bauherr: NUWOG Wohnungsgesellschaft der Stadt Neu-Ulm
Architektur: o5 architekten
 bda raab hafke lang, Frankfurt
Energieplanung: ina planungsgesellschaft mbH, Darmstadt
Technische Gebäudeausrüstung: EGS-plan, Stuttgart
Monitoring: RWTH Aachen, Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D

Bauzeit: 23 Monate
Fertigstellung: 2015
Bauvolumen: 1.816 m³ BRI
Kosten (KG 300 + 400): KG 300: 797.000 €;
 KG 400: 519.000 €
PV Leistung/Wohnfläche: 52,3 W_p/m²
Qualität Gebäudehülle: 0,25 W/(m²·K)

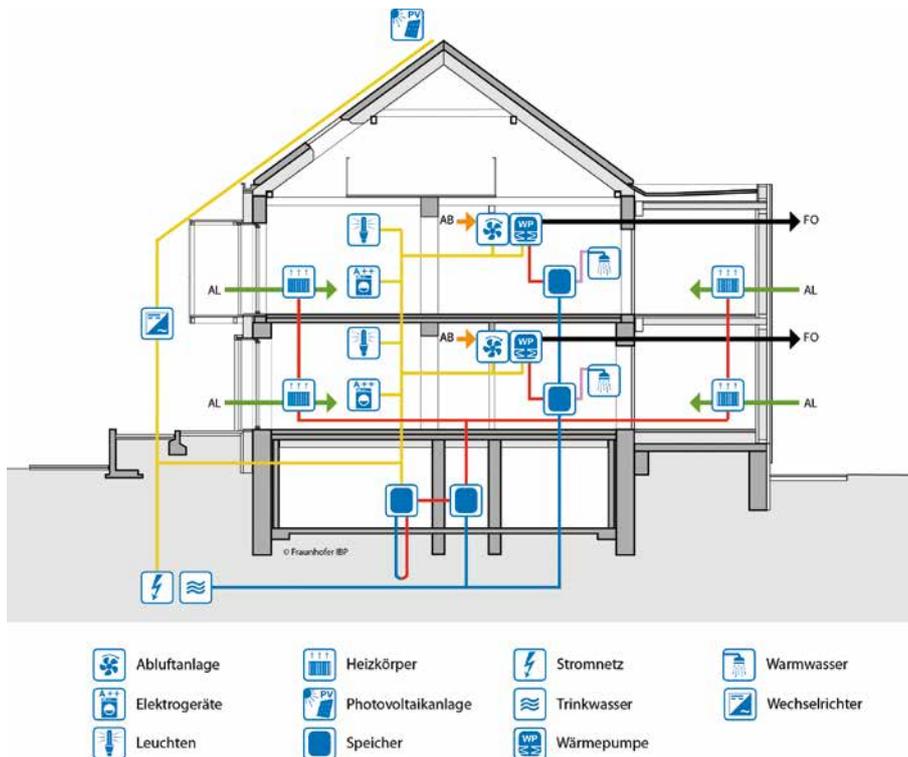


Rechenwerte



Energiekonzept

Ziel war es, ein Energiekonzept umzusetzen, das nach der Sanierung den Ausgleich zwischen Energieerzeugung und Energieverbrauch schafft. Die Ertüchtigung des Gebäudes erfolgte in zwei Schritten: durch passive und aktive Maßnahmen. Am Ende wurde die EnEV sogar um über 60 Prozent unterschritten. Hierzu haben u.a. die Dämmung der Bestandsbauteile und die Ausführung der Bauteile des Anbaus in Passivhausqualität beigetragen. Die Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser erfolgt über getrennte Systeme. Die Heizwärme wird mittels einer zentralen Sole-Wasser-Wärmepumpe, die das Erdreich über Helixsonden als Wärmequelle nutzt, bereitgestellt. Die Warmwasserbereitung erfolgt durch eine Abluftwärmepumpe.



Nordansicht



Südansicht



Dachintegrierte Photovoltaik

Architektur (PE 8)

Das Konzept sah eine behutsame Sanierung des Bestands vor. Ziel war es, den Charakter der Zeilenbebauung weitestgehend zu erhalten. Traufkantenhöhen und Dachneigungen wurden nicht verändert. Durch Umbaumaßnahmen der inneren Struktur wurden die Küchen- und Wohnbereiche zusammengelegt. Zusammen mit den bodentiefen Fenstern wird hierdurch eine Steigerung der Wohnqualität bei vergleichsweise geringem Eingriff in den Bestand erreicht.

Eigennutzungsgrad der Photovoltaik (PE 15)

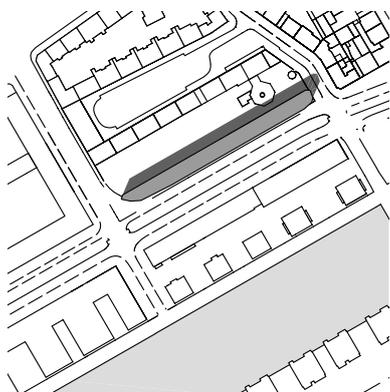
Zur Stromerzeugung wurden monokristalline Hocheffizienzmodule in die Süddachfläche (31,2 kW_p) integriert. Der Eigennutzungsgrad des erzeugten PV-Stroms wurde mit geringen Investitionskosten und dem Verzicht auf teure elektrische Speicher erhöht. Dies geschieht durch den Einsatz von zentralen Speichern (700 l) für die Heizwärme und die Nutzung von dezentralen Wärmepumpen mit Speicher für die Warmwasserbereitung. Durch die großen Speicherkapazitäten brauchen die Wärmepumpen nur betrieben werden, wenn PV-Strom zur Verfügung steht.

Lüftungsanlage (PE 30)

Die verwendete Abluftwärmepumpe zur Warmwasserbereitung funktioniert gleichzeitig auch als dezentrale Abluftanlage für die jeweilige Wohnung. Durch die Integration der Abluftanlage in die Warmwasserbereitung kann auf zusätzliche Zu- und Abluftleitungen im Gebäude weitgehend verzichtet werden. Die Nachströmung der notwendigen Zuluft erfolgt über Ventile in der Außenwand. Diese sind hinter den Niedertemperaturheizkörpern angeordnet, sodass die nachströmende Luft direkt erwärmt wird.

Aktiv-Stadthaus – die Zukunft des Geschosswohnungsbaus

Neubau Mehrfamilienhaus (74 WE) – Frankfurt am Main



Das Aktiv-Stadthaus löst gleich mehrere ungewöhnliche Aufgaben: Mietwohnungsbau auf einem sehr langen und schmalen Grundstück (160 x 9 m) unweit des Frankfurter Hauptbahnhofs, das bis dato nur als Stellplatzfläche diente. Ein großes Wohngebäude, das mit Fahrrad- und E-Carsharing-Stellplätzen im Erdgeschoss stadtgerechte Formen der Mobilität anbietet, umweltfreundliches Bauen unter Verwendung von Holzfassadenelementen und schließlich ein Gebäude mit 74 Wohneinheiten, das in der Jahresbilanz mehr Energie erzeugt, als es verbraucht. So entstand entlang der Speicherstraße auf einem, lange als unbebaubar geltenden, Grundstück im Gutleutviertel ein gestreckter, fast scheibenartiger Neubau im Effizienzhaus Plus Standard.

Die Ausrichtung der 150 Meter langen Sonnenseite des Gebäudes hin zu einer vierspürigen Straße stellte neben dem ohnehin schon schwierigen Grundstückszuschnitt die größte Herausforderung dar. Diese Schwierigkeiten konnten durch die Architektursprache gelöst werden. Die Tektonik der Fassade schafft es spielerisch, die Länge des Gebäudes zu brechen und den Straßenraum zu bereichern.

Die Fassade gliedert sich in ein öffentlich genutztes Erdgeschoss, die Hauptwohngeschosse und das Dachgeschoss mit seinem Abschluss durch das Pultdach. Die 74 Wohneinheiten sind zwischen 60 und 120 Quadratmeter groß.

Bauherr: ABG FRANKFURT HOLDING

Architektur:

HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG

Forschung: TU Darmstadt, FB Architektur, FG Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, Prof. Manfred Hegger und Steinbeis Transferzentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik, Stuttgart

Technische Gebäudeausrüstung,

Bauphysik: EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH, Stuttgart

Tragwerksplanung: B+G Ingenieure Bollinger und Grohmann GmbH, Frankfurt

Bauzeit:	24 Monate
Fertigstellung:	2015
Bauvolumen:	38.000 m ³ BRI
Kosten (KG 300 + 400):	1.442 €/m ² _{BGF}
PV Leistung/Wohnfläche:	55,7 W _p /m ²
Qualität Gebäudehülle:	0,30 W/(m ² ·K)



EnEV [kWh/(m²_{EBF}·a)]



Effizienzhaus Plus [kWh/(m²_{EBF}·a)]

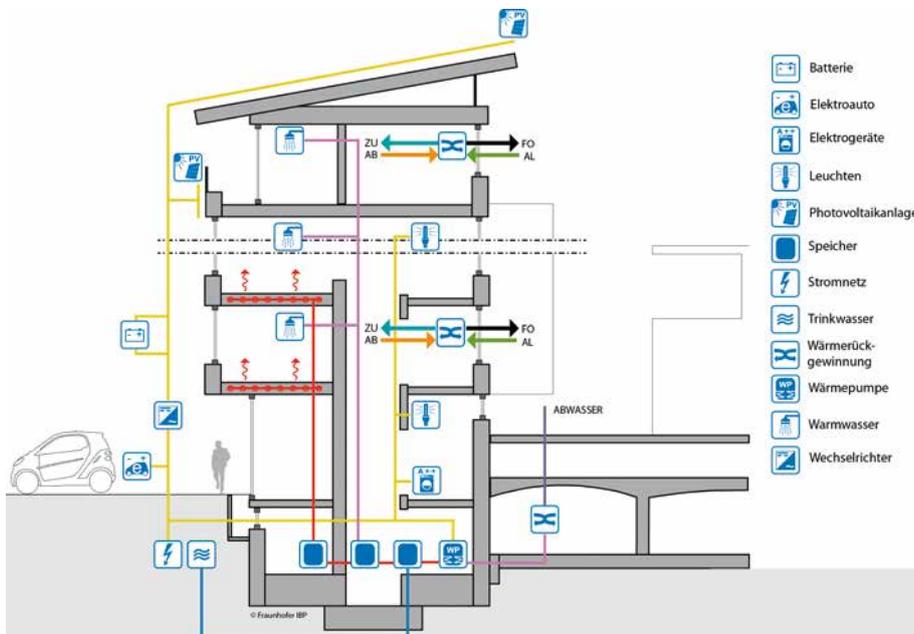


Strom

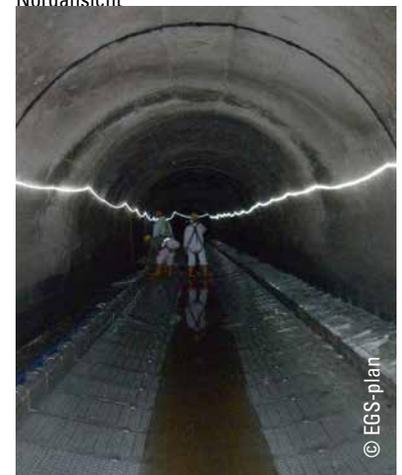


Energiekonzept

Energiebedarfsreduktion, effiziente Anlagentechnik und die Nutzung lokaler erneuerbarer Energien sind die Basis des Energiekonzeptes. Die Wärme für Heizung und Warmwasser wird durch eine elektrische Wärmepumpe erzeugt, als Wärmequelle dient dabei ein Abwasserkanal. Eine PV-Anlage mit 370 kW_p ist in Dach und Südfassade integriert. Der PV-Eigenversorgungsgrad beträgt u. a. durch den Einsatz eines Stromspeichers rund 50 Prozent.



Nordansicht



Abwasserwärmetauscher

Hybridbauweise (PE 8)

Die primäre Tragstruktur besteht aus Stahlbeton (Geschossdecken und Schottrennwänden). Das gesamte Dach sowie die Außenwandkonstruktion wurden als vorgefertigte Holzrahmenelemente ausgeführt. Die verbauten Fassadenelemente weisen eine Größe von 3 m x 12 m auf. Deren Vorfertigung ermöglichte eine hohe Präzision und Qualität. Diese Bauweise führte zu einem schnellen, ökonomischen und nicht zuletzt ökologisch sinnvollen Baufortschritt.

Abwasserwärmetauscher (PE 25)

Eine Wärmepumpe stellt die im Gebäude erforderliche Wärme für Heizung und Warmwasser zentral bereit. Als Wärmequelle kommt ein Abwasserwärmetauscher zum Einsatz. Dem Abwasser wird bei Überströmen eines Abwasserwärmetauschers Wärme entzogen. Der Abwasserwärmetauscher hat eine Länge von 55 m und eine überströmte Fläche von ca. 102 m². Die Wärmeentzugsleistung beträgt dabei rund 95 kW_{th}.

Nutzerinteraktion (PE 40)

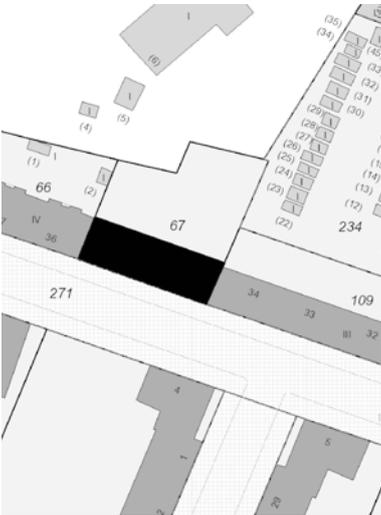
Alle Wohnungen werden mit hocheffizienten Haushaltsgeräten (u. a. Kühl- und Gefrierschrank, Waschmaschine, Trockner), mit einem auskömmlichen Budget für Heizung, Warmwasser und Elektrizität (ca. 2.000 kWh pro Haushalt) „warm“ vermietet. Der eigene Verbrauch dieses Budgets kann innerhalb der Wohnung auf einem Tablet verfolgt werden. Dadurch wird ein Überblick über den Energieverbrauch im Verhältnis zum eigenen Budget sowie im Vergleich zu allen Wohnungen im Haus in Echtzeit ermöglicht. Dies regt zu einem bewussteren Umgang mit den Ressourcen und zu Einsparungen an.



Nutzerinterface

LaVidaVerde – Baugemeinschaft ökologisch und sozial

Neubau Mehrfamilienhaus (18 WE), Berlin-Lichtenberg



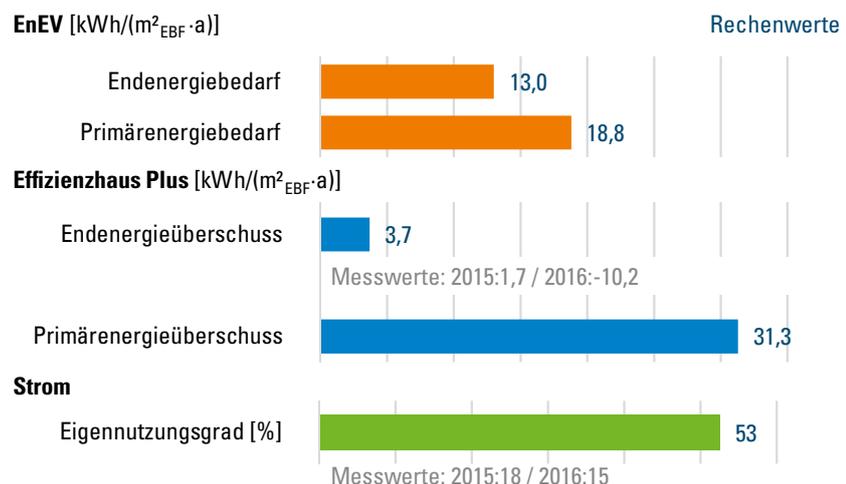
LaVidaVerde ist ein gemeinschaftsorientiertes Mehrgenerationen-Wohnprojekt im Effizienzhaus Plus Standard. Es liegt in einer reinen Wohnstraße in Berlin-Lichtenberg. Der Neubau schließt in Form einer Blockrandbebauung eine Baulücke.

Das Projekt mit 18 Wohneinheiten zwischen 38 und 90 m² als Ein- bis Vier-Zimmer-Wohnungen ist sowohl aus ökologischer als auch sozialer Sicht zukunftsweisend. Um ein Zusammenleben von mehreren Generationen zu gestalten, wurde Wert auf eine hohe Nutzerfreundlichkeit der Gesamtanlage (z. B. Barrierefreiheit, zusammenlegbare/trennbare Wohnungen, Gemeinschaftsanlagen mit Öffnung für die Nachbarschaft, Gästewohnung) gelegt. Die Grundrisse sind unter Beteiligung der zukünftigen Nutzer entstanden. Das Ökologiekonzept besteht aus der Minimierung des Verbrauchs von Wasser, Strom und Wärme, Wasseraufbereitung und optimierter Energieerzeugung auf dem Grundstück.

Ein wichtiges Ziel der Initiatoren war, bezahlbaren, ressourcen- und klimaschonenden Mietwohnraum zu schaffen.

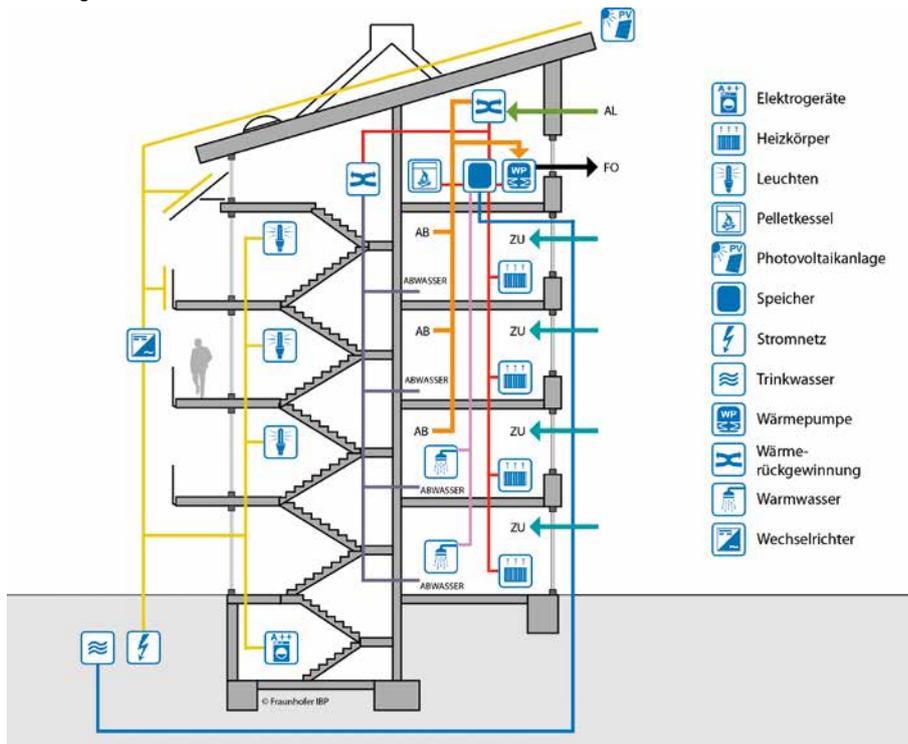
Bauherr: LaVidaVerde GmbH
Architekt: LaVidaVerde Planung,
 Dr. Beetstra + Körholz, Berlin
Technische Gebäudeausrüstung:
 Dr. Beetstra + Körholz, IB Willmann
 Brandenburg, Lufttechnik Schmeißer,
 Berlin, IB Azimut, Berlin
Monitoring: Hochschule für Technik
 und Wirtschaft Berlin

Bauzeit: 15 Monate
Fertigstellung: 2014
Bauvolumen: 6.660 m³ BRI
Kosten (KG 300 + 400): 1.010 €/m²_{BGF}
PV Leistung/Wohnfläche: 63,8 W_p/m²
Qualität Gebäudehülle: 0,24 W/(m²·K)



Energiekonzept

Das sehr gut wärmedämmte Gebäude erreicht mit dem nach Süden ausgerichteten Pultdach installierten Photovoltaik und Wärmerückgewinnung aus Abluft, Grauwasser und Außenluft den gewünschten Energieüberschuss. Die rd. 450 m² Photovoltaikfläche haben eine Leistung von 77 kW_p; an Teilen der Laubengangbrüstung ist optional eine Nachrüstung weiterer PV-Flächen möglich. Als Back-up-System zur Sicherung der Wärmeversorgung steht ein Holzpellet-kessel mit einer Nennwärmeleistung von 20 kW zur Verfügung. Die Wärme wird zusätzlich mittels einer Abluft-Wasser-Wärmepumpe mit einer Nennleistung von 6,7 kW Heizleistung erzeugt. Die gewonnene Energie wird im zentralen Wärmespeicher gespeichert, der mithilfe von Wärmetauschern Wasser für Heizung und Warmwasser erwärmt.



Dachintegrierte Photovoltaik



Photovoltaikmodule auf dem Dach



Zuluftelemente im Fensterrahmen

Grauwasseraufbereitung

Das Abwasser aus Duschen, Waschbecken, Waschmaschinen und Geschirrspülern wird in einer Grauwasseraufbereitungsanlage gereinigt und wiederverwendet. So liefert die Aufbereitungsanlage mit dreistufiger Vorklärung, Pflanzenfilter, Ultra-Membrananlage und UV-Filtration zum einen zu Trinkwasser aufbereitetes Wasser für Toiletten, Waschmaschinen, Geschirrspüler und Duschen, zum anderen Wärme, die dem Grauwasser zur Wiedernutzung im Haus entzogen wird. Regenwasser wird separat aufgefangen, in Tanks im Untergeschoss gespeichert und zur Gartenbewässerung verwendet.

Lüftungssystem (PE 30)

Die Frischluftzufuhr erfolgt über Zuluftelemente in den Fensterrahmen („Schlitze“). Dabei wird die Öffnungsklappe in Abhängigkeit der Luftfeuchte geregelt. Die Regelung erfolgt mechanisch über ein Feuchteband, welches sich in Abhängigkeit der Luftfeuchte dehnt oder zusammenzieht. Bei geschlossenem Zustand bleibt ein „Restspalt“ erhalten, um einen minimalen Luftvolumenstrom zu gewährleisten. Der Abluft aus den Wohnungen wird im Dachgeschoss mit einem Wärmetauscher sowie einer Abluft-Wasser-Wärmepumpe Wärme entzogen und dem Heizungssystem zugeführt.

Bauherren gleich Bewohner (PE 5)

Die Gruppe der vier Initiatoren ist auf 26 erwachsene (30–73 J.) und 13 jüngere (1–18 J.) Menschen angewachsen. Mit dem Projekt LaVidaVerde realisieren die Bewohner eine gemeinsam entwickelte Idee von Wohnen und Leben. Sie zeigen, wie man aktuelle ökologische und soziale Herausforderungen mit einem Wohnprojekt angehen kann. LaVidaVerde versteht sich als Leuchtturmprojekt, das seine Lösungen zu technischen und organisatorischen Fragen einer breiten Öffentlichkeit zugänglich machen möchte.

3 Planungsempfehlungen

Gebäudekonzepte wie der Effizienzhaus Plus Standard und die hiermit verbundenen Entwicklungen in Architektur und Gebäudetechnik erfordern eine enge Zusammenarbeit der Fachplaner. Nur durch diese enge Zusammenarbeit wird sowohl in der Umsetzung als auch im Betrieb ein optimiertes Ergebnis erbracht werden können.

Im dritten Kapitel der Broschüre werden Hinweise zur Optimierung der Entwicklung eines Effizienzhaus Plus Gebäudes durch integrale Planung sowie schnelle und einfache Berechnungsmethoden für die Auslegung der Anlagentechnik vorgestellt.

Die Effizienzhaus Plus Checkliste als Übersicht soll die Planungsstrategie, die alle gebäuderelevanten Anforderungen und Rahmenbedingungen umfassend berücksichtigt, sowie überschaubar darstellen. Prozessbedingt ist die zeitgleiche und fachübergreifende Planung verschiedener Disziplinen notwendig. Die hohe Komplexität, die durch einen koordinierten Planungsprozess entsteht, wird durch die Checkliste handhabbar machen.

Die danach folgenden Planungsempfehlungen umfassen neben Planungs- und Gestaltungsempfehlungen für die Gebäudehülle und Gebäudetechnik die Themen Photovoltaik sowie das technische und sozialwissenschaftliche Monitoring und Tipps zur Förderlandschaft. Eine Übersicht zu den Planungsempfehlungen finden Sie auf den Seiten 6 und 7.

Abbildung 3 (rechts):

Checkliste zur Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards

Checkliste – Der Weg zum Effizienzhaus Plus

PE 3_Check: Nutzung der Checkliste

An welchem Punkt des Bauprozesses muss was beachtet werden? Um diese Frage zu beantworten, dient die Checkliste zur Orientierung. Sie ordnet die in dieser Broschüre beschriebenen Planungsempfehlungen zur Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards den Bauphasen und der jeweiligen Zielgruppe (Architekt, Fachplaner, Handwerker, Bauherr) zu. Die Liste erleichtert damit die Berücksichtigung dieser Empfehlungen in der konkreten Planung.

Bauphase	Zielgruppe	Maßnahme	Architekt	Fachplaner	Handwerker	Bauherr	PE ID	Status
1 Grundlagenermittlung	Entscheidung	Informieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 01	<input type="checkbox"/>
		Kooperation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 02	<input type="checkbox"/>
		Abstimmung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 04	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 05	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 05	<input type="checkbox"/>
2 Vorplanung	Entscheidung	PV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 13	<input type="checkbox"/>
		Heizung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 19	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 20	<input type="checkbox"/>
		Nutzung der Freiheiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 08	<input type="checkbox"/>
		PV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 14	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 16	<input type="checkbox"/>
		Heizung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 21	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 22	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 23	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 24	<input type="checkbox"/>
3 Entwurfsplanung	Planung	Lüftung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 31	<input type="checkbox"/>
		Hülle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 09	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 10	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 11	<input type="checkbox"/>
		Erneuerbare Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 17	<input type="checkbox"/>
		Technik (TGA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 18	<input type="checkbox"/>
		Wasser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 28	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 29	<input type="checkbox"/>
		Speicher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 32	<input type="checkbox"/>
		Schritte zum Effizienzhaus Plus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 07	<input type="checkbox"/>
4 Genehmigungsplanung	Planung	PV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 15	<input type="checkbox"/>
		Strom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 34	<input type="checkbox"/>
		Heizung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 27	<input type="checkbox"/>
		Nachweis erbringen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 06	<input type="checkbox"/>
		Haushaltsgeräte suchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 35	<input type="checkbox"/>
5 Ausführungsplanung	Planung	Monitoring planen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 37	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 38	<input type="checkbox"/>
6 Vorbereitung Vergabe 7 Mitwirkung Vergabe	Realisierung							
8 Objektüberwachung	Betrieb	Monitoring durchführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 39	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 40	<input type="checkbox"/>
9 Objektbetreuung	Betrieb	Strom – alles im grünen Bereich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PE 36	<input type="checkbox"/>

Effizienzhaus Plus – das Gebäude als Kraftwerk
und Tankstelle für E-Mobilität



Planungsprozess

Ein effizientes und robustes Gebäudekonzept erfordert eine integrale/ganzheitliche Planungsstrategie, die alle gebäuderelevanten Anforderungen und Rahmenbedingungen umfassend berücksichtigt. Dadurch entsteht häufig eine hohe Komplexität, die nur durch einen koordinierten Planungsprozess handhabbar bleibt.

Das Kapitel Planungsprozess bietet Hinweise zur Optimierung der Entwicklung eines Effizienzhaus Plus Gebäudes durch integrale Planung sowie schnelle und einfache Berechnungsmethoden für den Standard.

Integrale Planung

Gebäudekonzepte wie der Effizienzhaus Plus Standard und die hiermit verbundenen Entwicklungen in Architektur und Gebäudetechnik erfordern mehr denn je eine integrale Planung aller beteiligten Fachplaner. Integrale Planung bedeutet eine ganzheitliche Betrachtung ursprünglich einzelner, für sich stehender Planungsaspekte im Gesamtkontext des Projekts. [3] Prozessbedingt ist hierbei die zeitgleiche und fachübergreifende Planung verschiedener Disziplinen notwendig. Die Expertise und Beteiligung aller Fachplaner ermöglicht eine frühzeitige, iterative Optimierung des Gebäudekonzeptes.

Bild oben:

Blick in den Zwischenraum entlang der Fassade des „Solar Decathlon 2007“-Gebäudes (Fotograf: Thomas Ott)

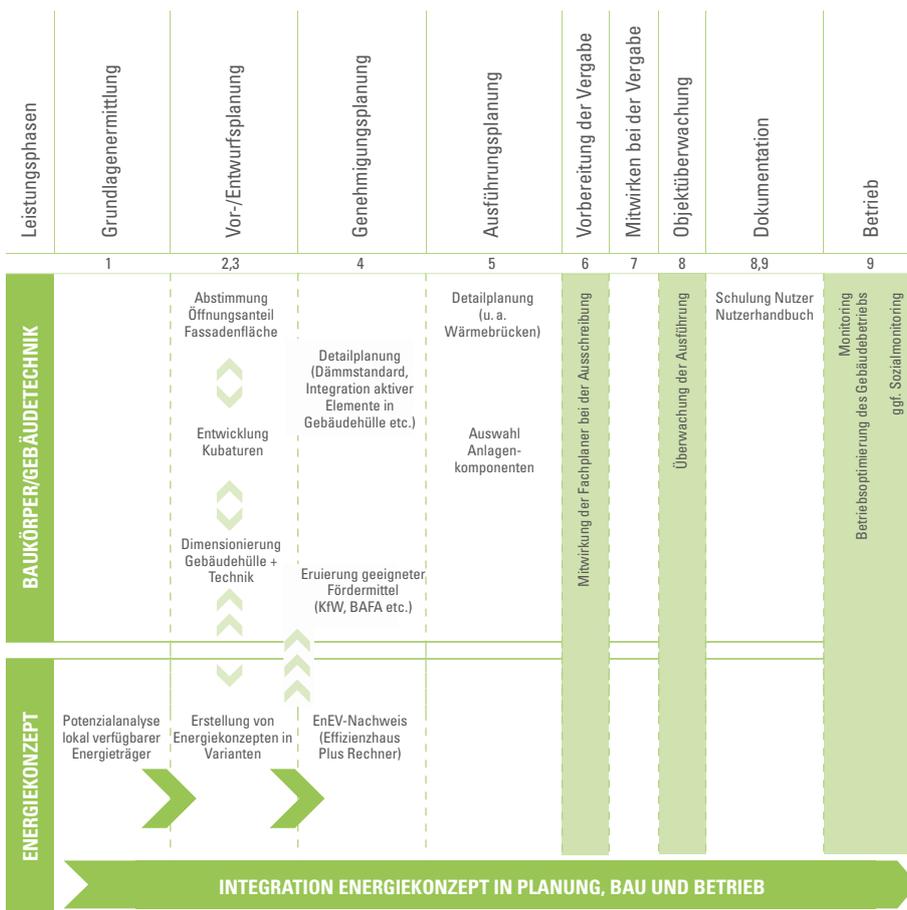
PE 4_Plan: Kooperation der Fachplaner

Die enge und fachübergreifende Kooperation von Architekten, Ingenieuren und Bauherren/Betreibern ist Grundlage für eine reibungsarme und erfolgreiche Planungs-, Ausführungs- und Betriebsphase. Kenntnisse und Erfahrungen verschiedener Experten können so von Anfang an in den Planungsprozess integriert werden. Bereits zu Projektstart greifen Gebäude- und Energiekonzeption ineinander und bedürfen der parallelen Entwicklung, sodass Abstimmungsprozesse zwischen den Bereichen der TGA-Planung sowie des Entwurfsprozesses beim Architekten und Tragwerksplaner notwendig sind.

Im Vergleich zu einer konventionellen Planungsweise ist bei einem integrativen Planungsprozess mit planerischem und koordinatorischem Mehraufwand zu rechnen. Der zeitliche Mehraufwand u. a. für Rückkopplungen und Abstimmungen muss bei der Erstellung des Rahmenterminplans berücksichtigt werden.

Eine fachübergreifende integrale Planung ermöglicht gegenüber der herkömmlichen, linearen Planung mit aufeinanderfolgenden Leistungsbildern, ein sowohl in der Umsetzung als auch im Betrieb optimiertes Ergebnis.

Die innerhalb der Leistungsphasen wichtigsten Abstimmungen gliedern sich wie folgt (projektbezogen sind weitere Aspekte hinzuzufügen):



Praxistipps:

- › Zeitliche Berücksichtigung von Planungsmehraufwand in der Terminplanung
- › Iterative Abstimmungsprozesse zwischen Architekt und Fachplaner sind zu berücksichtigen.
- › Konkrete Hinweise zum Vorgehen in der integralen Planung sind im folgenden Abschnitt zu finden. (siehe PE 5).

Abbildung 4: Integrale Planung – Darstellung der Planungsphasen für einen Neubau im Effizienzhaus Plus Standard

Der Grad der Beeinflussung von Parametern im Planungsprozess sinkt mit dem Planungs- und Baufortschritt. Entgegengesetzt hierzu entwickelt sich der Kostenverlauf bei einem Bauwerk. Dies begründet die wirtschaftlichen Vorteile von Entscheidungen, die früh im Planungsprozess getroffen werden.

Konventionell geplante Gebäude erreichen ihren maximalen Informationsstand zwischen den Leistungsphasen (LPH) 4 und 6. Bei einer integralen Planung ist dies bereits zwischen LPH 2 und 3 der Fall. [4]

PE 5_Plan: Beachtung der Abstimmungsprozesse

In den Leistungsphasen stellen sich die wichtigsten Abstimmungsprozesse einer integrativen Planung zur Errichtung eines Gebäudes im Effizienzhaus Plus Standard wie folgt dar:

Leistungsphase 1

Grundlagenermittlung

Mit der Grundlagenermittlung werden Erkenntnisse gewonnen, die den Rahmen für mögliche Energiekonzepte vorgeben. Die Potenzialanalyse und Ermittlung lokal verfügbarer Energie- sowie Abwärmequellen zeigen die unterschiedlichen Wege für eine regenerative Energieversorgung auf. In den folgenden Leistungsphasen sind die sich hieraus ergebenden Möglichkeiten der Energiekonzepte mit dem Gebäudeentwurf abzustimmen (siehe PE 12).

Leistungsphase 2/3

Vor- und Entwurfsplanung

Die Vor- und Entwurfsplanung ist von der Entwicklung der Energiekonzeption und des Gebäudeentwurfs geprägt. So werden die zu erwartenden Energiebedarfe eines Gebäudes bereits in der Vorentwurfsplanung ermittelt. In einem iterativen Prozess werden Kubatur, Positionierung und Ausrichtung sowie die Gebäudehülle (Dämmstandard, Fensterflächenanteil, Verschattung) im Hinblick auf Komfort, Tageslichtnutzung, Vermeidung von Überhitzung und Minimierung der Wärme-/Kälte-/Strombedarfe optimiert (siehe PE 9 bis PE 11 und PE 14).

Nach der Ermittlung des Energiebedarfs (Wärme, Kälte, Strom) ist zu prüfen, wie dieser mit den zur Verfügung stehenden Quellen und Technologien gedeckt werden kann. (siehe auch PE 12). Fragestellungen sind u. a.: Wie groß sind die nutzbaren solaraktiven Flächen und wo stehen diese zur Verfügung (Dach, Fassade, Grundstück)? Werden diese verschattet? Bestehen Anschlussmöglichkeiten an bestehende Energieinfrastrukturen (Strom, Gas, Fernwärme)? Welche Wärmequellen stehen beispielsweise für den Betrieb von Wärmepumpen zur Verfügung? Ist aus den hier gewonnenen Erkenntnissen mit einer Rückkopplung auf den Gebäudeentwurf (Kubatur, Ausrichtung, Fensterflächenanteil) zu rechnen?

Der Aufwand einer schrittweisen Optimierung und Betrachtung in Varianten ist hoch und wächst mit der Größe des Gebäudes und der Komplexität der Umgebung. Dabei ist grundsätzlich zwischen einer erhöhten Planungsleistung und den gegebenenfalls zu erzielenden geringeren Betriebskosten abzuwägen.

Leistungsphase 4

Genehmigungsplanung

Zur Erstellung des Bauantrags ergibt sich mit dem erforderlichen EnEV-Nachweis auf Basis der Berechnung gemäß DIN 18599 kein Mehraufwand. Hingegen kann es bei der Anwendung von Photovoltaikmodulen im Fassaden- und Dachbereich aufgrund fehlender Brandschutzklassifizierungen zu Verzögerungen der Genehmigung kommen. [5] Bei Energiekonzepten, die Fließwasser, Grundwasser oder oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden) als Wärmequelle nutzen, ist mit einem längeren Genehmigungsprozess zu rechnen (siehe PE 25).

Ausführungsplanung

Leistungsphase 5

Bereits vorgezogene Planungen und Betrachtungen, wie z. B. der Photovoltaikanlage, führen zu einer Verkürzung der eigentlichen Ausführungsplanung, da in der Detailplanung auf dieser Grundlage aufgebaut werden kann. Die detaillierte Planung der Gebäudehülle und Anlagentechnik ist mit dem Aufwand eines konventionellen Gebäudes in EnEV-Standard mit PV-Anlage vergleichbar.

Vorbereitung der Vergabe

Leistungsphase 6

Die Fachplaner erstellen die Ausschreibung. Daraus können sich Änderungen im Gebäudeentwurf ergeben, weshalb eine Rückkopplung mit der Planung unumgänglich ist.

Mitwirkung bei der Vergabe

Leistungsphase 7

Die durch die Ausschreibung eingeholten Alternativangebote sind im Hinblick auf das Energiekonzept zu prüfen. Eventuell ist eine erneute Berechnung des Energiekonzeptes unter alternativen Parametern (wie z. B. geänderten Fensterqualitäten) notwendig, um sicherzugehen, dass die angebotene Alternative das gewünschte Ziel erreichen.

Objektüberwachung

Leistungsphase 8

Die Objektüberwachung und Bauleitung sichern die Qualität der Ausführung und deren Übereinstimmung mit den Ausführungsunterlagen.

Dokumentation

Leistungsphase 8/9

Um zu gewährleisten, dass die Konzeption des Gebäudes vom Nutzer verstanden und das Gebäude sachgemäß bedient wird, ist diese bei Übergabe zu erläutern. Zudem sichert eine Dokumentation als „Nutzerhandbuch“ langfristig ab, dass die Informationen weitergetragen werden und nicht verloren gehen. Darüber hinaus sind für den Bereich TGA u. a. folgende Leistungen zu erbringen: technische Abnahme, Funktionskontrolle und Einrichtung eines technischen Monitorings.

Betrieb

Leistungsphase 9

Mit der Begleitung des Betriebs durch ein Monitoring kann die Performance des Gebäudes bewertet und Feinjustierungen vorgenommen werden. Die Erfahrung realisierter Projekte weist darauf hin, dass ein bedeutendes Einsparpotenzial in der Betriebsoptimierung in den ersten Jahren liegt. Entsprechende Betriebskosteneinsparungen können erzielt werden. Die Übergabe des Monitorings nach der Inbetriebnahmephase an ein fundiertes Facility Management ist wünschenswert, um Unregelmäßigkeiten im weiteren Betrieb frühzeitig zu erkennen und zu beheben. Bei Einfamilienhäusern kann das Monitoring aufgrund der geringeren Komplexität in der Regel durch die Nutzer erbracht werden (siehe PE 37 und PE 39).

Effizienzhaus Plus Nachweis

PE 6_Plan: Die Effizienzhaus Plus Bewertungsmethode

Der Nachweis des Effizienzhaus Plus Standards erfolgt auf Basis definierter Bewertungsmethoden. Folgende Rahmenbedingungen sind zu beachten:

- › End- und Primärenergieüberschuss
- › Berücksichtigung des Nutzerstroms
- › Berücksichtigung der lokalen, erneuerbaren Energieerzeugung
- › Haushaltsgeräte der höchsten Effizienzklasse

Anforderungen

Hauptanforderung: Energieüberschuss

Der Effizienzhaus Plus Standard ist erreicht, wenn ein bilanzieller jährlicher Energieüberschuss von End- und Primärenergie erreicht wird. Der Energieüberschuss wird berechnet, indem vom Energiebedarf die lokale, erneuerbare Energieerzeugung abgezogen wird. Ist die Erzeugung größer als der Bedarf, ist ein Überschuss vorhanden.

Nebenanforderung: Geräte mit höchstem Energieeffizienzlabel

Ein Effizienzhaus Plus ist durchgängig mit Geräten des höchsten Energieeffizienzlabels (siehe PE 35) und intelligenten Energiezählern auszustatten. Zusätzlich kann der erforderliche Beleuchtungsstrom durch die Verwendung von LED-Beleuchtung reduziert werden.

Zusatzinformation: Eigennutzungsgrad der generierten erneuerbaren Energien

Ergänzend ist das Verhältnis von selbstgenutzter zu generierter erneuerbarer Energie innerhalb der Bilanzgrenze und des Bilanzzeitraumes (Jahr) auszuweisen. Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an die EnEV-Bewertung auf der Basis monatlicher Energiebilanzen, bei denen die erneuerbare Energie maximal in Höhe des monatlichen Energiebedarfs angerechnet werden kann.

Bewertungsmethode

Nachweis: Erweiterter EnEV-Nachweis nach DIN V 18599

Der Nachweis ist in Anlehnung an die aktuell gültige EnEV nach der DIN V 18599 zu führen. Der Überschussstrom ist analog dem Verdrängungsstrommix zu bewerten. Für die Nachweisführung ist der Referenzstandort nach EnEV zu verwenden. Zusätzlich ist der Nutzerstrombedarf in Höhe von 20 kWh/(m²·a) anzusetzen. Der Flächenbezug für die Berechnung des Nutzerstroms ist dabei die Wohnfläche (siehe Abbildung 5).

Bilanzgrenze: Grundstücksgrenze

Als Bilanzgrenze ist das Grundstück, auf dem das Gebäude errichtet wird, anzusehen. Das Grundstück ist durch die dem Gebäude zugeordnete Gemarkungsgrenze im Grundbuch definiert. Sofern mehrere Gebäude auf dem Grundstück stehen, sind die „on-site“ generierten erneuerbaren Energiemengen nutzflächenanteilig den einzelnen Gebäuden zuzuordnen.

Rechenhilfe

Für eine standardisierte Berechnung eines Effizienzhauses Plus steht im Internet eine kostenfreie Software zur Verfügung (<http://www.effizienzhaus-plus-rechner.de/>).

Abbildung 5 (rechts):

Effizienzhaus Plus Ausweis, Projekt:
Sanierung Einfamilienhaus, Stuttgart
(siehe Kapitel 2) [6]

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

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

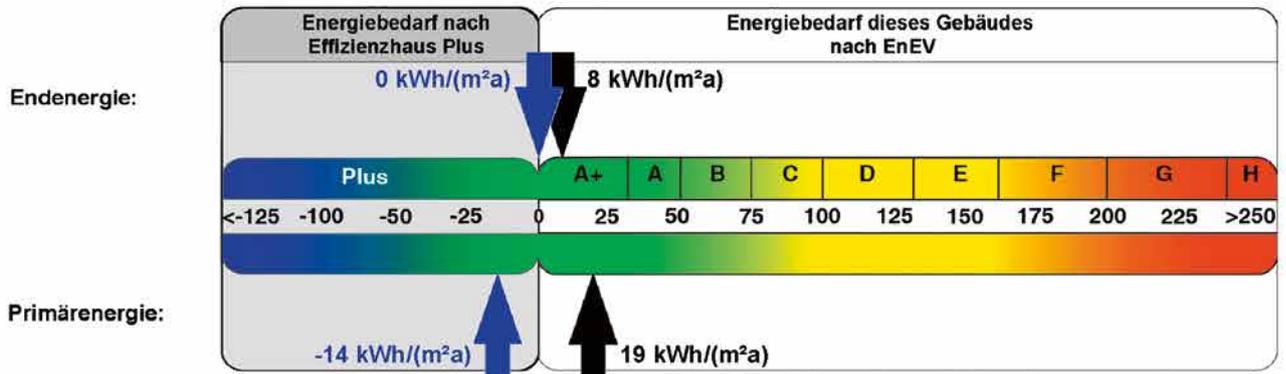
Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ¹ 10.01.2017

(oder: "Registriernummer wurde beantragt am ...")

2

Energiebedarf nach Effizienzhaus Plus und EnEV



Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren:

Nach Effizienzhaus Plus Bewertung (BMUB)

Energiebedarf nach Effizienzhaus Plus Bewertung

Endenergie: 0 kWh/(m²·a)

Primärenergie: -14 kWh/(m²·a)

Anforderungen gemäß EnEV ²

Primärenergiebedarf

Ist-Wert 19 kWh/(m²·a) Anforderungswert 143 kWh/(m²·a)

Energetische Qualität der Gebäudehülle H_f

Ist-Wert 0,35 W/(m²·K) Anforderungswert 0,42 W/(m²·K)

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) eingehalten

Endenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

Energieträger	Gebäudetechnik nach DIN V 18599	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²a) für				Bedarf nach Effizienzhaus Plus	Eigennutzungsgrad [%]
		Nutzerstrom ³	Netzbezug	Netzeinspeizung			
Strom	8,6	5,6	14,2	-14,3	-0,1		
Summe	8,6	5,6	14,2	-14,3	-0,1	50,7	

Endenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

-0,1 kWh/(m²·a)

Primärenergiebedarf nach Effizienzhaus Plus

-14,5 kWh/(m²·a)



PLUS EffizienzHaus

Fraunhofer IBP

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Definition:

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

Bewertungsmethode:

Die Nachweise sind in Anlehnung an die aktuell gültige Energieeinsparverordnung (EnEV) nach der DIN V 18599 zu führen. Allerdings müssen in Ergänzung zur Nachweisprozedur der EnEV die End- und Primärenergiebedarfswerte für die Wohnungsbeleuchtung und für die Haushaltsgeräte und -prozesse in der Berechnung mitberücksichtigt werden. Für Einfamilienhäuser ist dabei ein pauschaler Endenergie wert von 20 kWh/m²a (davon Kochen: 3 kWh/m²a) jedoch maximal 2.500 kWh/a je Wohneinheit anzunehmen. Für Mehrfamilienhäuser ist dabei ein pauschaler Endenergie wert von 35 kWh/m²a (davon Kochen: 5 kWh/m²a) jedoch maximal 2.500 kWh/a je Wohneinheit anzunehmen. 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“).

¹ siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises

³ Nutzerstrom (Elektrische Geräte und -prozesse)

² nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des §16 Absatz 1 Satz 3 EnEV

Schritte zum Effizienzhaus Plus

PE 7_Plan: Effizienzhaus Plus Standard einfach bewerten

Der Effizienzhaus Plus Standard ermöglicht in wenigen Schritten eine Abschätzung, ob mit der geplanten Gebäudehülle und Anlagentechnik ein bilanzieller Energieüberschuss zur Erreichung des Effizienzhaus Plus Standards erzielt wird.

Die dargestellte Schritt-für-Schritt-Anleitung ist ein Rechenbeispiel für ein Einfamilienhaus mit einer Energiebezugsfläche von 200 m² (Wohnfläche = 180 m²). Die Gebäudehülle des Beispielobjektes entspricht den KfW Effizienzhaus 55 Anforderungen und besitzt eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung sowie eine Photovoltaikanlage auf dem Süddach. Zur Wärmeerzeugung kommt eine Wärmepumpe mit Erdsonden zum Einsatz.

Schritt 1: Wärmebedarfsermittlung

- > Heizwärmebedarf = Flächenbezogener Heizwärmebedarf · Energiebezugsfläche
 = 40 kWh/(m²·a) · 200 m² = 8.000 kWh/a
 (Wärmebedarf ab Erzeuger, siehe PE 19)
- > Warmwasserbedarf = Flächenbezogener Warmwasserbedarf · Energiebezugsfläche
 = 13 kWh/(m²·a) · 200 m² = 2.600 kWh/a
 (Wärmebedarf ab Erzeuger: Nutzenergiebedarf von 8,5 kWh/(m²·a) + 50 % Speicher- und Verteilverluste, siehe PE 28)

Schritt 2: Berechnung des Endenergiebedarfs

- > Strombedarf Heizwärme = Heizwärmebedarf/JAZ HW
 (Annahme JAZ (→Glossar) HW = 4,5)
 = 8.000/4,5 = 1.780 kWh/a
- > Strombedarf Warmwasser = Warmwasserbedarf/JAZ WW
 (Annahme JAZ (→Glossar) WW = 3)
 = 2.600 kWh/a/3 = 870 kWh/a
- > Strombedarf Lüftung = Lüftungsstrombedarf (siehe PE 31) · Energiebezugsfläche
 = 2 kWh/(m²·a) · 200 m² = 400 kWh/a
- > Strombedarf Hilfsstrom = Hilfsstrombedarf · Energiebezugsfläche
 = 3 kWh/(m²·a) · 200 m² = 600 kWh/a
- > Strombedarf Nutzerstrom = Nutzerstrombedarf · Wohnfläche
 = 20 kWh/(m²·a) · 180 m² = 3.600 kWh/a
- > Gesamtstrombedarf: **7.250 kWh/a**

Schritt 3: Berechnung der lokalen, erneuerbaren Energieerzeugung

Das Pultdach hat eine Bruttofläche von 80 m² und soll mit monokristallinen Zellen belegt werden. Auf 80 Prozent der Bruttodachfläche können PV-Module installiert werden.

- › Berechnung der installierbaren Leistung = (Fläche · Ausnutzung)/Flächenbedarf pro kW_p
(siehe PE 14)
= (80 m² · 80 %)/6,5 m²/kW_p = 9,8 kW_p
- › Berechnung PV-Stromertrag = Installierte Leistung · Stromertrag pro kW_p
(siehe PE 14)
= 9,8 kW_p · 950 kWh/(kW_p · a) = 9.300 kWh/a

Schritt 4: Ermittlung des bilanziellen Energieüberschusses

Der bilanzielle Endenergieüberschuss wird berechnet, indem die Differenz aus dem Endenergiebedarf aus Schritt 3 und der lokalen Energieerzeugung aus Schritt 4 gebildet wird.

- › Endenergieüberschuss = Lokale erneuerbare Erzeugung – Endenergiebedarf
= 9.300 kWh/a – 7.250 kWh/a = 2.050 kWh/a
(entspricht 10,3 kWh/(m²·a))

Ist die lokale erneuerbare Energieerzeugung größer als der Bedarf, ist das Effizienzhaus Plus Ziel erreicht (siehe Abbildung 6)!

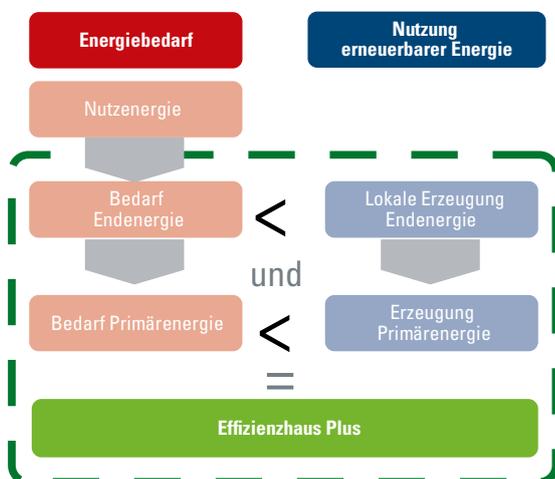


Abbildung 6: Energetische Anforderungen zur Erreichung des Effizienzhaus Plus Standards

Schritt 5: Optimierung

Wird im ersten Rechengang der Energieüberschuss nicht erreicht, müssen die Randbedingungen projektspezifisch angepasst werden. Zur Verbesserung der Energiebilanz ist beim Effizienzhaus Plus Standard eine frei wählbare Optimierung im Bereich der Bedarfsreduktion (z. B. Transmissions- und Lüftungswärmeverluste) oder bei der Erhöhung der lokalen erneuerbaren Energieerzeugung erlaubt.

Entwurf

PE 8_Plan: Freiheiten beim Gebäudeentwurf

Erst passive, dann aktive Maßnahmen

Der Gebäudeentwurf soll auf die gewünschte Nutzung ausgerichtet sein und auf Anforderungen und Gegebenheiten des Ortes reagieren. Die Energieeffizienz kann durch eine geschickte Formgebung, ein ausgewogenes Verhältnis von Offenheit und Abschluss sowie von Transparenz und Masse und durch Dämm- und Speichereigenschaften gesteigert werden. Eine Beschränkung auf die Optimierung nur einer dieser Aspekte ist nicht zielführend.

Erst danach kommt die Nutzung der aktiven Potenziale ins Spiel (siehe PE 18).

Veränderung der Bauaufgabe

Für alle Beteiligten ist die Integration aktiver Elemente, wie z. B. der Photovoltaik in die Gebäudehülle, eine neue Herausforderung. So erhält der kreative Entwurfsprozess durch die energetische Dimension neue Impulse. Die Bauaufgabe erweitert sich um die Auseinandersetzung mit den besonderen Umwelt-, Witterungs- und Versorgungsbedingungen. Damit erhöht sich die Komplexität der Planungskriterien. Es gibt keine Standardlösungen. Vielmehr sind nutzer-, standortgerechte und wirtschaftliche Lösungen gefragt, die eine intensive Zusammenarbeit von Architekten und Fachplanern von Beginn der Planung an erfordern (siehe PE 4). Die neuen Herausforderungen verlangen einen Abschied von jahrzehntelang eingeübten Verhaltensmustern, Standards und Sicherheiten. Im Hinblick auf die Herausforderungen der Energiewende, des Klimaschutzes und der Versorgungssicherheit sind Veränderungen notwendig.

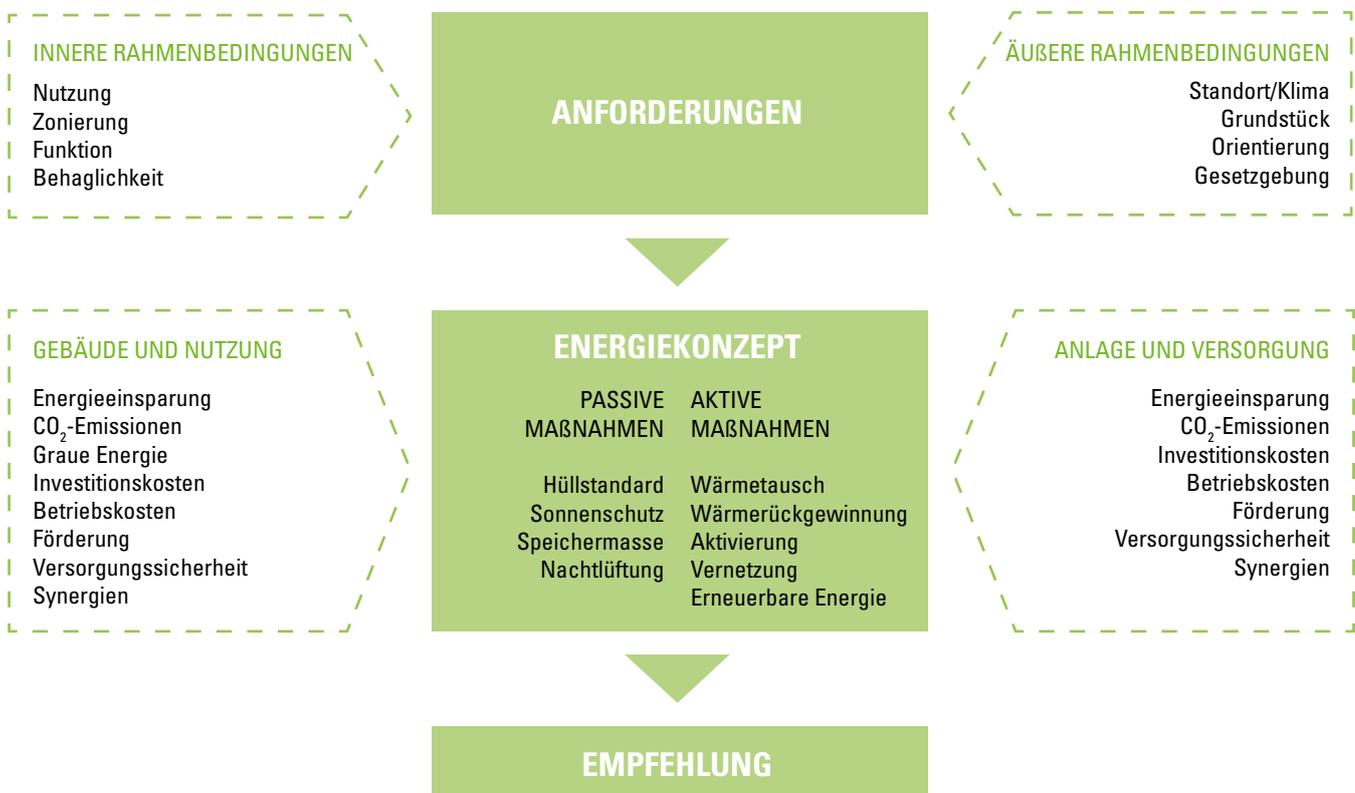


Abbildung 7:

Strategisches Vorgehen zur Empfehlung eines Gebäudeenergiekonzeptes auf Grundlage der spezifischen Nutzung und des konkreten Ortes (modifiziert nach [7])



Gebäudehülle

Der Effizienzhaus Plus Standard ist eine Weiterentwicklung bisheriger etablierter Gebäudeenergie-Standards (z. B. KfW Effizienzhaus 55, 40). Die Gebäudehülle und das Energiekonzept können innerhalb der Vorgaben einer positiven jährlichen Jahresprimär- und Endenergiebilanz frei gestaltet werden. Chancen für den kreativen Planungsprozess ergeben sich durch Freiheiten bei der Wahl der Dämmstandards (unter Beachtung der gesetzlichen Mindestanforderungen – derzeit EnEV; zukünftig GEG) und der gegebenen Technologieoffenheit. Diese Flexibilität ermöglicht neue Planungsansätze und Gebäudeformen, die das Wohlbefinden der Nutzer in den Vordergrund stellen und nicht vornehmlich einer Minimierung der Hüllfläche folgen müssen. Der Bezug zum Ort der Bauaufgabe erweitert sich um die Beachtung von Umwelt-, Witterungs- und Versorgungsbedingungen.

Dem Effizienzhaus Plus Standard liegt eine Gebäudehülle mit am Markt verfügbaren Komponenten zugrunde, welche etabliert und erprobt sind. Die gestalterische Einbindung der Gebäudetechnologie stellt die Herausforderung des Standards dar. Architektur und Energiekonzeption sind hierbei nicht mehr losgelöst voneinander zu betrachten, sondern bedingen sich gegenseitig und müssen im Planungsprozess sorgsam abgewogen werden. Durch aktivierte Dach- und Fassadenflächen kommt der Gebäudehülle zusätzliche Bedeutung zu.

Bild oben:

Energieplus-Mehrfamilienhaus in Frankfurt-Riedberg (Quelle: HHS PLANER + ARCHITECTEN AG, Fotograf: Constantin Meyer)

Architektonische Integration von Photovoltaik

PE 9_Hülle: Planungsgrundsätze solaraktiver Gebäudehüllen

Ästhetische Qualität

Sowohl im Bestand wie im Neubau stellt sich die Frage nach einer gelungenen Integration von aktiven Energiegewinnungssystemen in die Gebäudehülle. Bei Sanierungsprojekten sollte dies nach der Maxime „Keine Veränderung ohne Verschönerung“ [8] gelten. Die sensible Integration der Gebäudetechnik und ein attraktives Erscheinungsbild müssen das Ziel sein, denn die Akzeptanz der Nutzung erneuerbarer Energien hängt wesentlich von der Qualität der Integration in die Gebäudehülle ab.

Neue Planungsaspekte

Die gestalterische Integration aktiver Elemente beschäftigt vornehmlich den Architekten im Planungsteam. Die Betrachtung von Photovoltaikanlagen als integrativer Teil der Gebäudehülle bringt neue Abhängigkeiten mit sich. Es sind Modul- bzw. Kollektorgößen zu berücksichtigen. Im Fassadenbereich sind Öffnungsmaße und Raster der Module/Kollektoren aufeinander abzustimmen. Individuelle Modulgrößen sind als Sonderanfertigung mit entsprechendem Aufpreis erhältlich. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Verwendung von Standardmodulen mit entsprechenden Rastermaßen die kostengünstigste Variante. [9] Heutzutage sind fertige Fassadensysteme, die eine Integration der Photovoltaik über vorgehängte hinterlüftete Fassadensysteme erlauben, verfügbar.

Da Photovoltaikmodule als brennbar eingestuft sind, ist bei größeren Anlagen auf entsprechende Brandabschnitte (gemäß MBO < 40 m) zu achten. Diese müssen einen Abstand von mindestens 1,5 m zueinander aufweisen. [5]

Die Planung von Photovoltaik-Anlagen ist bereits in den ersten Leistungsphasen zu berücksichtigen. Diese haben u. a. Auswirkungen auf:

- › Erreichung des Effizienzhaus Plus Standards
- › Energiekonzept
- › Gebäudekubatur
- › Fensterflächenanteil
- › Rastermaße der Fassade
- › Ausbildung der Oberflächen/Gestaltung
- › Brandschutz
- › Detailplanung
- › Baukosten

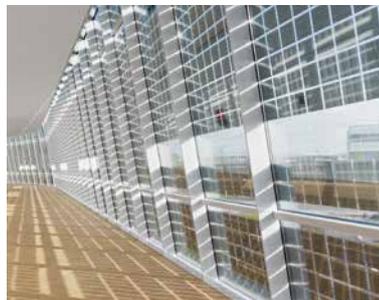


Abbildung 8:

Beispiele zur architektonischen Integration von Photovoltaik in Dach und Fassade
(Quellen – o. l., m. l. und u. l.: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG, Fotograf: Constantin Meyer, o. r.: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG, m. r. und u. r.: Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch, Fotograf: Erich Spahn)

Gebäude-Kubatur

PE 10_Hülle: Optimale Gestaltung der Kubatur (Energiegewinnung vs. -verluste)

Entwicklung der Gebäudeform

Die Bauform entwickelt sich nicht allein aus städtebaulichen, funktionalen und gestalterischen Erwägungen, sie ist auch abhängig von den ortsspezifischen, klimatischen Gegebenheiten und den energetischen Zielgrößen. Nicht nur bezüglich der Dämmqualität der Hülle, sondern auch vor dem Hintergrund der passiven und aktiven Energiegewinnung entscheidet die Kubatur des Gebäudes mit darüber, ob der Effizienzhaus Plus Standard erreicht werden kann. Es muss nicht zwingend das niedrigste A/V-Verhältnis der optimale Weg sein. Vielmehr ist der für das jeweilige Projekt angemessene Weg zwischen minimaler Hüllfläche und maximaler solaraktiver Fläche zu finden.

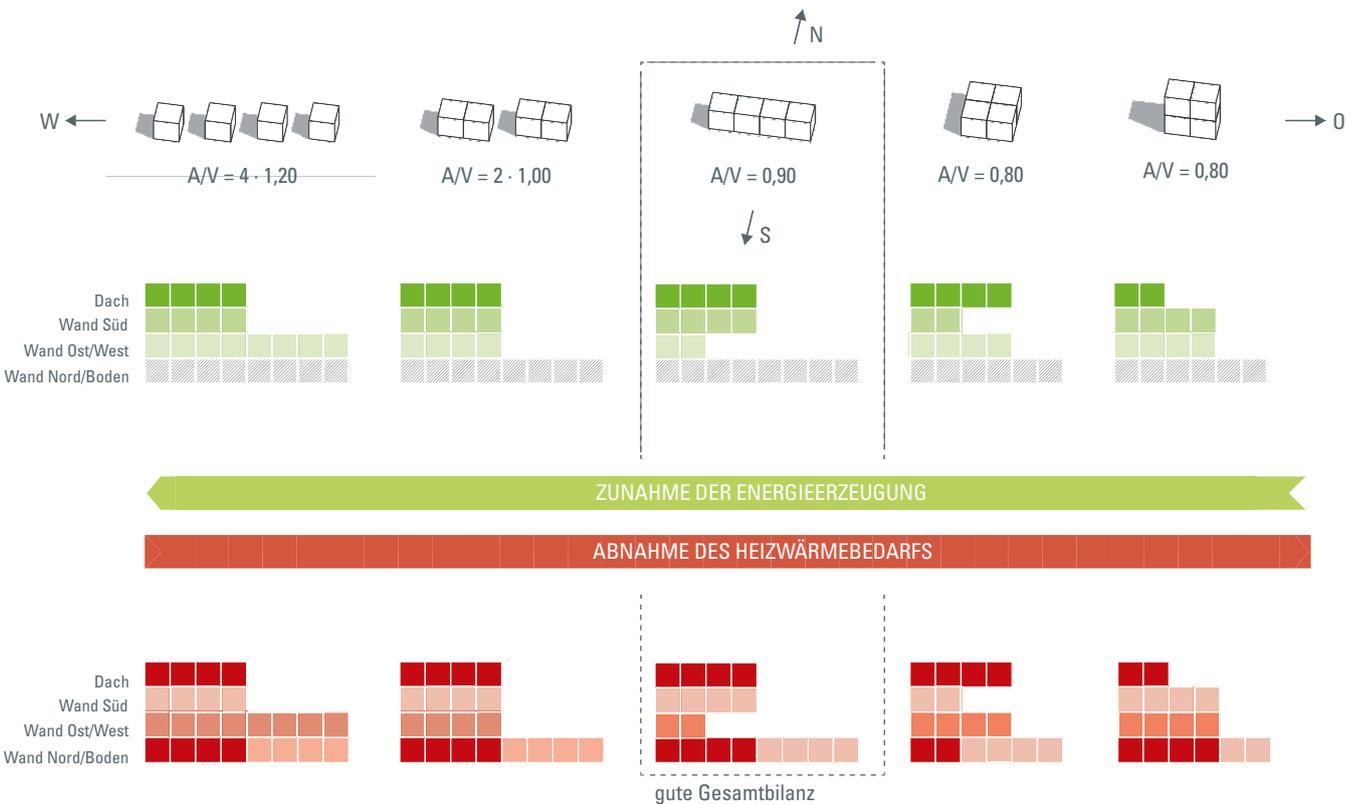
Unterschiede zwischen Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern

Bei Einfamilienhäusern (EFH) ist im Vergleich zu Mehrfamilienhäusern (MFH) eine ausgeglichene Jahresnetto Bilanz von Energiebedarf und Gewinnung regenerativer Energie an der Gebäudehülle relativ einfach zu erzielen. Bei EFH liegt das Verhältnis von solaraktiv nutzbaren Dachflächen zur Energiebezugsfläche typischerweise bei 1 : 3, bei Mehrfamilienhäusern 1 : 5 und bei Hochhäusern mindestens bei 1 : 18. Betrachtet man die zur Verfügung stehende Fassadenfläche so ist das Verhältnis wie folgt: EFH 1 : 3, MFH 1 : 8 und Hochhäuser 1 : 8. [5] In Summe beträgt das Verhältnis bei Einfamilienhäusern 2 : 3. Bei Mehrfamilienhäusern beträgt dies 1 : 3. Entsprechend spielt die Kubatur bei größeren Gebäuden eine entscheidende Rolle bei der Erfüllung des Effizienzhaus Plus Standards (siehe Abbildung 9).

Im Verhältnis zu einem EFH trifft 1 m² Photovoltaikfläche bei einem MFH auf eine mehrfach größere Energiebezugsfläche. Dies bedingt:

- Senkung der Bedarfe
- Maximierung des solaren Ertrags (u. a. durch Ausweitung, Optimierung der Neigung und Ausrichtung der solaraktiven Flächen, Erhöhung des Modulwirkungsgrades)

Aufgrund von Verschattungen der Fassadenflächen durch höhere Gebäude sind in städtischer Umgebung vornehmlich die Dachflächen für PV-Anlagen zu nutzen.



Potenzial Energieerzeugung durch die Hülle

- hoher Ertrag (Dach)
- mittlerer Ertrag (Wand Süd)
- niedriger Ertrag (Wand Ost/West)
- kein Ertrag (Wand Nord/Boden)

Heizwärmebilanz der Hülle

- hoher Verlust (Dach/Wand Nord)
- mittlerer Verlust (Wand Ost/West)
- niedriger Verlust (Wand Süd/Boden)

Abbildung 9:

Darstellung des Potenzials der Energieerzeugung mittels solarer Aktivierung der Gebäudehüllfläche im Vergleich zum Heizwärmebedarf. Aufgezeigt wird dieser Vergleich für unterschiedlich kompakte Gebäudetypologien. [7]

Fensterflächenanteil und Verschattung

PE 11_Hülle: Optimale Abstimmung zwischen Fensterflächenanteil und Verschattung

Der Fensterflächenanteil eines Gebäudes ist hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes angemessen zu wählen. Trotz Einsatz eines effektiven Sonnenschutzes ist der sommerliche Wärmeeintrag über eine Fensterfläche gegenüber einer Wandfläche um ein Vielfaches höher. Bei Vergrößerung des Fensterflächenanteils ist entsprechend von einer Erhöhung der Wärmelasten auszugehen.

Die Planung transparenter Flächen sollte in Bezug auf deren Ausrichtung in Abstimmung mit dem gewählten Sonnenschutz, mit eingesetzten Glasqualitäten und Komfortwünschen erfolgen. Abzuwägen sind technische (passive Energiegewinne, Tageslichtnutzung, etc.) wie auch ästhetische Aspekte (Durchsicht, Ausrichtung etc.). Die Obergrenzen eines sinnvollen Verglasungsanteils liegen für die Südfassade bei 50 Prozent sowie für die Ost- und Westfassade bei 30 Prozent. Die Nordfassade hat für den sommerlichen Wärmeschutz eine geringere Bedeutung. [3]

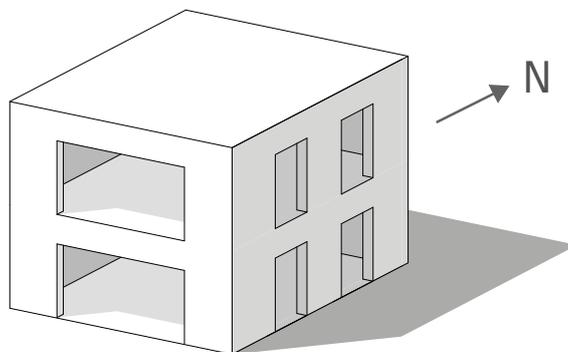


Abbildung 10:

Maximaler Fensterflächenanteil 50 Prozent der Süd- sowie 30 Prozent der Ost- und Westfassade

Sonnenschutz

Transparente Hüllflächen bedürfen, um den sommerlichen Wärmeschutz zu gewährleisten, einer effektiven Verschattung. Eine thermische Gebäudesimulation ist zur Bewertung und Auswahl einer adäquaten Verschattung anzuraten. Die Kombination von Leichtbau, hohem Fensterflächenanteil und wenig effektiver Verschattung kann zu erheblichen Überschreitungen der nach DIN 4108 zulässigen Übertemperaturgradstunden mit entsprechenden Komforteinbußen für den Nutzer führen.

Bewegliche sowie feste Verschattungssysteme sind in einer Vielzahl von Ausführungen machbar. Ebenso kann baulicher Sonnenschutz (z.B. Dachüberstand) oder der gezielte Einsatz von Bepflanzung eine Lösung sein. (siehe Abbildung 11)

Abbildung 11:

Beispiele für die Umsetzung des Sonnenschutzes für Fenster (Quellen: links: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG, Fotograf: Constantin Meyer; rechts: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch, Fotograf: Erich Spahn)





Lokale erneuerbare Energieerzeugung

Für die Realisierung eines Effizienzhaus Plus Gebäudes bedarf es der Nutzung lokaler erneuerbarer Energiequellen auf dem Grundstück. In der Regel sind dies auf der Stromseite Photovoltaikanlagen sowie auf der Wärmeseite Solarthermie und Umweltwärme in Kombination mit Wärmepumpen (z. B. Geothermie, Außenluft, Grundwasser etc.). Die Integration dieser in das Gestaltungs- und Energieversorgungskonzept von Gebäuden ist gleichzeitig Aufgabe und Herausforderung für Architekten und Fachplaner. Im Folgenden werden Methoden und Ansätze aufgezeigt, um erneuerbare Energien erfolgreich in die Gebäudekonzepte einzubinden.

Bild oben:

Aktivstadthaus in Frankfurt
(Quelle: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG,
Fotograf: Constantin Meyer)

Potenzialanalyse

PE 12_EE: Durchführung einer Potenzialanalyse

Bei der Planung von Gebäuden im Effizienzhaus Plus Standard sollten die Erfahrungen aus den bereits realisierten Projekten berücksichtigt werden (siehe Kapitel 2: Vorbildliche Bauten), um Impulse für die Erarbeitung potenziell geeigneter Konzepte zu erhalten. Darüber hinaus bedarf es zwingend der Analyse der lokalen Randbedingungen. Denn nur wenn die vor Ort nutzbaren Energiepotenziale erschlossen sind, können die angestrebten energetischen Überschüsse im Betrieb auch erzielt werden.

Für die Analyse der lokal nutzbaren Energiepotenziale empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Analyse der Randbedingungen

- › Klärung der Nutzungsart (Wohnen, Arbeiten etc.) und Anzahl der Nutzer
- › Berechnung der Flächen und Gebäudekennwerte (z. B. der Nettogrundfläche, Wohnfläche bzw. Dämmstandards)
- › Berechnung der Energiebedarfe (Wärme, Kälte, Strom → ab Erzeuger) (siehe PE 7)

2. Erfassung der lokalen Energieinfrastruktur

- › Auskunft bei lokalen Versorgern bzgl. Strom, Gas, Fernwärme, Abwasser einholen
- › Analyse verfügbarer Anschlussleistungen (Strom, Gas, Fernwärme)

3. Erfassung der lokal nutzbaren Energiepotenziale

- › Zusammenstellung der Energiepotenziale gemäß Tabelle 1 (z. B. Globalstrahlung, Abwasserwärme, Geothermie)
- › Lokale Stromerzeugung in der Regel nur über Photovoltaik realisierbar oder an geeigneten Standorten über Wind-/Wasserkraft

4. Analyse der erneuerbaren Erzeugungspotenziale

- › Grobe Analyse und Abgleich der verfügbaren und erforderlichen Leistungen und Energiebedarfe
- › Genehmigungsfähigkeit zur Nutzung der Energieträger prüfen
- › Abgleich mit geplanter Energieinfrastruktur
- › Wärmepumpensysteme erfordern z.B. möglichst niedrige Vorlauftemperaturen → Flächenheizungen (siehe PE 27)
- › Prüfung, ob Energiespeicher die erneuerbare Energieversorgung erhöhen können

Energieträger			Potenzialermittlung (Vorgehen, Zielgrößen und Quellen)
Direktnutzung für Wärmeerzeugung			
I	Biomasse		Lokale Verfügbarkeit prüfen. Verwendung von Biomasse aus nachhaltiger Forstwirtschaft. Im urbanen Raum sind Feinstaubemissionen sowie die Anlieferung zu berücksichtigen.
II	Fernwärme		Anfrage beim zuständigen Wärmenetzbetreiber; Planauskunft bzgl. Trassenverlauf; verfügbare Anschlussleistungen; Primärenergiefaktor, CO ₂ -Emissionen
III	Solarthermie		Konkrete Ermittlung von Dach-, Fassaden- und Grundstücksflächen für Module; Wärmeabnahme im Sommer erforderlich (siehe PE 26).
Direktnutzung zur Stromerzeugung			
IV	Photovoltaik		Verfügbare Dach-, Fassaden- und Grundstücksflächen auf Basis des Architektorentwurfs ermitteln (siehe PE 13 bis PE 16).
V	Wasserkraft		Potenzial abhängig von der Fallhöhe bzw. Wassermenge des Gewässers vor Ort. Länderspezifische Genehmigungsverfahren sind zu berücksichtigen.
VI	Windkraft		Ermittlung der Windgeschwindigkeiten und -richtungen am Standort. Flächenverfügbarkeit auf dem Gebäude und Grundstück prüfen (inkl. Sicherheitsabständen). Körperschallanforderungen und Statik des Gebäudes berücksichtigen.
Nutzung als Wärmequelle für Wärmepumpen			(siehe PE 20)
VII	Abluftwärme		Berechnung der Abluftmengen; Prüfung der Möglichkeit für zentrale Abluftsammlung; Abgleich mit Komfortanforderungen ggü. Lüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) (siehe PE 31)
VIII	Abwasserwärme		Anfrage beim kommunalen Amt für Entwässerung; Abwasserwärme aus Misch- oder Schmutzwasser geeignet; Planauskunft bzgl. Kanalform und -größe; Zielgröße: Abwassermenge, Temperatur (siehe PE 25)
IX	Außenluft		Klärung Aufstellungsort, Anforderungen an Lärmschutz in Bezug auf eigenes Gebäude und Nachbargrundstücke prüfen (siehe PE 23)
X	Eisspeicher		Eisspeicher in Kombination mit Solar-Luftabsorber; genehmigungsfrei; Eisspeicher als Wärmereserve, wenn Solar-Luftabsorber keine Wärme liefern. Flächenbedarf für unterirdischen Eisspeicher und Solar-Luftabsorber auf oder am Gebäude erforderlich.
XI	Geothermie		Erdwärmennutzung in vielfacher Form möglich: z. B. Erdsonden, Erdkollektoren (Flächig), Energiepfähle, Erdkörbe etc.; ggf. wasserrechtliche oder bergbaurechtliche Genehmigung erforderlich. Online-Information zur Geothermieeignung durch Landesämter für Geologie und Bergbau (siehe PE 24).
XII	Grundwasser		Grundwasserstand und -qualität sowie Schluckfähigkeit des Untergrunds prüfen. Gegebenenfalls wasserrechtliche Genehmigung erforderlich.

Tabelle 1:
Übersicht relevanter Energiepotenziale

Planung der Photovoltaikanlage

Effizienzhaus Plus Gebäude erreichen in der Regel einen energetischen Überschuss, indem sie mittels Photovoltaikanlagen an der Gebäudehülle Strom erzeugen und vorzugsweise selbst nutzen. Die großen Vorteile der Photovoltaik (PV) sind die flexible Anwendbarkeit und Integrationsmöglichkeiten im Gebäude. Von besonderem Interesse für Investoren sind dabei die in der jüngeren Vergangenheit erzielten Preisreduktionen für diese Technologie. Im Folgenden (PE 13 bis PE 17) sind zur Information wichtige wirtschaftliche Kenngrößen, technische Planungshinweise und Möglichkeiten zur Einbindung von Nutzern in Mehrfamilienhäusern erläutert.

PE 13_PV: Photovoltaik: Anlagenkosten und Solarstromvergütung

Wann und wie viel?

Die Entscheidung für eine Photovoltaikanlage (PV-Anlage) fällt meist in einer frühen Planungsphase. PV-Anlagen in Effizienzhaus Plus Gebäuden werden in der Regel so dimensioniert, dass mehr Strom erzeugt werden kann, als im Gebäude verbraucht wird. In der frühen Planung kann bei Effizienzhaus Plus Gebäuden mit Investitionskosten von rund 100 bis 150 €/m² beheizte Nettogrundfläche gerechnet werden. Die Kosten variieren in Abhängigkeit von der Anlagengröße, der Modultechnologie und der Montageart. Für Dachanlagen betragen die Kosten etwa 1.200 bis 1.500 €/kW_p und für fassadenintegrierte Anlagen rund 2.500 bis 3.000 €/kW_p. Bei fassadenintegrierten Anlagen ist zu berücksichtigen, dass bei hochwertig hinterlüfteten Fassaden (z. B. PV-Module statt Glas- oder Natursteinfassaden) die Kosten sogar für die Gesamtfassade geringer ausfallen können.

Amortisiert sich die Investition?

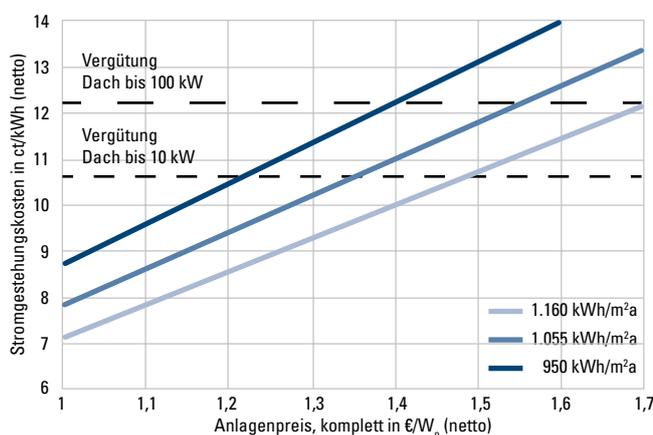
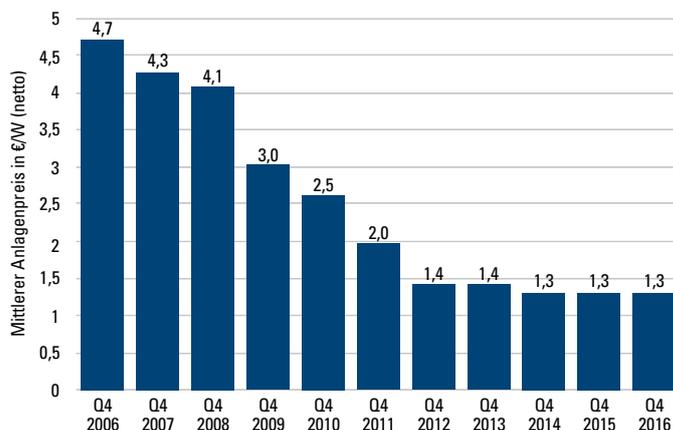
Die Investitionskosten für PV-Anlagen sind in den letzten Jahren signifikant gesunken. Nutzer von Effizienzhaus Plus Gebäuden haben dadurch gute Rahmenbedingungen, um neben dem ökologischen auch einen wirtschaftlichen Mehrwert durch die Verwendung einer PV-Anlage zu erlangen. Denn die anfänglichen Investitionskosten für die PV-Anlage amortisieren sich durch vermiedenen Strombezug und die staatlich garantierte Einspeisevergütung in der Regel in zehn bis 15 Jahren.

Hintergrund

Durch die weltweite Steigerung der Fertigungskapazitäten und die technische Weiterentwicklung der PV-Module auf der einen Seite und die degressiv gestaltete Vergütungsregelung des EEG auf der anderen Seite haben sich in den letzten Jahren die Anlagenpreise erheblich reduziert. In Abbildung 12 sind die Anlagenkosten abgebildet, die für Endkunden zwischen 2006 und 2016 um drei Viertel zurückgegangen sind. Daraus resultieren aktuelle Stromgestehungskosten bei einem mittleren Anlagenpreis von 1,3 €/W_p und bei Einstrahlungen von 1.055 kWh/(m²·a) in Höhe von rund 10,5 ct/kWh. Die PV-Stromgestehungskosten liegen damit deutlich unter dem üblichen Endkundenpreis für Strom von 25 bis 30 ct/kWh [10]. Infolgedessen ist die PV-Eigenstromversorgung wirtschaftlich (siehe auch PE 17).

Abbildung 12:

PV-Anlagenpreise 2006 bis 2016 und Stromgestehungskosten für unterschiedliche Solareinstrahlungen [11]



PE 14_PV: Ausrichtung, Flächenbedarf und Ertrag der Photovoltaik

Für den Nachweis des Effizienzhaus Plus Standards muss eine für die Deckung des Energiebedarfs und zur Gestaltung des Gebäudes passende PV-Anlage geplant werden. Im laufenden Planungsprozess gilt es nachzuverfolgen, ob mit sich ändernden Anlagengrößen der jährliche Energieüberschuss weiterhin erzielt wird.

Auslegung und Optimierung

In der Entwurfsphase kann bereits unter Berücksichtigung von groben Flächenangaben, der Orientierung und der Anlagenart eine erste Abschätzung der PV-Erzeugungspotenziale vorgenommen werden. In Tabelle 2 sind Auslegungshinweise aufgeführt, die dem Planer Grundsätze der Anlagenausführung aufzeigen und in wenigen Schritten die Ertragsberechnung ermöglichen.

Faktor	Dimensionierung
(A) Flächenausnutzung (Bezug ist Brutto-Dachfläche)	<ul style="list-style-type: none"> › Pultdach: 80 – 90 % › Satteldach: 80 – 90 % › Flachdach: 40 – 50 % (Modulausrichtung Süd) › Flachdach: 65 – 75 % (Modulausrichtung O/W)
(B) Flächenbedarf pro kW _p (Modultechnologie)	<ul style="list-style-type: none"> › Polykristallin 6,0 – 7,0 m² › Monokristallin 5,5 – 6,5 m² › Hocheffizienzmodule 5,0 m² › CIS/CIGS 7,0 – 8,0 m²
(C) Neigung	<ul style="list-style-type: none"> › Optimal: ~ 30° bei Südausrichtung › Norddeutschland: eher steiler besser › Süddeutschland: eher flacher besser
(D) Ausrichtung	<ul style="list-style-type: none"> › Optimal: Süd (maximaler Ertrag pro m²) › Verluste unter 5 % bei SO oder SW › Verluste ca. 20 % bei O oder W › O/W: Gleichmäßiger Ertrag über den Tag (optimiert für Eigenstromnutzung)
(E) Globalstrahlung (horizontal)	<ul style="list-style-type: none"> › Süddeutschland: 1.150 kWh/(m²·a) › Norddeutschland: 1.000 kWh/(m²·a) › Referenzstandort EnEV (Potsdam): 1.100 kWh/(m²·a)
(F) Stromertrag (Süd, 30° Neigung)	<ul style="list-style-type: none"> › Süddeutschland: 1.050 kWh/(kW_p·a) › Norddeutschland: 950 kWh/(kW_p·a) › Referenzstandort EnEV (Potsdam): 1.000 kWh/(kW_p·a)

Tabelle 2:
Kennwerte zur Ertragsprognose
von PV-Anlagen

Stromertrag und Orientierung

Der Stromertrag einer PV-Anlage hängt u. a. von der Ausrichtung, Neigung und Verschattungssituation der Solarmodule ab. In Abbildung 13 ist beispielhaft der relative Stromertrag einer PV-Anlage in Deutschland dargestellt. Die optimale Ausrichtung ist eine nach Süden ausgerichtete Fläche mit einer Neigung von rund 30°. Die Grafik verdeutlicht, dass für einen optimierten Ertrag die Dachflächen zuerst zu aktivieren sind. Aufgrund der niedrigeren spezifischen Erträge und der Nutzungskonkurrenz zu Fensterflächen ist die Sinnhaftigkeit zur Aktivierung der Fassadenflächen im Einzelfall zu prüfen. Im Geschosswohnungsbau, wo bei steigenden Geschosszahlen die Dachfläche konstant bleibt, können die mitwachsenden Fassadenflächen einen wichtigen Anteil zur Strombereitstellung beitragen (siehe PE 10).

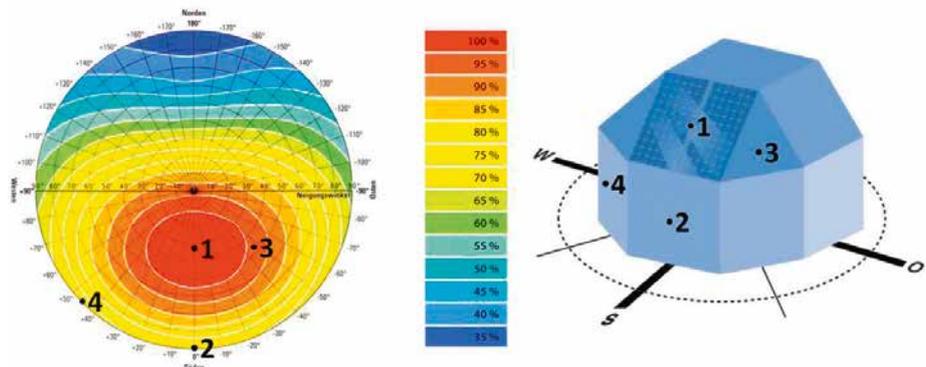


Abbildung 13:

Jährlicher PV-Stromertrag in Abhängigkeit von Neigung und Ausrichtung in Deutschland [12]

Rechenbeispiel: 100 m² Pultdach Süd mit 10° Neigung (80 m² Brutto-Dachfläche)

1. Solar nutzbare sind 80 Prozent der Dachfläche
→ $80 \text{ m}^2 \cdot 80 \% = 64 \text{ m}^2$
2. Monokristalline Module; installierbare PV-Leistung
→ $64 \text{ m}^2 / 6,5 \text{ m}^2/\text{kW}_p = 9,8 \text{ kW}_p$
3. Südorientierung und 10° Neigung: 95 Prozent des Maximalertrags bei optimaler Ausrichtung
4. Standort Potsdam:
 $1.000 \text{ kWh}/(\text{kW}_p \cdot \text{a})$ – multipliziert mit dem relativen Stromertrag und der PV-Leistung
→ $1.000 \text{ kWh}/(\text{kW}_p \cdot \text{a}) \cdot 95 \% \cdot 9,8 \text{ kW}_p = 9.300 \text{ kWh/a}$
(siehe PE 7)

Schritt für Schritt zum Ertrag

Die Stromertragsberechnung lässt sich in wenigen Schritten grob ermitteln (vgl. A, B, F in Tabelle 2):

1. Ermittlung der solar nutzbaren Gebäudeflächen (A)
2. Auswahl der Modultechnologie und Berechnung der PV-Leistung (B)
3. Ermittlung des relativen Stromertrags [%] in Abhängigkeit von der Orientierung (Abbildung 13)
4. Berechnung des Stromertrags in Abhängigkeit von der Lage (Nord- oder Süddeutschland) (F)

Faustformel:

Ein Effizienzhaus Plus (Dämmstandard EnEV 2016, Wärmepumpe) benötigt etwa 50 – 70 W_p Photovoltaik je Quadratmeter beheizte Nettogrundfläche ($1.000 \text{ W}_p \approx 6 \text{ m}^2$).

PE 15_PV: Erhöhung des regenerativen Eigenversorgungsgrades

Definition Eigenversorgungsgrad

Von dem im Effizienzhaus Plus Standard aus erneuerbaren Energiequellen erzeugten bilanziellen Energieüberschuss soll ein möglichst hoher Anteil der lokal erzeugten Energie im Gebäude bzw. Quartier direkt genutzt werden. Dieser Anteil ist im Rahmen des Effizienzhaus Plus Nachweises als Zusatzinformation anzugeben.

Der Eigenversorgungsgrad (EVG) beschreibt die Menge direkt genutzter Energie im Verhältnis zum Energiebedarf. Der EVG gilt für Wärme und Strom und wird auf Basis von Endenergie berechnet. Die direkt genutzte und lokal erzeugte Endenergie beinhaltet unter anderem Wärme aus Solarthermie, Umweltwärme für den Betrieb von Wärmepumpen, erneuerbaren Strom und KWK-Strom.

$$EVG = \frac{\text{Direkt genutzte und lokal erzeugte Endenergie („Wärme + Strom“)}}{\text{Endenergiebedarf („Wärme + Strom“)}}$$

Der Eigenversorgungsgrad steht im direkten Zusammenhang mit den Betriebskosten. Denn durch die Menge an direkt genutzter lokaler Energie kann der Bezug von teurem Netzstrom oder anderen Energieträgern beträchtlich verringert werden. Die dadurch eingesparten Energiekosten machen den Nutzer bzw. Betreiber eines Effizienzhauses Plus unabhängiger von zukünftigen Energiepreisteigerungen.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist daher ein hoher Eigenversorgungsgrad sinnvoll, wenn die PV-Strom-Gestehungskosten niedriger sind als die Preise für den Netzstrom. Die optimale Dimensionierung der lokalen Energieerzeugungsanlage verfolgt also nicht allein das Ziel einer bilanziellen Bedarfsdeckung, sondern in der Regel eine möglichst hohe Eigenversorgung mit lokal genutzter Energie aus erneuerbaren Quellen.

PV-Eigenversorgungsgrad für ein Einfamilienhaus

In der Regel kommen bei Gebäuden im Effizienzhaus Plus Standard Photovoltaikanlagen zur regenerativen Stromerzeugung zum Einsatz. Um den direkt nutzbaren Anteil des Photovoltaikstroms für ein Einfamilienhaus (EFH) in der Planungsphase zu ermitteln, stehen zahlreiche Online-Rechner oder auch das vereinfachte Nomogramm (Abbildung 14) zur Verfügung. In Abhängigkeit vom Strombedarf und dem Photovoltaikertrag kann damit der Eigenversorgungsgrad (Strom) für ein EFH geschätzt werden.

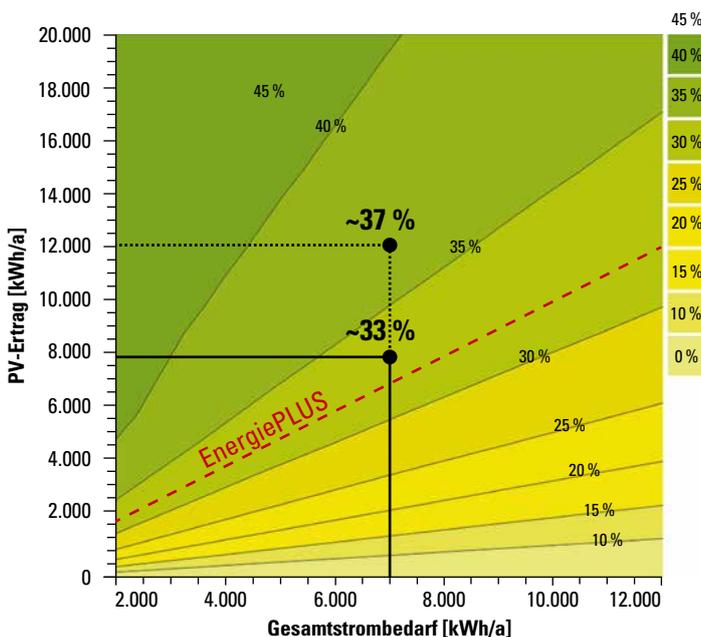


Abbildung 14:
PV-Eigenversorgungsgrad für Einfamilienhäuser in Prozent [13]

Eigenversorgungsgrad nach dem Monatsbilanzverfahren

Gemäß der Bewertungsmethode von Effizienzhaus Plus ist der direkt genutzte Anteil der lokal erzeugten Energie aus erneuerbaren Energiequellen auf Basis einer Monatsbilanz zu ermitteln. Diese Berechnungsmethode führt jedoch in der Regel zu hohen Abweichungen zwischen dem Berechnungswert und der Praxis (siehe auch Kapitel 2: Vorbildliche Bauten im Effizienzhaus Plus Standard und PE 37).

Reale Werte für den Eigenversorgungsgrad erfordern Simulationen mit hoher zeitlicher Auflösung, Nomogramme (Abbildung 14) oder die Verwendung des Eigenversorgungsgrad-Rechners des aktivplus e.V.. Der Rechner und die Nomogramme erlauben eine realitätsnahe Abschätzung des Eigenversorgungsgrades auf Basis der in der Planungsphase bereits vorhandenen monatlich ermittelten Energiewerte aus der EnEV-Berechnung.

Den Eigenversorgungsgrad-Rechner können Interessierte unter folgendem Link herunterladen: www.aktivplusev.de/handlungsempfehlungen

Steigerung der PV-Eigenversorgung

Zur Erhöhung des Eigenversorgungsgrades stehen in Effizienzhaus Plus Gebäuden verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. In der frühen Planung sollten daher die einzelnen Maßnahmen analysiert und deren Eignung bewertet werden. Folgende Ansätze helfen dabei, den PV-Eigenversorgungsgrad zu erhöhen:

- › Die Ost-West-Ausrichtung von PV-Flächen führt zu einer gleichmäßigeren PV-Stromerzeugung und damit zu einer höheren Deckung des Strombedarfs im Gebäude.
- › Power-to-Heat: Der Betrieb von Wärmepumpen kann so geregelt werden, dass die Wärmespeicher vorrangig nur bei PV-Stromüberschüssen geladen werden.
- › Stromspeicher dienen zur zeitlichen Entkopplung von Bedarf und Erzeugung. PV-Erzeugungsüberschüsse werden tagsüber eingespeichert und stehen z. B. in den Abendstunden zur Verfügung (siehe auch PE 32).
- › Verschiebung der Nutzungszeiten von Haushaltsgaräten in Zeiten mit Sonnenschein. Waschmaschinen, Trockner und Spülmaschinen sind dabei Geräte, die eine gewisse zeitliche Flexibilität zulassen und deren Nutzung sich z. B. durch Zeitprogramme einfach frei gestalten lässt.

PE 16_PV: Kombination von Gründach und Photovoltaik

Viele Kommunen nutzen im Rahmen der Bauleitplanung die Möglichkeit, rechtsverbindliche Vorgaben für die Dachgestaltung festzulegen. Im Zuge der kommunalen Klimaschutz- und Klimaanpassungsaktivitäten finden sich vermehrt Festsetzungen für Gründächer auf neu zu errichtenden Gebäuden. Diese Forderung nach Gründächern ist in der Regel durch die folgenden Aspekte begründet:

- › Regenwasserrückhaltung und Abflussminderung
- › Verbesserung des Mikroklimas
- › Ökologische Ausgleichsflächen bei Eingriffs-Ausgleichsregelungen
- › Erhöhung der Aufenthaltsqualität
- › Aufwertung der Gebäudearchitektur

Im Kontext von Gebäuden im Effizienzhaus Plus Standard wird häufiger über den Nutzungskonflikt zwischen Gründach und solaraktiver Nutzung der Dachflächen diskutiert. Dabei gilt der Grundsatz, dass sich diese beiden Nutzungen nicht gegenseitig ausschließen. Dennoch ist darauf zu achten, dass die Solarmodule nicht durch die Bepflanzung verschattet werden. Verschiedene Hersteller bieten PV-Systeme an, die speziell für den Einsatz auf extensiv bepflanzten Gründächern konzipiert sind.

Empfehlungen für die Umsetzung

Um die Verschattung der Solarmodule (siehe Abbildung 15) zu vermeiden, können folgende Maßnahmen in der Planung berücksichtigt werden:

- › Substratstärke max. 8 cm, um eine Ansaat von Fremdbewuchs zu erschweren (nährstoffarmes Substrat, Ausschluss von Düngegängen)
- › Extensive Begrünung: Saatgut ausschließlich Sedumsprossen (keine Grassamen!)
- › Regelmäßige Pflege und Rückschnitt der Pflanzen mindestens zwei Mal pro Jahr
- › Intensive Überwachung der Fertigstellungspflege nach Abnahme des Gründachs
- › Nutzung von Gründach-PV-Systemen. Diese haben einen höheren Abstand zur Dachoberfläche und führen zu einer größeren Bauhöhe (Zulässigkeit im Bebauungsplan prüfen).
- › Räumliche Trennung von Gründach und Solarnutzung

Ansatz Flächentrennung

In der Regel ist eine räumliche Trennung der Solar- und der Gründachflächen möglich und zu favorisieren, um eine Verschattung durch Pflanzenbewuchs auszuschließen. Um eine nachvollziehbare Flächenzuordnung zu ermöglichen, kann die Aufteilung auf Solar- und Gründachflächen unter Berücksichtigung dieser Punkte erfolgen:

- › Geschossigkeit und Höhenverlauf (hohe Gebäude mit Solarnutzung; niedrige Gebäudeteile mit Gründach)
- › Nutzungsstruktur in den einzelnen Gebäuden (vorteilhaft für PV: kleine Anzahl Verbraucher; Betreiber PV-Anlage auch Nutzer des Gebäudes)
- › Art der Dachnutzung (öffentliche Nutzung = Gründach; keine öffentliche Nutzung = PV)

Hauptfunktion Retention

Ist der Hauptgrund für die Vorgabe eines Gründaches im Bebauungsplan die Regenwasserrückhaltung bzw. Abflussminderung, können PV-Anlagen auch auf sogenannten Mäanderplatten oder Retentionsboxen installiert werden. Diese ermöglichen in der Regel die Einhaltung der geforderten Abflussbeiwerte ohne die Realisierung eines Gründaches.

Planungsdetails

Bei der Planung von PV-Anlagen auf Gründächern ist zu beachten, dass durch das zusätzliche Gewicht der Module und der Unterkonstruktion mit einer um 20 kg/m² höheren Last zu rechnen ist. Ebenso ist von Mehrkosten (netto) für die aufwendigere Unterkonstruktion in Höhe von 100 bis 150 €/kW_p auszugehen.



Abbildung 15:

Umsetzungsbeispiele von PV auf Flachdächern, ohne und mit Gründach (Quellen: l. o., l. u. und r. u. STZ-EGS, m. o. u. r. o. Contec greenlight)

Eine Übersicht der Vor- und Nachteile bei der Kombination von Gründach und PV ist in Tabelle 3 dargestellt.

	PV und Gründach	PV ohne Gründach
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> › Regenwasserrückhaltung › Verbessertes Stadtklima › Ökologische Ausgleichsfläche › „Grünes“ Stadtgebiet/Image 	<ul style="list-style-type: none"> › Günstiger › Einfache Montage › Kaum Pflegeaufwand
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> › Höhere Investitionen und Betriebskosten › Überwuchert leicht, Pflege notwendig › Installation aufwendiger 	<ul style="list-style-type: none"> › Positive Effekte der Dachbegrünung entfallen

Tabelle 3:

Vor- und Nachteile bei PV und Gründach

Montage auf Flachdächern

Bei der baulichen Befestigung von Solaranlagen auf Flachdächern ist darauf zu achten, dass keine Durchdringung der Dachhaut durch Befestigungselemente und eine ausreichende Windsogsicherung der Kollektoren vorliegt. Das Tragwerk muss zudem für die höhere statische Last zugelassen sein. In „Solaranlagen auf Flachdächern im Gebäudebestand“ [14] sind speziell für Bestandsgebäude Fallbeispiele aufgezeigt und die relevanten Regelwerke, wie die DIN 18531, erläutert.

PE 17_EE: Nutzung lokaler Stromvermarktung

Lokale Stromvermarktungsmodelle (für MFH) sind in der Vergangenheit oftmals aufgrund erschwerter wirtschaftlicher Rahmenbedingungen gescheitert. Mit dem im Sommer 2017 eingeführten Mieterstromgesetz will die Bundesregierung Mieterstrom aus Solaranlagen direkt fördern. Das Potenzial für Mieterstrom umfasst nach einem Gutachten des Bundeswirtschaftsministeriums bis zu 3,8 Millionen Wohnungen in Deutschland. Das neue Mieterstromgesetz soll helfen, dieses Potenzial wirtschaftlich zu heben und der Wohnungswirtschaft die aktive Teilhabe an der Energiewende zu erleichtern.

Solarstrom wird dazu künftig nicht nur im Fall der Einspeisung ins Stromnetz gefördert, sondern auch, wenn er an Mieter in einem Wohngebäude geliefert wird. Die Förderung erfolgt bei Photovoltaikanlagen wie bei der Einspeisung in das öffentliche Stromnetz der allgemeinen Versorgung pro Kilowattstunde.

Folgende Kernpunkte enthält das aktuelle Mieterstromgesetz [15]:

- Ziele: 1) Beteiligung von Mietern am Ausbau der erneuerbaren Energien
2) Wirtschaftlicher Betrieb von Mieterstrommodellen
- Anspruch auf den Mieterstromzuschlag erhalten Solaranlagen bis 100 kW auf Wohngebäuden (mind. 40 Prozent Wohnnutzung im Gebäude)
- Zuschlag berechnet sich aus der „EEG-Vergütung“ abzgl. 8,5 ct/kWh
→ aktuell etwa 2,2 bis 3,8 ct/kWh zusätzlicher Erlös
- Geförderter Zubau ist auf 500 MW/a begrenzt
- Mietvertrag und Mieterstromvertrag müssen getrennte Verträge sein (Laufzeit auf 1 Jahr begrenzt)
- Endpreis für Letztverbraucher darf maximal 90 Prozent des Grundversorgungstarifes betragen

Mieterstromgesetz im Internet:

Online unter:
[www.bmwi.de/Redaktion/DE/
 Artikel/Service/mieterstrom.html](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/mieterstrom.html)



Gebäudetechnik – Übersicht der Versorgungskonzepte

Bild oben:

Blick auf Gebäudetechnik eines
Mehrfamilienhauses

(Quelle: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG,
Fotograf: Constantin Meyer)

Die Planung und Objektüberwachung der Gebäudetechnik (TGA) ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Realisierung von Gebäuden im Effizienzhaus Plus Standard. Die folgenden Kapitel enthalten zu den wichtigsten Technikgewerken Informationen und konkrete Anleitungen für Planer und ausführende Unternehmen, die bei der Planung und Konzeptionierung verwendet werden können.

Versorgungskonzepte von Effizienzhaus Plus Gebäuden

PE 18 Technik: Verwendung üblicher Versorgungskonzepte bei Effizienzhaus Plus Gebäuden

Alle Objekte im Effizienzhaus Plus Netzwerk – so die Ergebnisse der Begleitforschung durch das Fraunhofer Institut für Bauphysik [1] – nutzen Photovoltaikanlagen. Dies zeigt zunächst die wichtige Rolle von Photovoltaikanlagen bei der erneuerbaren Energieerzeugung.

Ergänzend ist in Abbildung 16 eine Übersicht der Wärmeversorgungskonzepte dargestellt, aus der ersichtlich wird, dass mehr als 80 Prozent der Anlagen, die im Rahmen der Begleitforschung erfasst wurden, Wärmepumpen einsetzen. Im Bereich der Einfamilienhäuser kommen Wärmepumpen für die monovalente Versorgung mit Wärme zum Einsatz. Bei Mehrfamilienhäusern und im Bestand kann jedoch eine bivalente Versorgung erforderlich sein. In diesem Fall unterstützt ein zweiter Wärmeerzeuger die Wärmepumpe bei der Versorgung des Objektes mit Wärme.

Die Planungsempfehlungen konzentrieren sich auf die relevanten Energieversorgungskonzepte für Effizienzhaus Plus Gebäude und auf die, für die ein realistisches Potenzial zur breiten Anwendung in Effizienzhäusern Plus gesehen wird.

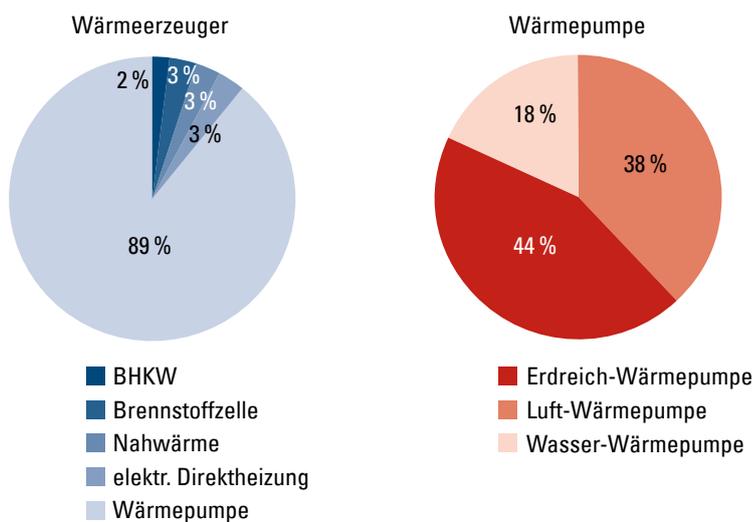


Abbildung 16:

In den Effizienzhaus Plus Modellprojekten verwendete Wärmeerzeuger [16]

In Abbildung 17 ist eine Auflistung dieser wesentlichen Versorgungskonzepte dargestellt. Neben dem berechneten Endenergiebedarf enthält die Grafik auch die erforderlichen Photovoltaikflächen, die für das Erreichen eines energetischen Überschusses in dem Einfamilienhaus-Beispiel benötigt werden. Bei den Wärmepumpen-Varianten liegen die PV-Flächen zwischen 45 und 50 Quadratmeter. Bei Variante 5 mit Gaskessel und Solarthermie wird bereits eine Fläche von rund 90 Quadratmeter benötigt, die auf einem Pultdach zu installieren wäre.

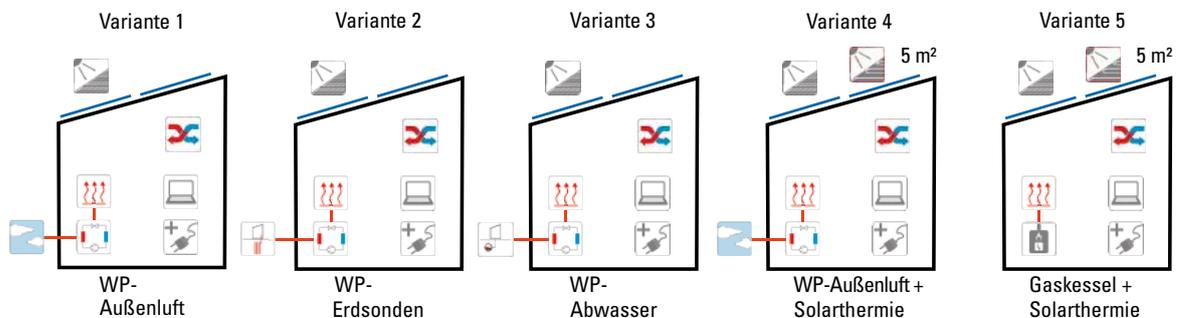
Der Auflistung liegen folgende Bedarfswerte, angelehnt an PE 7 für ein Einfamilienhaus mit KfW Effizienzhaus 55 Gebäudehülle und einer Energiebezugsfläche von 200 m², zugrunde:

- Heizwärmebedarf: 40 kWh/(m²-a)
- Warmwasserbedarf: 13 kWh/(m²-a)
- Strombedarf Lüftung und Hilfsstrom: 5 kWh/(m²-a)
- Haushaltsstrom: 20 kWh/(m²-a) (Bezug Wohnfläche von 180 m²)

Die Übersicht verdeutlicht, dass grundsätzlich Wärmepumpenkonzepte für das Erreichen der Effizienzhaus Plus Anforderung geeignet sind.

Variantenübersicht

- Variante 1: Wärmepumpe (WP) mit Wärmequelle Außenluft und PV
- Variante 2: WP mit Wärmequelle Erdsonden und PV
- Variante 3: WP mit Wärmequelle Abwasserwärme und PV
- Variante 4: WP mit Wärmequelle Außenluft, Solarthermie und PV
- Variante 5: Gaskessel, Solarthermie und PV



Endenergiebedarf in kWh/(m ² -a)	39	36	36	37	72
Erforderliche Photovoltaik in m ² für Energieüberschuss	46	43	43	44	86
Leistung der Photovoltaikanlage in kW _p	7,10	6,63	6,63	6,70	13,17
Photovoltaik-Leistung bezogen auf die Wohnfläche in kW _p /m ²	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07

Abbildung 17:

Potenzielle Versorgungskonzepte für Effizienzhaus Plus Gebäude

Legende

- | | | | | | |
|--|--------------------------|--|---------------|--|--------------|
| | Heizwärme und Warmwasser | | Hilfsstrom | | Nutzerstrom |
| | Lüftung mit WRG | | Wärmepumpe | | Photovoltaik |
| | Außenluft | | Abwasserwärme | | Solarthermie |
| | Erdsonde | | | | |

Heizung

Die Heizungsanlage dient zur thermischen Konditionierung der Wohnräume und zur Trinkwassererwärmung. Für ein Effizienzhaus Plus ist eine effiziente Wärmebereitstellung und die konsequente Nutzung von Umweltwärme erforderlich. Ein besonderes Augenmerk ist auf die Auswahl Strom sparender Hilfsaggregate und Umwälzpumpen zu legen. In den folgenden Abschnitten wird erläutert, wie der Heizenergiebedarf ermittelt und durch welche Technikansätze dieser in Effizienzhaus Plus Häusern gedeckt werden kann.

PE 19_Heiz: Auslegungshilfe für die Heizwärmeberechnung

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs können in der Planungsphase vereinfacht flächenbezogene Kennwerte herangezogen werden. Relevant für die Wärmeerzeugung ist dabei die Wärmemenge, die vom Wärmeerzeuger bereitgestellt wird. Diese setzt sich aus der Nutzenergie sowie den Verteil- und Speicherverlusten zusammen.

In Tabelle 4 sind berechnete Kennwerte für verschiedene Dämmstandards und Lüftungskonzepte für Neubauten aufgeführt. Die Werte der Tabelle gelten für Typgebäude der Kategorie Ein- (EFH) und Mehrfamilienhaus (MFH).

Auf Basis des berechneten Jahreswärmebedarfs können die Erzeugungsanlagen grob ausgelegt und lokale Energiepotenziale abgeschätzt werden (siehe PE 12 und PE 22).

Dämmstandard	EFH			MFH		
	EnEV 2016	KfW 55	KfW 40	EnEV 2016	KfW 55	KfW 40
Abluftanlage	75	55	50	55	40	30
Mit Wärmerückgewinnung	60	40	35	45	30	20

Flächenbezug: A_N = Energiebezugsfläche nach EnEV, Erzeugernutzenergieabgabe (Wärme ab Erzeuger)

Tabelle 4:

Flächenbezogene Heizwärmebedarfe für Wohngebäude in kWh/(m²·a)

Heizwärmeverbrauch in der Praxis

Bei den Modellvorhaben hat sich gezeigt, dass die durchschnittlichen Raumlufttemperaturen häufig 1 bis 3 Kelvin über den in der DIN 18599 angesetzten Norm-Raumtemperaturen von 20 Grad Celsius liegen. Dies ist ein Grund, weshalb die Heizwärmeverbräuche vieler Modellvorhaben höher liegen als berechnet.

Für die praxisnahe Ermittlung des Heizwärmebedarfs von Effizienzhaus Plus Gebäuden mit hocheffizienter Geräteausstattung empfiehlt es sich, die Normberechnung ergänzend mit höheren Innenraumtemperaturen und mit niedrigeren internen Lasten durchzuführen. Im Rahmen dieser Sensitivitätsanalyse erhält der Bauherr eine belastbarere Aussage bezüglich der zu erwartenden Mehr-/Minderbedarfe im Bereich Heizwärme bei geänderten Raumkonditionen. [17]

PE 20_Heiz: Wärmepumpen – Analyse der lokalen Wärmequellen

Für die Bereitstellung von Heizwärme in Effizienzhaus Plus Gebäuden kommen in der Regel elektrische Wärmepumpen zum Einsatz (siehe Abbildung 16), da diese eine hohe Energieeffizienz und die Möglichkeit zur Nutzung lokaler erneuerbarer Wärmequellen besitzen. Funktionierende Systemlösungen sind dabei unabdingbar, um im Betrieb eine hohe Versorgungssicherheit und einen niedrigen Energieverbrauch zu erreichen.

In Abbildung 18 sind potenzielle Wärmequellen für Wärmepumpen aufgelistet. In der Leistungsphase eins und zwei werden lokale Wärmequellen analysiert (siehe PE 5). Für die dargestellten Standardbauformen stehen in der Regel Serienprodukte von zahlreichen Herstellern zur Verfügung. Die Sonderbauformen werden von wenigen Anbietern projektspezifisch geplant und vertrieben.

Die Standardbauformen erlauben eine Kategorisierung anhand der zu erschließenden Energiequelle wie Erdwärme, Wasser und Luft. Für diese Kategorien existieren verschiedene technologische Lösungen zur Nutzbarmachung der Umweltwärme. Die Auswahl geeigneter Technologien erfolgt dabei unter Berücksichtigung der Entzugswärmemengen, der Flächenverfügbarkeit oder im Einzelfall auch der Genehmigungsfähigkeit (siehe auch Tabelle 1 und PE 12).

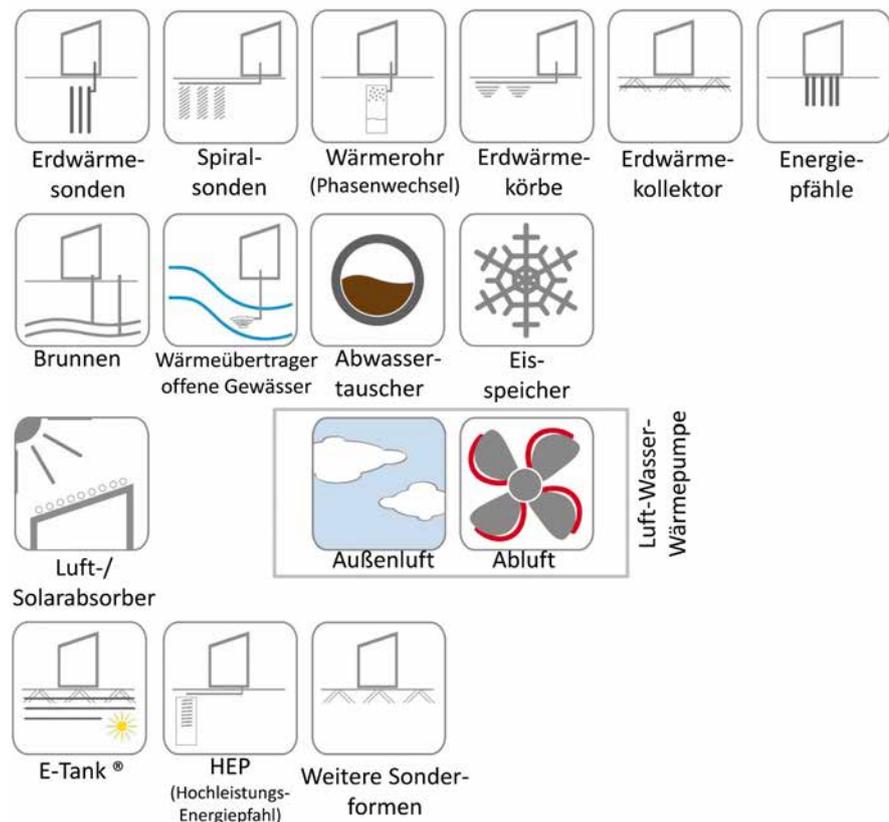


Abbildung 18:
Übersicht potenzieller Wärmequellen
für Wärmepumpen

PE 21_Heiz: Wärmepumpen – Abschätzung der Jahresarbeitszahl

Die energetische Effizienz einer Wärmepumpe wird mithilfe der Jahresarbeitszahl (JAZ) beschrieben. Die JAZ ist definiert als das Verhältnis von Wärmeerzeugung zu Stromeinsatz über den Zeitraum von einem Jahr. Je nach Art der Wärmequelle und -senke sind JAZ von 2,5 bis 5,0 in der Praxis zu erreichen. In der Planungsphase wird die JAZ entsprechend der verfügbaren Art der Wärmequelle und des Heizungssystems angenommen. Ausgehend vom Wärmebedarf und der JAZ kann der erforderliche Bedarf an Strom und Umweltwärme für den Betrieb der Wärmepumpe berechnet werden.

Die JAZ ist wie folgt definiert:

$$JAZ = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\text{Wärmeerzeugung } Q_{WP}}{\text{Stromeinsatz } W_{EI}}$$

$$Q_{WP} = Q_{WQ} + W_{EI}$$

$$Q_{WQ} = W_{EI} \cdot (JAZ-1)$$

Das Ziel ist, eine hohe JAZ zu erreichen, das heißt ein möglichst geringer Stromeinsatz für die erforderliche Wärmeerzeugung. Für das Erreichen hoher JAZ gelten folgende Grundsätze:

- Temperatur der Wärmequelle möglichst hoch
- Temperatur der Wärmesenke möglichst niedrig

Je geringer die Temperaturdifferenzen zwischen Wärmesenke und Wärmequelle, desto höher ist die JAZ.

Der schnelle Weg zur JAZ

Eine grobe Ermittlung der JAZ für Wohngebäude erlauben die Werte in Abbildung 20. Die Aufteilung nach Wärmequellentypen ist aufgrund der unterschiedlichen Temperaturprofile der Wärmequellen im Jahresverlauf erforderlich. Ebenso enthält die Grafik eine differenzierte Angabe der JAZ für die Warmwasserbereitung und Heizwärmebereitstellung. Dies ist erforderlich, um die im Jahresverlauf unterschiedlich anfallenden Bedarfsmengen in Abhängigkeit von der Wärmequellentemperatur abzubilden.

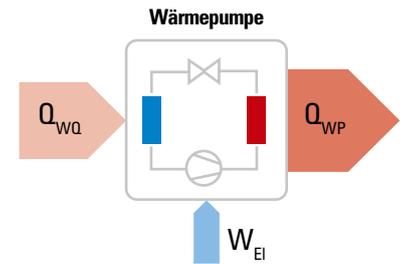
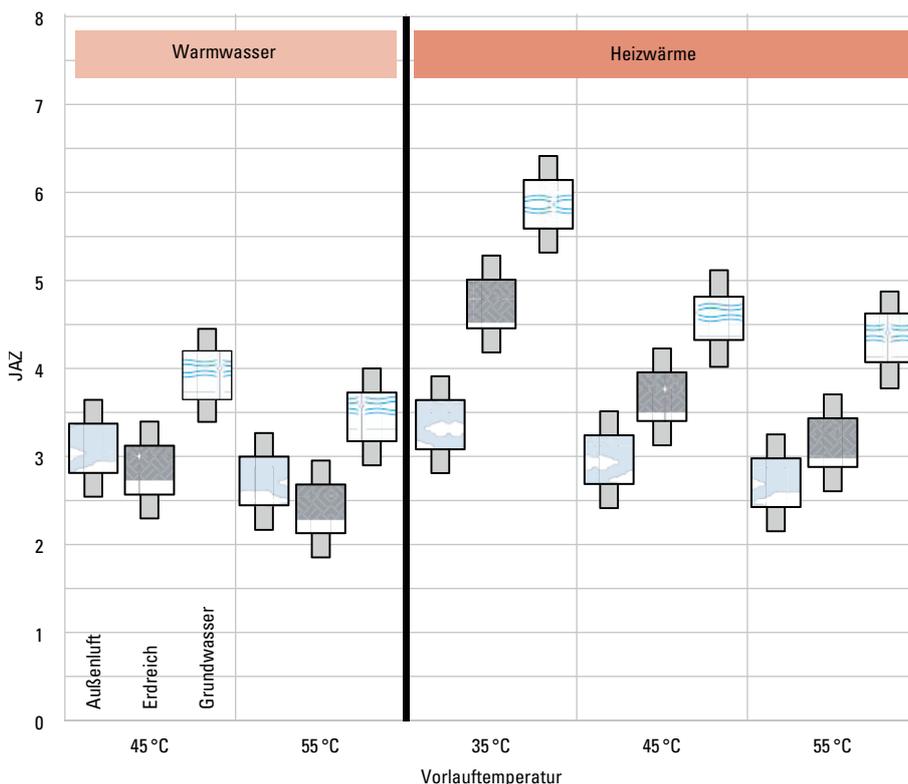


Abbildung 19: Energiediagramm einer Wärmepumpe

Q_{WP} : Wärmeerzeugung der Wärmepumpe in kWh/a
 Q_{WQ} : Wärmemenge aus der Wärmequelle in kWh/a
 W_{EI} : Stromeinsatz zum Betrieb des Wärmepumpensystems in kWh/a. Er umfasst den Strombedarf des WP-Verdichters und den Strom zum Betrieb der Wärmequelle (Pumpen, Ventilator)

Rechenbeispiel:
 Für ein Einfamilienhaus soll die JAZ für die Versorgung der Fußbodenheizung ermittelt werden. Die Wärmepumpe mit Wärmequelle Erdreich soll mit einer Vorlauftemperatur von 35 °C betrieben werden. Aus Abbildung 20 ergibt sich eine JAZ im Bereich von 4,5 bis 5,0.

Abbildung 20: Bereiche der Jahresarbeitszahl verschiedener Wärmequellen und Vorlauftemperaturen der Warmwasser- und Heizwärmebereitstellung

PE 22_Heiz: Dimensionieren der Wärmequellen

In der frühen Konzept- und Planungsphase werden die lokalen Wärmequellenpotenziale ermittelt und bewertet. Ziel in der Vorplanung ist es, frühzeitig aus technischer und wirtschaftlicher Sicht die Eignung einzelner Technologien zu bestimmen. Dabei spielen besonders im urbanen Umfeld der Flächenbedarf und die Genehmigungsfähigkeit eine entscheidende Rolle.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „future:heatpump“ wurden Analysen zur grundlegenden energetischen und wirtschaftlichen Bewertung von Wärmequellen für Wärmepumpen durchgeführt [18]. Abbildung 21 zeigt die groben Flächenbedarfe für verschiedene Wärmequellen am Beispiel von drei Gebäudetypologien. Für die aufgeführten Wärmequellen ist der Flächenbedarf in Abhängigkeit der thermischen Leistung der Wärmepumpen berechnet. Bei Erdwärmesonden sind die unterschiedlichen Längen zu berücksichtigen.

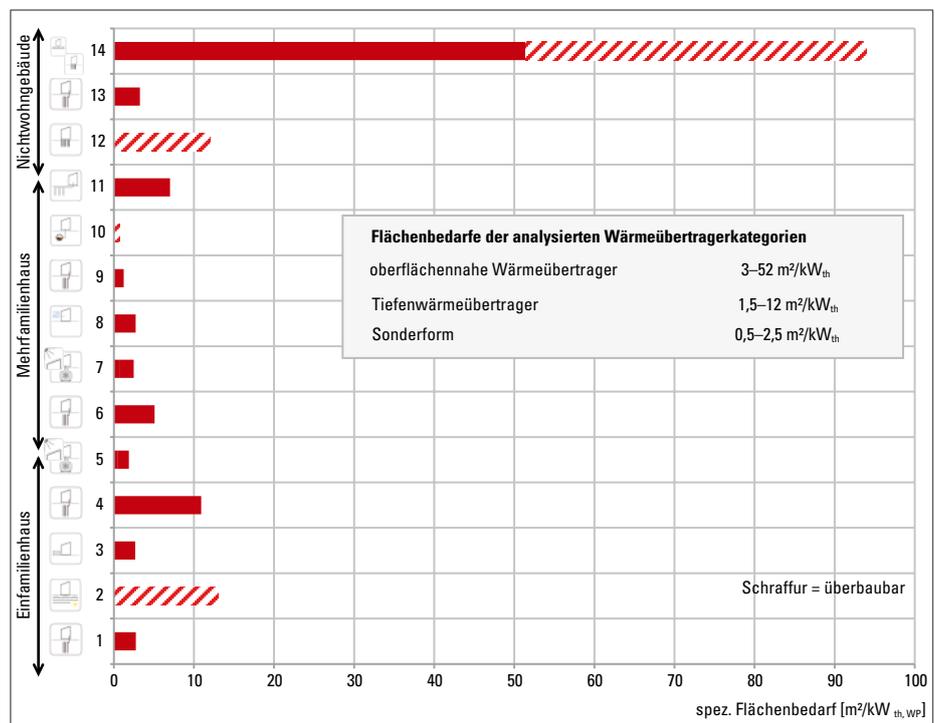


Abbildung 21:
Flächenbedarfe verschiedener
Wärmequellen [18]

Codierung der Wärmequellen in Abbildung 21:

5. EFH – Erdwärmesonde (geokoax, 3 x 21 m)
6. EFH – e-Tank (z. B. www.etank.de)
7. EFH – Energiezaun (z. B. www.hautec.eu)
8. EFH – Sanierung – Erdwärmesonde (geokoax, 6 x 24 m)
9. EFH – Sanierung – Eisspeicher und Luftabsorber
10. MFH – Erdwärmesonde (geokoax, 32 x 30 m)
11. MFH – Eisspeicher und Luftabsorber
12. MFH – Luft-WP
13. MFH – Erdwärmesonde (8 x 100 m)
14. MFH – Abwasser
15. MFH – Sanierung – Spiralsonden
16. Nichtwohngebäude – Energiepfähle
17. Nichtwohngebäude – Erdwärmesonde
18. Nichtwohngebäude – Energiepfähle und Agrothermie
(z. B. www.doppelacker.com)

PE 23_Heiz: Auslegung der Wärmequelle Außenluft

Wärmepumpen mit der Wärmequelle Außenluft erfordern den geringsten technischen Aufwand und sind fast an jedem Standort einsetzbar. Die Außenluft-Wärmepumpen können dabei in Luft/Luft- und Luft/Wasser-Systeme unterteilt werden. Bei diesen Systemen wird der Außenluft Wärme entzogen. In einem thermodynamischen Kreisprozess wird die Wärme von einem niedrigen (Außenluft) auf ein höheres (Heizwärme) Temperaturniveau gehoben. Erfolgt die Nutzwärmeabgabe durch Wasser, spricht man von einer Luft/Wasser-Wärmepumpe. Der Anteil der Luft/Wasser-Wärmepumpen im Bestand liegt in Deutschland nach Auswertungen des Bundesverbands Wärmepumpe bei über 50 Prozent.

Luft/Wasser-Wärmepumpen können Heizwärme bei Außenlufttemperaturen von bis zu -20 Grad Celsius bereitstellen. Je niedriger die Wärmequellentemperatur, desto niedriger die Effizienz (d. h., die Arbeitszahl sinkt und der Strombedarf steigt). Speziell im Mehrfamilienhaus kommen bivalente Systeme zum Einsatz, bei denen an sehr kalten Wintertagen ein zusätzlicher Wärmeerzeuger das von der Wärmepumpe vorgewärmte Heizwasser auf die geforderte Vorlauftemperatur erhitzt. [19]

Bei der Anordnung von Ansaug- und Ausblasöffnungen im Umfeld des Gebäudes sind die Geräuschentwicklungen zu berücksichtigen. Die Luftkanäle bis zur Wärmepumpe sind zu dämmen (Vermeidung von Kondenswasser).

Die Anordnung der Außenlufteinheit sowie deren Schallemissionen sind so zu planen, dass die baurechtlichen Anforderungen erfüllt sind.

Folgende Kriterien sind bei der Wahl des Aufstellortes im Außenbereich zu beachten [20]:

- › Luftausblasbereich darf nicht unmittelbar auf Wände, Terrassen oder Gehwege gerichtet sein (Mindestabstand rund 3 m)
- › Aufstellung in Nischen, Mauerecken oder zwischen Mauern ist zu vermeiden, um Luftkurzschlüsse und Schallreflexionen zu verhindern
- › Aufstellung in einer Senke ist zu vermeiden
- › Luftöffnungen vor Laub und Schneefall schützen
- › Hauptwindrichtung beachten

Kosten

Für eine grobe Kostenabschätzung wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „future:heatpumpe“ [18] die Katalogpreise von rund 150 Wärmepumpen verschiedener Hersteller ausgewertet (siehe Tabelle 5).

	On-Off	Inverter-geregelt
Therm. Leistung der WP	Spezifischer Preis	
kW_{th}	$\text{€}/\text{kW}_{\text{th}}$	$\text{€}/\text{kW}_{\text{th}}$
6	1.350	1.250
10	1.200	1.200
25	950	1.100
50	800	1.050
100	700	1.000
200	600	950

Tabelle 5:

Kostenübersicht (netto) von Luft-Wasser-Wärmepumpen (Stand 2017)

PE 24_Heiz: Auslegung der Wärmequelle Erdwärmesonden

Rund ein Drittel der Wärmepumpen in Deutschland nutzt Erdwärme als Wärmequelle [21]. Wärme aus dem Erdreich kann dabei durch verschiedene Wärmetauschersysteme erschlossen werden. Bei den Gebäuden im Effizienzhaus Plus Netzwerk sind Erdwärmesonden am häufigsten eingesetzt und weisen gute Effizienzwerte auf (siehe PE 21).

Die oberflächennahe Geothermienutzung mittels senkrechter Erdwärmesonden hat den Vorteil, dass im Vergleich zu horizontalen Erdkollektoren relativ geringe Flächen und Erdbewegungen notwendig sind. Erdwärmesonden werden durch spezialisierte Unternehmen mit Bohrgeräten in das Erdreich eingebracht. Bei Bohrtiefen bis 100 Meter Tiefe sind in Deutschland wasserwirtschaftliche Genehmigungen erforderlich, die in der Regel durch die Wasserwirtschaftsämter erteilt werden. Für größere Bohrtiefen muss zusätzlich eine Genehmigung des zuständigen Bergbauamtes eingeholt werden.

Für die Planung einer Erdwärmesonde sind detaillierte Informationen zum Untergrund notwendig. Die mittlere Entzugsleistung hängt dabei von der Temperaturleitfähigkeit des Erdreichs, der Schichtenfolge sowie dem möglichen Grundwasserstrom ab. Ein Thermal Response Test sorgt für die notwendige Sicherheit bei der Planung von größeren Erdsondenfeldern.

Auslegung in wenigen Schritten

Das Nomogramm in Abbildung 22 dient zur vereinfachten Auslegung von Erdwärmesonden. Ausgehend von der Wohnfläche und der Heizleistung wird die erforderliche Entzugsleistung der Erdsonden ermittelt. Angaben zur spezifischen Sondenleistung in Abhängigkeit von der Bodenart können aus Tabelle 6 entnommen werden. Eine Abschätzung der Sondenlänge für Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser kann mit dieser Methode vorgenommen werden.

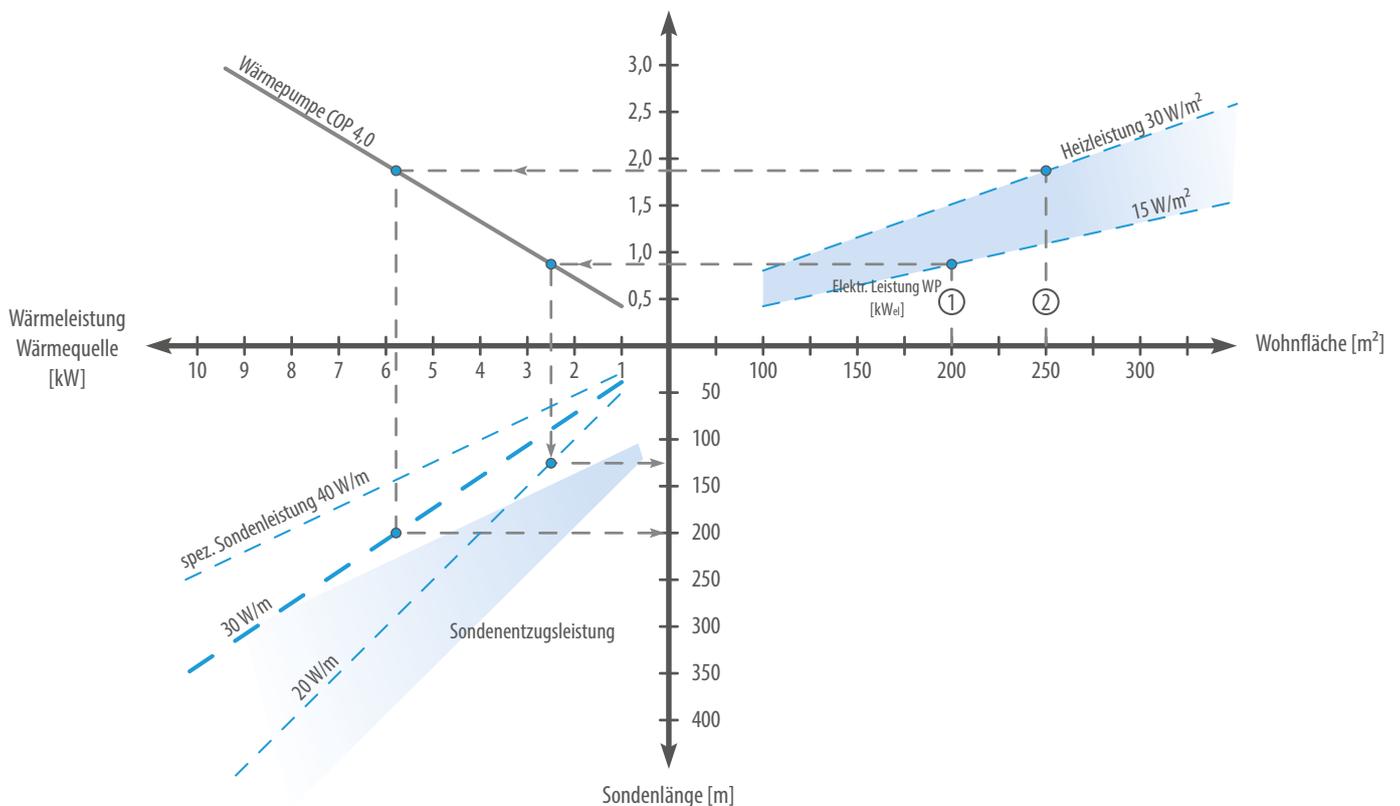


Abbildung 22:

Nomogramm zur Auslegung einer elektrischen Wärmepumpe mit Erdwärmesonden [22]

Untergrund	Entzugsleistung
Allgemeine Richtwerte	
Schlechter Untergrund (trockenes Sediment)	20 W/m
Normaler Festgesteins-Untergrund und wassergesättigtes Sediment	50 W/m
Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit	70 W/m
Einzelne Gesteine	
Kies, Sand, trocken	< 20 W/m
Kies, Sand, wasserführend	55–65 W/m
Ton, Lehm, feucht	30–40 W/m
Kalkstein (massiv)	45–60 W/m
Sandstein	55–65 W/m
Saure Magmatite (z. B. Granit)	55–70 W/m
Basische Magmatite (z. B. Basalt)	35–55 W/m
Gneis	60–70 W/m

Tabelle 6:

Entzugsleistung pro Sondenlänge von Erdwärmesonden nach VDI 4640 Blatt 2 [19]

Kosten

Bei Einfamilienhäusern mit einer Wohnfläche von 150 bis 200 Quadratmeter ist eine Sondenlänge von 130 bis 200 Meter erforderlich. In der Regel sind hierfür bis zu zwei Bohrungen mit 65 bis 100 Meter Tiefe vorzunehmen. Die Gesamtkosten (Bohrung, Sondeneinbringung, Verfüllen, Anschlussleitungen) liegen im Bereich von 80 bis 100 € (netto) pro Meter Sondenlänge, d. h. pro Sonde ca. 12.500 bis 15.000 €. Im Vergleich zur Erschließung der Wärmequelle Luft sind diese Kosten relativ hoch. Jedoch lassen sich erdgekoppelte WP-Systeme monovalent ausführen und die JAZ ist im Vergleich zu den Luft-Wasser-Systemen nennenswert höher.

Bei Mehrfamilienhäusern mit einer größeren Anzahl an Erdwärmesonden belaufen sich die Kosten für eine Erdwärmesondenbohrung aktuell auf rund 60 bis 80 € pro Meter (netto). Eine detaillierte Kostenanalyse der einzelnen Kostenbestandteile kann im Bericht des Forschungsprojekts „future:heatpump“ [18] eingesehen werden.

PE 25_Heiz: Auslegung der Wärmequelle Abwasser



Abbildung 23:
Abwasser-Wärmetauscher für
Bestandskanäle [23]

Im urbanen Umfeld ist die Nutzung erneuerbarer Energien eine Herausforderung. Sowohl die Verschattung von Solaranlagen durch Nachbarbauten als auch die begrenzte Flächenverfügbarkeit sind hierfür nur zwei Beispiele. Bei der Konzeptionierung von Effizienzhaus Plus Gebäuden oder Quartieren im städtischen Kontext kann das Abwasser als Wärmequelle für Wärmepumpen in Betracht gezogen werden.

Die kommunale Wasser- und Abwasserinfrastruktur ist in Siedlungsgebieten flächendeckend ausgebaut. In den Abwasserkanälen wird Abwasser und meist auch Regenwasser gesammelt und in die kommunalen Kläranlagen geleitet. Das Abwasser ist dabei auf einem Temperaturniveau, das für eine energetische Nutzung durch eine Wärmepumpe bestens geeignet ist.

Mit Wärmetauschern wird dem Abwasser Wärme entzogen und als Wärmequelle für elektrische Wärmepumpen genutzt. Abbildung 23 zeigt ein modulares Kanalwärmetauschersystem.

Hinweise zu Auslegung und Betrieb

In unmittelbarer räumlicher Nähe zum Gebäudestandort muss das Potenzial des Abwassers analysiert werden. In der Regel können das kommunale Amt für Entwässerung oder auch die Stadtwerke Informationen zu den Kanalquerschnitten und -formen liefern. Die Durchflussmenge und Temperatur des Abwassers hängt davon ab, ob der Kanal als Schmutz-, Misch- oder Regenwassersystem betrieben wird. Für die Abwasserwärmenutzung mit einer Wärmepumpe ist ein kontinuierliches Abwasseraufkommen erforderlich. Belastbare Aussagen zum Abwasseraufkommen können durch eine temporäre Messung im Kanal gewonnen werden.

Um die Wärmetauscherelemente in den Kanal einbringen zu können, sind Kanalquerschnitte größer als DN 400 erforderlich. Die Länge des Abwasserwärmetauschers hängt von den Abwasserkennwerten und der benötigten Entzugsleistung ab.

Die potenzielle Entzugsleistung liegt bei üblichen Abwassertemperaturen im Bereich von 1,0 bis 1,5 kW pro Quadratmeter Wärmetauscherfläche.

Realisierte Mehrfamilienhaus-Projekte mit einer Wärmeversorgung durch Wärmepumpen bestätigen die Möglichkeit einer monovalenten Betriebsweise und eine hohe Effizienz mit einer gemessenen Jahresarbeitszahl deutlich über 4,0. [17]

Bei ausreichend großer Durchströmung bleibt die Ausbildung eines Biofilms begrenzt, sodass die übliche turnusmäßige Reinigung des Kanals ausreichend ist, um dauerhaft Siedimentbildungen und Verkrustungen zu vermeiden. Der in der Praxis auftretende Biofilm und die Verschmutzung durch Ablagerungen werden bereits bei der Planung und Dimensionierung des Wärmetauschers mitberücksichtigt, sodass hierfür kein zusätzlicher Wartungsaufwand entsteht.

Kosten

Die Kosten für einen Abwasser-Wärmetauscher (Bestandskanal) liegen grob geschätzt zwischen 1.300 und 1.700 € (netto) pro Quadratmeter Wärmetauscherfläche. Zusätzlich sind Kosten für Anbindeleitungen zwischen Kanal und Heizzentrale in Höhe von 250 bis 500 € (netto) pro Meter zu berücksichtigen.

Aufgrund der relativ hohen Kosten für die Investition der Wärmetauscher, der Anbindeleitungen und der Wärmepumpen kommen diese Systeme in der Regel nur für größere Verbrauchseinheiten wie Mehrfamilienhäuser infrage.

PE 26_Heiz: Dimensionierungsbeispiel Solarthermie

Mittels Solarkollektoren (Solarthermie) wird solare Strahlungsenergie in nutzbare Wärme für die Brauchwassererwärmung und Heizung gewandelt. In Effizienzhaus Plus Gebäuden ist Solarthermie ein möglicher Baustein bei der Nutzung lokaler erneuerbarer Energien.

Bei der Konzeptionierung von Gebäuden mit Solarthermieanlagen ist darauf zu achten, dass die Anlagen möglichst nach Süden ausgerichtet sind. Die Neigung der Solarkollektoren liegt je nach Art der Anwendung idealerweise zwischen 40 und 60 Grad. Je steiler der Anstellwinkel, desto höher ist der Ertrag in der Übergangszeit und in den Wintermonaten.

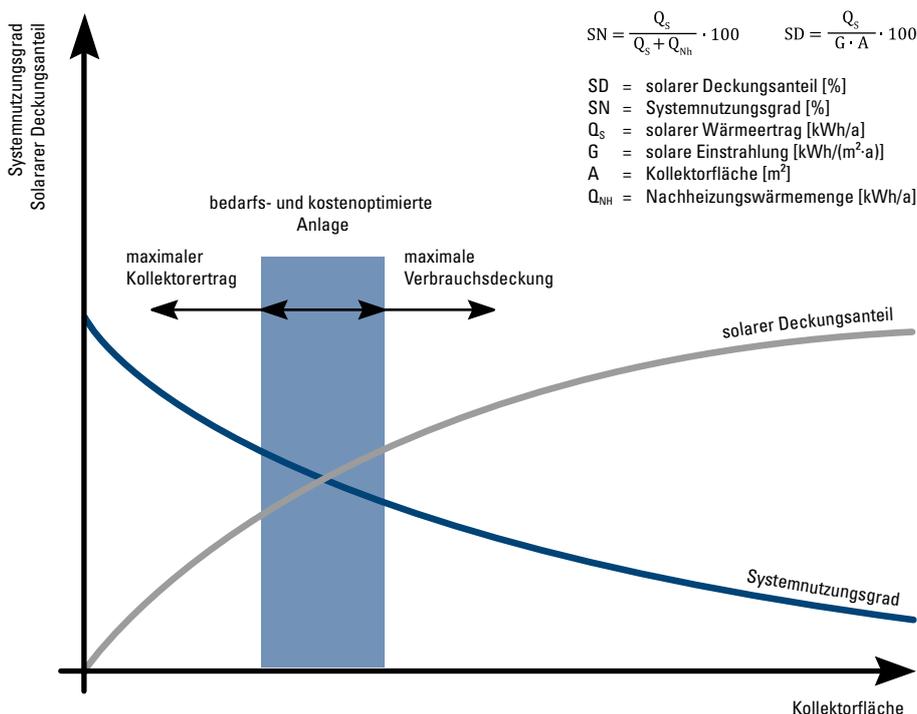


Abbildung 24:
Kollektortechnik: Deckungsanteil und Nutzungsgrad (qualitativ) [22]

Der solare Deckungsanteil beschreibt den Anteil des Wärmebedarfs eines Gebäudes, der durch die Solarthermieanlage bereitgestellt wird. Bei einer Auslegung der Solaranlage zur Trinkwassererwärmung – ca. 1 bis 1,5 Quadratmeter Kollektorfläche pro Person – werden in Mitteleuropa Deckungsanteile von 50 bis 60 Prozent erreicht. Zur nennenswerten Deckung des Jahresheizwärmebedarfs sind größere Kollektorflächen (0,1 bis 0,3 m² Kollektorfläche/m² Wohnfläche) und größere Wärmespeicher (0,1 bis 0,25 m³/m² Kollektorfläche) erforderlich. (siehe Forschungsprojekt „future:solar“. [24])

Auslegungshilfe für Flachkollektoren zur Brauchwarmwassererwärmung

Für eine schnelle Berechnung der Solarkollektorfläche lässt sich das Nomogramm in Abbildung 25 verwenden. Die entscheidende Größe für die Auslegung einer Kollektoranlage ist der Wärmebedarf. Dieser wird zu Beginn in Abhängigkeit von der Personenanzahl und dem prognostizierten Warmwasserbedarf bestimmt. Ausgehend von diesem Schnittpunkt wird der angestrebte solare Deckungsanteil festgelegt. Im nächsten Schritt wird unter Berücksichtigung des Standorts, der Ausrichtung und der Neigung die erforderliche Fläche der Solarkollektoren berechnet.

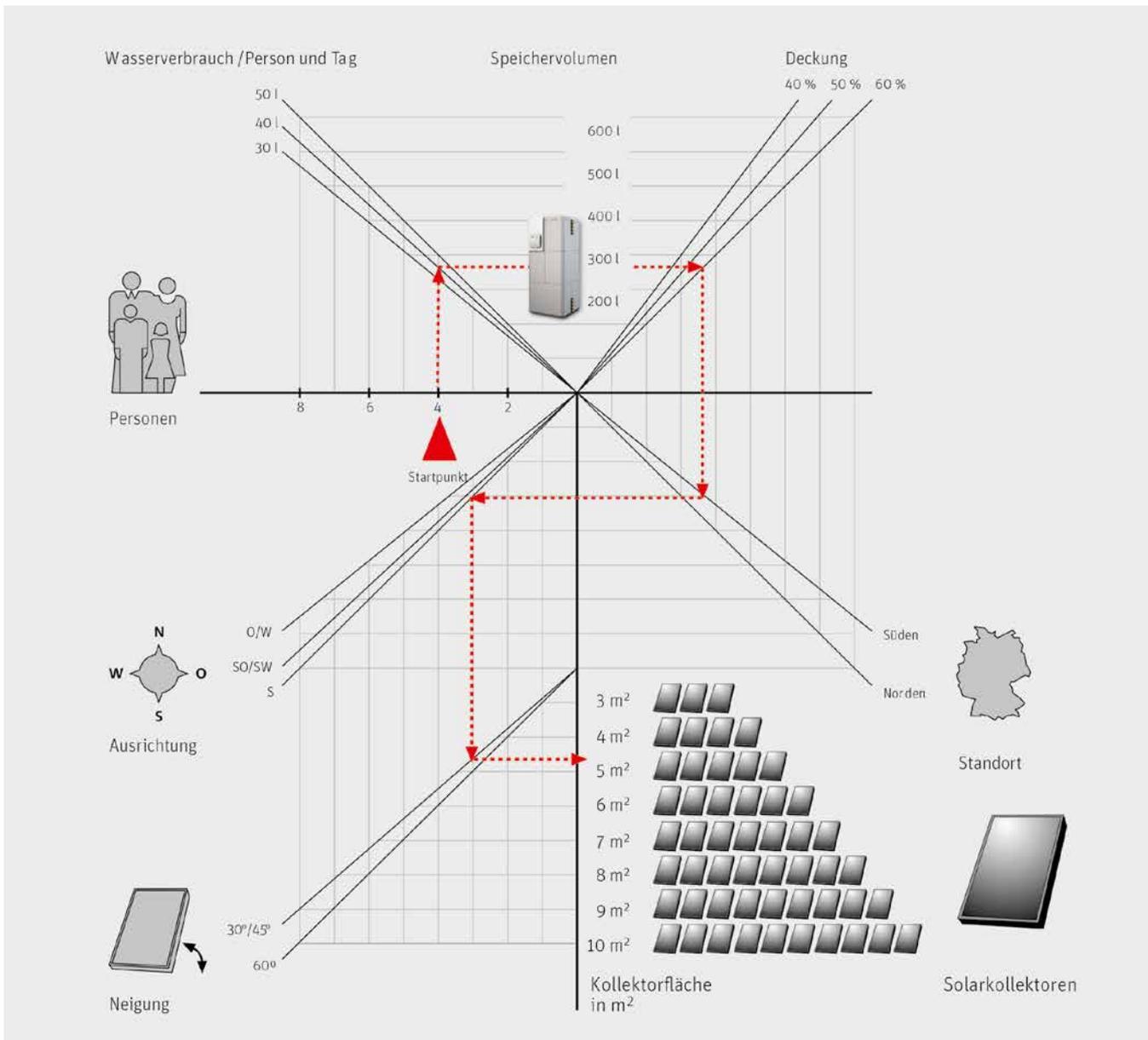


Abbildung 25:

Auslegung von Flachkollektoren zur Trinkwarmwassererwärmung [25]

Ausblick Solarthermie und Erdwärme

Bei größeren Vorhaben auf Block- oder Quartiersebene kann sich bei einer Kombination aus Wärmepumpen zur Erdwärmenutzung und Solarthermie das Erdreich durch solare Wärmeüberschüsse regenerieren, die Erdwärmekollektorfläche kann etwa halbiert und zugleich die thermische Erschöpfung des Erdreichs verhindert werden. [26]

PE 27_Heiz: Gestaltung der Wärmeübergabe

Eine hohe Energieeffizienz bei der Wärmebereitstellung wird durch Heizungsübergabesysteme mit Niedertemperatursystemen erzielt. Dadurch wird gewährleistet, dass ein hoher Anteil erneuerbarer Energien direkt im Gebäude nutzbar gemacht werden kann. Dies ist erforderlich, um den angestrebten Endenergieüberschuss von Effizienzhaus Plus Gebäuden zu erreichen.

Neubau

Bei neu zu errichtenden Effizienzhaus Plus Gebäuden empfiehlt sich aus Komfortgründen und unter energetischen Gesichtspunkten die Nutzung einer Fußbodenheizung. Aufgrund der hohen wärmeschutztechnischen Qualität der Gebäudehülle kann die erforderliche Heizleistung der Übergabesysteme durch Flächenheizsysteme (Fußboden-, Wand- und Deckenheizung) gedeckt werden.

Mit den in Tabelle 7 zusammengestellten Heizleistungen von Wärmeübergabesystemen kann schnell geprüft werden, ob die in den Räumen benötigte Leistung durch Flächenheizungssysteme bereitgestellt werden kann.

Heizwärmeleistung in W/m ²		
Typ/Temp.*	35 °C/30 °C	55 °C/40 °C
Heizkörper Profil		1.000
Heizkörper glatt		900
Deckenheizung Kapillarrohre	70	
Fußbodenheizung	30 bis 50	
Wand- und Deckenheizung	45	

*Temp.: Vor- und Rücklauftemperatur

Anmerkung: Die Fläche bezieht sich auf die Übergabefläche bzw. Außenmaße der Heizkörper.

Bestand

Bei Bestandssanierungen kann und soll oftmals die vorhandene Architektur und Bau-substanz erhalten werden. Hierbei können häufig keine klassischen Fußbodenheizungen nachgerüstet werden. Decken- und Wandheizungen sind bei solchen Sanierungsprojekten alternative Technologien, um die Räume mit Wärme zu versorgen. Diese Flächenheizsysteme werden u. a. als Unterputzlösungen angeboten und haben maximale Aufbauhöhen von einem bis drei Zentimetern. Im Vergleich zu konventionellen Fußbodenheizungssystemen können Wand- und Deckenheizungen durch die großen aktivierbaren Flächen mit besonders niedrigen Vorlauftemperaturen (26 bis 30 °C) betrieben werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch den Wegfall der Heizkörper die vorhandenen Stellflächen in den Wohnungen flexibler genutzt werden können.

Abbildung 26 zeigt das Deckenheizungssystem bei einer Bestandssanierung. Die verputzte Oberfläche hat das identische Erscheinungsbild wie eine Wand oder Decke ohne Heizsystem (siehe Kapitel 2: Vorbildliche Bauten im Effizienzhaus Plus Standard, Sanierung Einfamilienhaus, Stuttgart).

Niedertemperaturheizkörper

Sollten Komfortgründe oder gegebene technische Rahmenbedingungen die Nutzung von Heizkörpern erforderlich machen, können spezielle Niedertemperaturheizkörper (siehe Abbildung 27) zum Einsatz kommen.



Abbildung 26:

Bestandssanierung mit eingeputzten Kapillarrohmatten [27] und Wandflächenkühlung (Testraum in Dubai 2007) (Quelle: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch)

Tabelle 7:

Heizleistung verschiedener Niedertemperatur-Wärmeübergabesysteme



Abbildung 27:

Niedertemperaturheizkörper [28] (Quelle: Zehnder Group)

Warmwasser

PE 28_Wasser: Bedarfsberechnung zur Warmwasserbereitung

Die Berechnung des Wärmebedarfs für die Warmwasserbereitung erfolgt in der frühen Planungsphase über flächenbezogene Kennwerte. Mit der DIN V 18599 Teil 10 (2016) steht ein Berechnungsverfahren zur Verfügung, das nicht fixe Größen je Gebäudetyp zugrunde legt, sondern eine Berechnung in Abhängigkeit der Wohnungsgröße erlaubt.

In Abbildung 28 sind die verschiedenen Ansätze für den flächenbezogenen Nutzwärmebedarf für die Trinkwarmwasserbereitung dargestellt. Relevant für die Wärmeerzeugung ist die Wärmemenge, die vom Wärmeerzeuger bereitgestellt werden muss. Diese setzt sich aus der Nutzenergie sowie den Verteil- und Speicherverlusten zusammen.

Für die Ermittlung der zu erzeugenden Wärmemenge sind daher zum Nutzwärmebedarf zusätzlich rund 50 bis 100 Prozent für die Speicher- und Verteilverluste zu addieren. Bei kompakten Gebäuden mit kurzen Leitungswegen liegen die Verteilverluste bei 50 Prozent und bei langen Leitungswegen bei bis zu 100 Prozent der Nutzenergie.

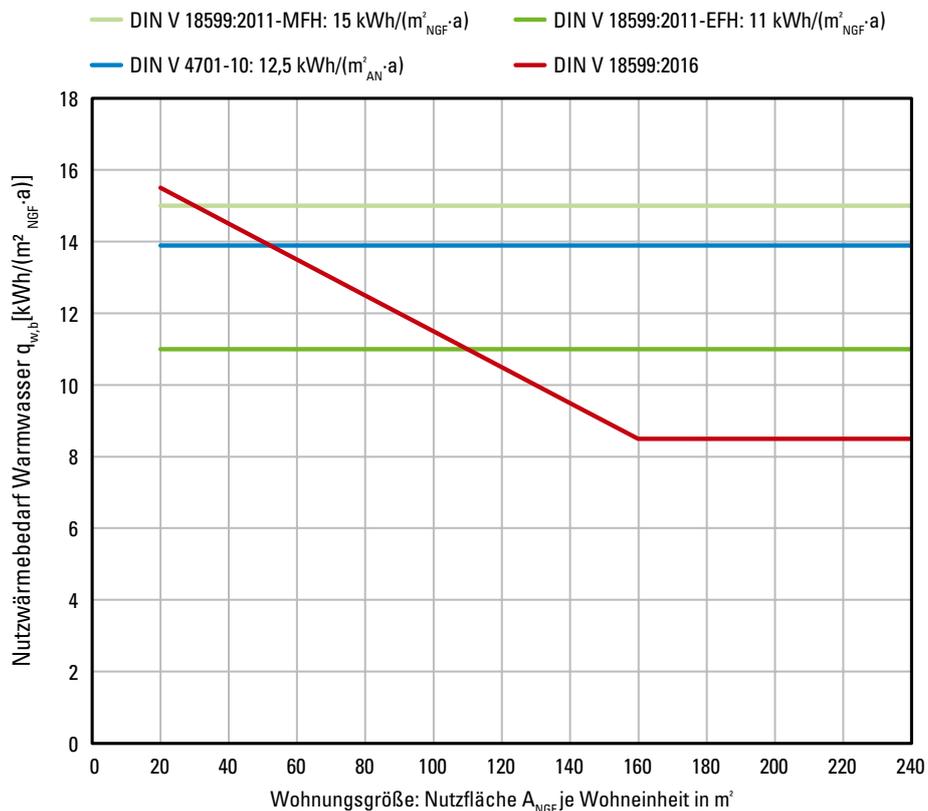


Abbildung 28:
Nutzwärmebedarf zur
Trinkwarmwasserbereitung

PE 29_Wasser: Warmwasserbereitung im Mehrfamilienhaus

Bei der Auswahl eines Systems zur Warmwasserbereitung in Mehrfamilienhäusern im Effizienzhaus Plus Standard sind besondere Anforderungen zu beachten. Grundsätzlich sollen sowohl hygienische Standards eingehalten, die Wärmeverteilverluste gering gehalten und die Nutzung lokaler erneuerbarer Energien angestrebt werden.

Einsatz von Frischwasserstationen

Beim Einsatz von Wärmepumpen sind in Mehrfamilienhäusern wohnungswise Frischwasserstationen (siehe Abbildung 29) eine geeignete Systemvariante. In diesen erfolgt im Durchflussprinzip die Warmwasserbereitung. Durch die dezentrale Warmwasserbereitung in den Wohnungen sind Vorlauftemperaturen unter 60 °Celsius im Verteilernetz möglich und somit ein effizienter Betrieb der Wärmepumpe. Die damit verbundene physikalische Trennung des Gebäude- und des Wohnungs-Heiznetzes dient der Vermeidung der Legionellenbildung im Warmwassernetz.

Vierleiter-Netz als Verteilernetz

Die Wärmeverteilung erfolgt beim Einsatz von Frischwasserstationen idealerweise durch ein Vierleiter-Netz. (siehe Abbildung 30). Es existieren dabei getrennte Zirkulationsleitungen im Gebäude für Heizwärme und die wohnungswise Warmwasserbereitung. Zur Erhöhung der Warmwasser-Entnahmetemperatur (> 55 °C) kann ein elektronisch geregelter Durchlauferhitzer kurz vor der Zapfstelle installiert werden.



Abbildung 29:
Frischwasserstation im Mehrfamilienhaus
(Quelle: STZ-EGS)

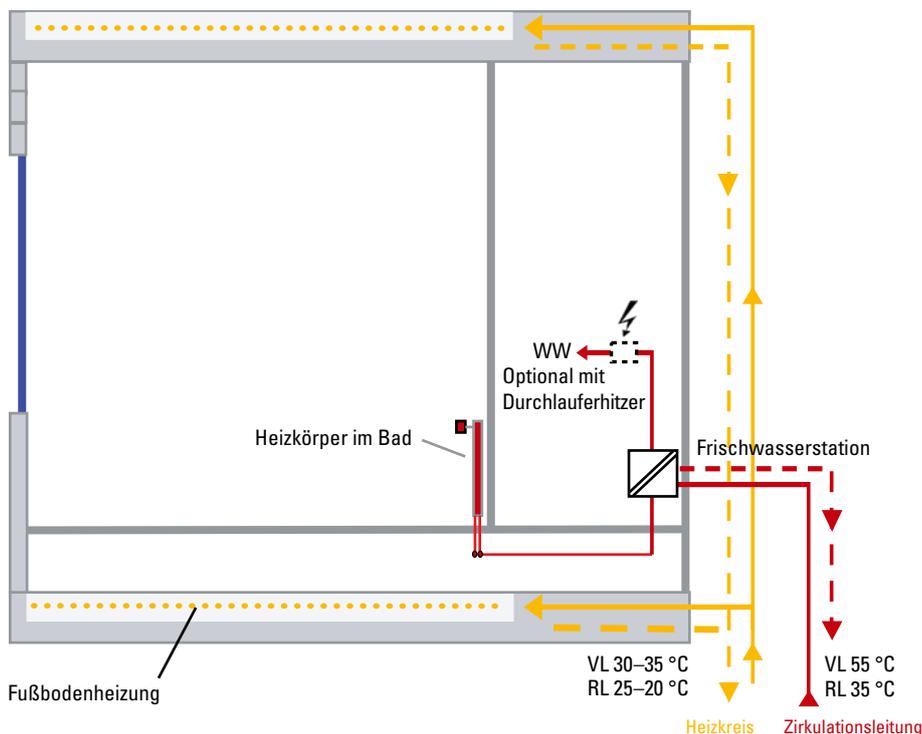


Abbildung 30:
Vierleiter-Verteilernetz mit dezentraler
Frischwasserstation

Lüftung

PE 30_Lüft: Lüftungstechnik

Energieeffiziente Gebäude erfordern Gebäudehüllen mit einer hohen wärmeschutztechnischen Qualität und einer hohen Luftdichtheit zur Vermeidung von unkontrollierten Lüftungsverlusten. Eine mechanische Lüftung sorgt bei diesen Gebäuden sowohl für den hygienischen als auch den gesetzlich vorgeschriebenen Mindestluftwechsel. Ergänzend zur mechanischen Lüftungsanlage sollte der Nutzer in einem Effizienzhaus Plus zu jeder Zeit über die Fenster lüften können.

DIN-Normen, wie die DIN 18017-3 und die DIN 1946-6, greifen die Erfordernis und den Nutzen einer kontrollierten Lüftung auf und machen konkrete Angaben zur Umsetzung. Folgende Funktionen soll eine Lüftungsanlage erfüllen:

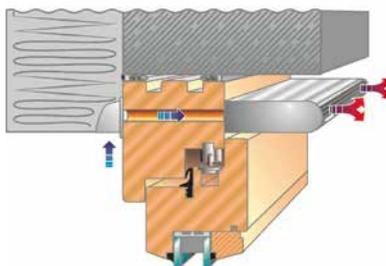


Abbildung 31:
In Fensterrahmen integriertes
Zuluftelement [29]

- › Versorgung mit Außenluft, (CO₂-Konzentration)
- › Abfuhr von Gerüchen und Schadstoffen
- › Abfuhr von Luftfeuchtigkeit (Schimmel!)
- › Reduzierung von Energieverlusten
- › Reduktion von Lärmimmissionen in lärmbelasteten Gebieten
- › Filterung der Außenluft, z. B. von Pollen – Vorteile für Allergiker!

Dezentrale Lüftungsanlagen

Dezentrale Lüftungsanlagen bestehen aus einzelnen Ventilatoren zur Abfuhr der Abluft und aus dezentralen Nachströmöffnungen in der Gebäudehülle (z. B. Zuluftelement im Fenster). Die Abluftführung erfolgt direkt über die Fassade oder bei einer Zusammenfassung mehrerer Wohneinheiten über eine gemeinsame Leitung über Dach.

Zentrale Lüftungsanlagen

Bei zentralen Lüftungsanlagen saugt ein zentraler Abluftventilator aus den einzelnen Räumen die verbrauchte Luft ab und führt diese über eine Leitung nach außen. Über Zuluftelemente gelangt frische Luft in die Räume und strömt zum Abluftbereich (Küche, Bad, WC) über.

Folgende in Tabelle 8 dargestellten qualitativen Vor- und Nachteile liegen bei dezentralen bzw. zentralen Lüftungsanlagen vor und können bei der Systemauswahl helfen:

Dezentrale Lüftung		Zentrale Lüftung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> › Handwerker kennen das System (in der Regel Ausführung durch Sanitärfirmen) › Einfache Installation › Kostengünstige Installation › Geringer Platzbedarf im Schacht › Einfacher Brandschutz durch wartungsfreie Schotten 	<ul style="list-style-type: none"> › Leise (nicht hörbar) › Hoher Bedienungskomfort, Luftmengen leicht wählbar (bei großer Kälte kann Lüftungsstufe reduziert werden) › Minimaler Stromverbrauch › Bei Filterverschmutzung kein Einfluss auf Luftmenge, Lüftungsfunktion auch dann gesichert › Einfache Wartung, Filterwechsel vom Hausmeister durchführbar › Einfacher Brandschutz durch wartungsfreie Schotten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> › Permanenter Geräuschpegel vorhanden (Rauschen) › Höherer Stromverbrauch › Regelmäßiger Filterwechsel an jedem Gerät erforderlich (vom Nutzer), bei Filterverschmutzung reduziert sich die Luftmenge deutlich! › Hohe Lüfterstufe ist laut, kleine Gesamtluftmenge (Urlaub) nur durch Abschalten von Ventilatoren möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> › Investitionskosten höher › Regelmäßiger Filterwechsel erforderlich › Höherer Planungsaufwand › Größere Schächte erforderlich (wegen Schalldämmern) › Allgemein zugänglicher Platz für Zentrallüfter erforderlich

Tabelle 8:
Bewertung zentraler und
dezentraler Lüftungsanlagen

PE 31_Lüft: Lüftung mit WRG oder nur Abluftsystem?

Bei Lüftungsanlagen ist die Ausführung mit und ohne Wärmerückgewinnung (WRG) möglich. Ohne Wärmerückgewinnung wird von einer Abluftanlage gesprochen, die frische Luft über Zuluftelemente nachströmen lässt (siehe PE 30). Bei einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erfolgt die Ab- und Zuluftführung kontrolliert über einen Zu- und Abluftventilator, der über einen Wärmetauscher der Abluft Wärme entzieht und die frische Zuluft vorwärmt (siehe Abbildung 32).

Die Wärmerückgewinnung hat den Vorteil, dass die frische Luft vorgewärmt in die Räume strömt, Zuglufterscheinungen vermieden werden und damit ein hoher thermischer Komfort für die Nutzer entsteht. Darüber hinaus kann der Heizwärmebedarf durch die Vorwärmung der Zuluft signifikant reduziert werden. In Abhängigkeit vom Wärmerückgewinnungsgrad und dem Gebäudehüllstandard kann der Heizwärmebedarf gegenüber einer reinen Abluftanlage um etwa 10 bis 15 kWh/(m²_{AN}·a) gesenkt werden.

Dabei ist zu beachten, dass Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in der Regel einen höheren Lüftungsstrombedarf haben als reine Abluftanlagen. Der Strombedarf liegt nach Normansätzen bei einer reinen Abluftanlage im Bereich von 1,5 bis 2,5 kWh/(m²_{AN}·a) und bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung bei 3 bis 5 kWh/(m²_{AN}·a). Die energetische und ökologische Sinnhaftigkeit (CO₂-Reduzierung) hängt vom absoluten Heizwärmebedarf und der vorliegenden Wärmeerzeugungstechnologie ab.

Beispiel zur CO₂-Bewertung:

Berechnung der CO₂-Einsparung bei Einsatz einer Lüftung mit WRG und dadurch um 12,5 kWh/(m²·a) reduzierten Heizwärmebedarf ggü. reiner Abluft:

Endenergieeinsparung Heizung – CO₂-Äquivalent

› Einsparung bei Wärmepumpe

Einsparung Heizwärmebedarf/JAZ · CO₂-Äquivalent für Strom (550 g/kWh)

$$12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad / 4 \cdot 550 \text{ g/kWh} \quad = 1.700 \text{ g CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

CO₂-Einsparung durch Lüftung mit WRG bei Wärmebereitstellung mit Wärmepumpe

› Einsparung bei Gaskessel

Einsparung Heizwärmebedarf/Nutzungsgrad · CO₂-Äquivalent für Erdgas (240 g/kWh)

$$12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad / 0,95 \cdot 240 \text{ g/kWh} \quad = 3.200 \text{ g CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

CO₂-Einsparung durch Lüftung mit WRG bei Wärmebereitstellung mit Gaskessel

› Mehrbedarf

$$3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad \cdot 550 \text{ g/kWh} \quad = 1.650 \text{ g CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

Zusätzlicher Strombedarf einer Lüftung mit WRG ggü. einer reinen Abluftanlage

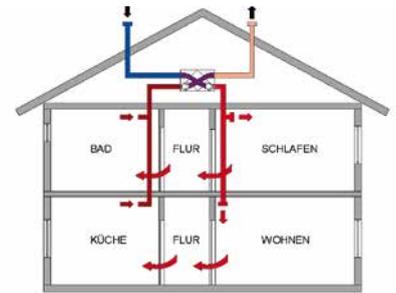


Abbildung 32:
Lüftungsanlage mit
Wärmerückgewinnung [30]

Kostenbeispiel

Die Kosten für eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung sind höher als bei einer reinen Abluftanlage. Das nachfolgende Beispiel für ein Mehrfamilienhaus mit 20 Wohneinheiten (WE) und einer Energiebezugsfläche von 1.800 m² zeigt den Kostenvergleich (netto).

Dezentrale Abluftanlagen je Wohneinheit:

Investitionskosten: 36.000 € (1.800 €/WE)

Wartung/ Inspektion: 360 €/a bzw. 18 €/WE-a, Instandsetzung: 360 €/a bzw. 18 €/WE-a

Zentrale Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung

Investitionskosten: 150.000 € (7.500 €/WE)

- Anlage mit automatisch gesteuerten Brandschutzklappen über ein zentrales Informationssystem, Kontrolle der Brandschutzklappen vor Ort nur alle 6 Jahre notwendig
- 3-stufige Volumenstromreglung: Feuchteschutz, reduzierter und Normalbetrieb

Wartung/Inspektion/Instandsetzung: 6.000 €/a bzw. 300 €/WE-a
(Basis: Wartung inkl. Filtertausch)

Mehrkosten der Lüftung mit Wärmerückgewinnung:

Investitionskosten ~ 5.000 €/WE
Jahresgesamtkosten, annuisiert: ~ 700 €/WE-a
(inkl. Berücksichtigung der Energiekosten Wärme und Strom)

Fazit:

Bei einer Wärmeversorgung mit einer Wärmepumpe wird kaum CO₂ durch den Einsatz einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung eingespart! Beim Einsatz von fossilen Energieträgern zur Wärmeerzeugung kann jedoch mit einer Lüftung mit WRG gegenüber einer reinen Abluftanlage eine signifikante CO₂-Reduktion erzielt werden.

Grundsätzlich gilt aber, dass bei Bestandshaltungen in der Regel zentrale Lüftungskonzepte favorisiert werden, damit nach Möglichkeit die einzelnen Wohnungen der Mieter bei Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten, wie z. B. Filterwechsel, nicht betreten werden müssen.

Entscheidungsfindung:

Die Entscheidung für oder gegen eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung wird im Einzelfall zu treffen sein. Kriterien wie die

- Nutzerstruktur (Eigentümer, Mieter),
- der Gebäudetyp (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus),
- die Investitions- und Betriebskosten,
- die Komfortanforderungen und
- die zu erwartende Energieeinsparung

sollten im Rahmen einer Nutzwertanalyse bei der Entscheidungsfindung Beachtung finden.

Energiespeicher

Energiespeicher dienen zur zeitlichen Entkopplung von Energieerzeugung und Energieverbrauch. Im Strombereich kommen Batterien zum Einsatz, um überschüssige Erzeugungsmengen fluktuierender erneuerbarer Energien aus PV- und Windkraftanlagen zu speichern und in Zeiten geringer Erzeugung für die Lastdeckung zu nutzen. Im Wärmebereich werden Wärmespeicher z. B. in Kombination mit Wärmepumpen und KWK-Anlagen verwendet, um das „Takten“ (An- und Abschalten) der Anlagen und damit eine negative Beeinträchtigung der Lebensdauer zu vermeiden. Für Solarthermie-Systeme werden Warmwasserspeicher eingesetzt, wobei je nach Anwendung zwischen Kurz- und Langzeitspeicherung unterschieden wird.

PE 32_Speicher: Auswahl des Stromspeichers

Gebäude im Effizienzhaus Plus Standard produzieren über den Zeitraum von einem Jahr mehr Energie, als sie verbrauchen. Die durch eine Photovoltaikanlage erzeugten Strommengen fallen sowohl im saisonalen als auch tageszeitlichen Verlauf schwankend an. In den vier Monaten Mai bis August wird rund die Hälfte des jährlichen Stromertrags generiert und nachts findet keine Erzeugung statt.

Ein Stromspeicher in Effizienzhaus Plus Gebäuden dient der Steigerung der Eigenstromversorgung, indem tagsüber Stromüberschüsse eingespeichert werden. Durch den Einsatz von Batterien kann der Eigenstromversorgungsgrad von rund 30 Prozent auf über 50 Prozent angehoben werden.

Zukünftig kann bei einer stärkeren Durchdringung der Gebäudeinfrastruktur mit erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien, besonders zu Zeiten mit hoher Sonneneinstrahlung, eine Überlastung der Netzinfrastruktur eintreten. Neben der Ertüchtigung der betroffenen Netzabschnitte können alternativ Stromspeicher dazu genutzt werden, um zeitgleich auftretende Einspeisespitzen zu reduzieren.

Technologieübersicht Stromspeicher

Für den stationären Einsatz in Gebäuden finden hauptsächlich Lithium-Ionen-Batterien Anwendung. Eine Auswertung der Effizienzhaus Plus Modellprojekte (1) zeigt, dass 51 Prozentpunkte der Gebäude einen Stromspeicher nutzen. 38 Prozentpunkte davon verwenden die Lithium-Ionen-Technologie und 13 Prozentpunkte Blei-Säure-Batterien.

Diese Tendenz deckt sich mit den Ergebnissen des Forschungsvorhabens „WMEP (KfW 275)“ [31], bei dem die Markt- und Technologieentwicklung von Solarstromspeichern in Deutschland analysiert werden. Ende 2017 waren rund 85.000 dezentrale Stromspeicher im Einsatz, wobei gemäß Abbildung 33 in den letzten Jahren bei mehr als 80 Prozent die Lithium-Ionen-Technologie genutzt wurde.

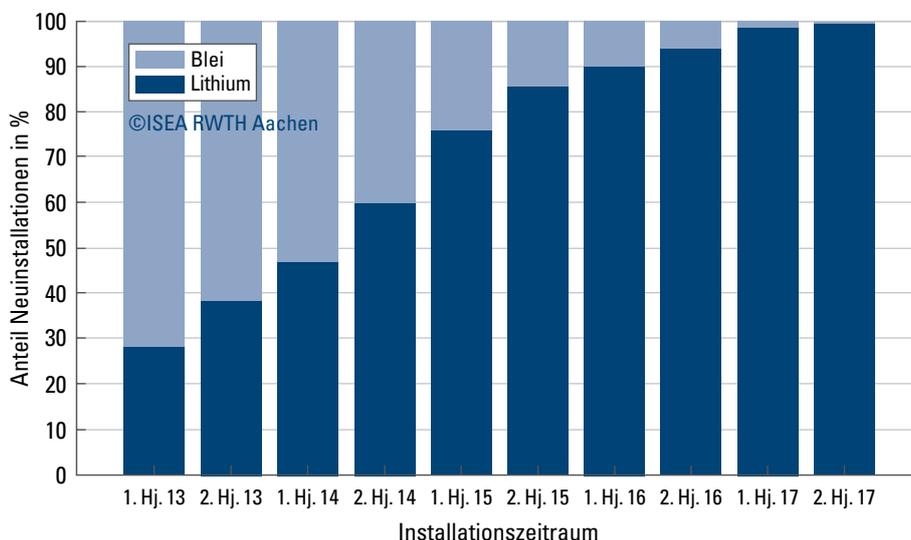


Abbildung 33:
Technologien: KfW-geförderter
Stromspeicher [31]

Preise

Die Preise für Stromspeichersysteme werden auf die nutzbare Batteriekapazität bezogen. Die nachfolgende Auswertung beinhaltet Netto-Preise für komplette Stromspeichersysteme (Batteriespeicher, Leistungselektronik, Sensoren usw.).

Im Jahr 2017 lagen die Preise von Stromspeichern mit einer nutzbaren Kapazität

- kleiner 6 kWh bei rund 1.400 €/kWh,
- zwischen 6 und 12 kWh bei rund 1.100 €/kWh und
- zwischen 12 und 50 kWh bei rund 800 €/kWh [31].

Technologieauswahl

Für die Auswahl und Dimensionierung eines Stromspeichers sind in Tabelle 9 technische Kenndaten der Lithium-Ionen- und Blei-Säure-Technologie zusammengestellt. Stationäre Solarstromspeichersysteme werden in der Regel mit der Lithium-Ionen-Technologie ausgestattet, da diese einen hohen Wirkungsgrad, eine hohe Entladetiefe und eine hohe Zyklenlebensdauer aufweist.

Stromspeicher	Lithium-Ionen-Technologie	Blei-Säure-Technologie
Wirkungsgrad Laden-Entladen inkl. Batterieumrichter	80%–85%	73%–78%
Energiedichte (Zellen)	200 Wh/l–350 Wh/l	50 Wh/l–75 Wh/l
Zykluslebensdauer	1.000–5.000 (Vollzyklen)	500–2.000
Kalendarische Lebensdauer	5–20 Jahre (abhängig von Temperatur und Ladezustand)	5–15 Jahre (abhängig von Temperatur und Ladezustand)
Entladetiefe	Bis 100%	50–70%
Selbstentladung	3–5% pro Monat	3–5% pro Monat
Anforderungen Aufstellort	Bislang sind keine speziellen Anforderungen festgelegt.	Aufstellraum muss belüftet sein, Luftdurchsatz abhängig von Technologie (geschlossen oder verschlossen)
Vorteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Lange Lebensdauer, keine Anforderungen an Aufstellort, hohe Energiedichte (d. h. kompaktes System), wenig Wartungsaufwand	Etablierte Technologie mit viel Betriebserfahrung in stationären Anlagen, geringe Investitionskosten
Nachteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Hohe Kosten, wenig Erfahrung mit der Technologie in der gegebenen Anwendung, im Fehlerfall Gefahr von Brand	Geringe Energiedichte nachteilig bei begrenztem Platzangebot, Lüftungsanforderung im Batterieraum nicht immer einfach umsetzbar

Tabelle 9:
Stromspeicherkenndaten [31]

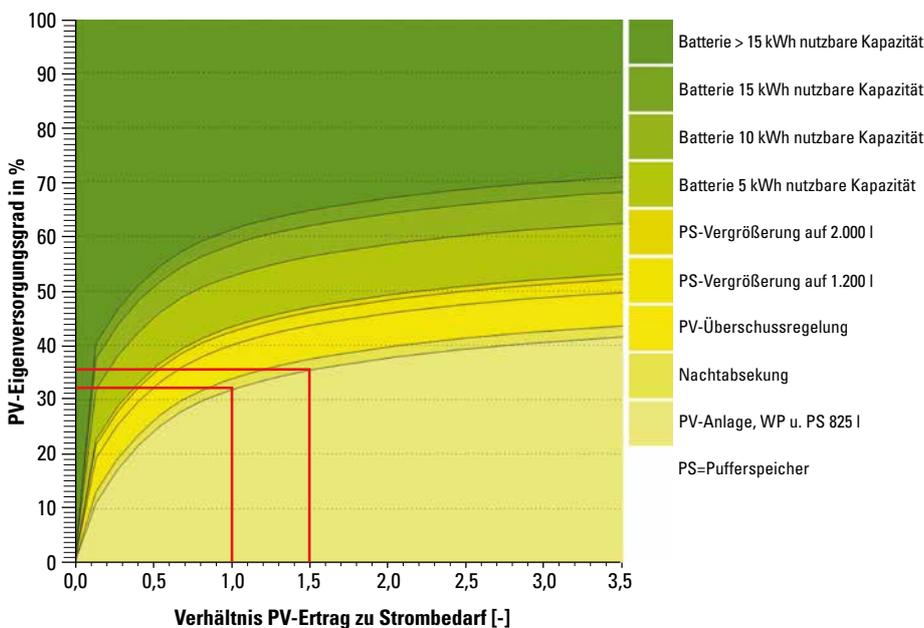
Dimensionierung von Stromspeichern

Die konkrete Auslegung des Stromspeichers erfolgt in der Planung auf Basis einer dynamischen Simulation unter Berücksichtigung der technischen Batterieparameter, der Lade- und Entlademengen und der gewünschten Betriebsweisen.

Stromspeicher und Eigenversorgungsgrad

Mittels einer Simulation werden der Eigenversorgungsgrad und der Grenznutzen eines Stromspeichers berechnet. Eine Erhöhung der Stromspeicherkapazität führt zunächst zu einem Anstieg des Eigenversorgungsgrades. Dieser steigt aber nicht linear, sondern nähert sich asymptotisch einem Grenzwert an. Für eine Abschätzung kann das von Kley [13] entwickelte Nomogramm in Abbildung 34 verwendet werden. In Abhängigkeit vom PV-Ertrag, des Strombedarfs und der Stromspeicherkapazität kann hierbei der PV-Eigenversorgungsgrad ermittelt werden.

Ein für Effizienzhaus Plus Gebäude notwendiges Verhältnis von PV-Ertrag und Strombedarf im Bereich von 1 bis 1,5 ergibt einen Eigenversorgungsgrad von rund 30 bis 35 Prozent (ohne Batterie). Durch den Einsatz eines Stromspeichers kann der Eigenversorgungsgrad auf über 50 Prozent gesteigert werden.



Schnelle Dimensionierung:

Für eine vereinfachte Dimensionierung der Kapazität von Solarstrom-Speichersystemen gilt folgende Faustformel:

1 kWh nutzbare Speicherkapazität pro kW_p PV-Leistung bei einem jährl. PV-Ertrag von 900 bis 1.100 kWh/kW_p

Abbildung 34:

PV-Eigenversorgungsgrad in Abhängigkeit vom PV-Ertrag und von der Batteriekapazität [13]

PE 33_Speicher: Wärmespeicher im Effizienzhaus Plus

Auslegung von Wärmespeichern zur Erhöhung der Eigenversorgung

Durch den Einsatz von Wärmespeichern insbesondere mit Wärmepumpensystemen lässt sich der Eigenversorgungsgrad steigern. Dabei wird eine Wärmepumpe mit überschüssigem Photovoltaikstrom betrieben, um thermische Speicher und Gebäudemassen (Estrich der Fußbodenheizung) mit Wärme zu beladen (Power-to-Heat). Thermische Speicher sind in Heizungsanlagen meist vorhanden und eine Vergrößerung des Speichervolumens ist wesentlich wirtschaftlicher als eine direkte Stromspeicherung in Batterien.

Den Einfluss des Pufferspeichervolumens (PS-Vergrößerung) auf die Erhöhung des Photovoltaik-Eigenversorgungsgrades zeigt Abbildung 35 für ein Einfamilienhaus mit einer elektrischen Wärmepumpe. Ausgehend von einem Pufferspeicher mit 825 Liter und einer „Photovoltaik-Überschussregelung“ führt die Verdoppelung des Speichervolumens (gesamt 1.600 Liter) zu einem rund drei Prozent höheren Photovoltaik-Eigenversorgungsgrad. Eine weitere Vergrößerung des Speichervolumens führt zu keiner signifikanten Steigerung der Eigenversorgung. Ein Optimum der Erhöhung der Eigenstromnutzung ergibt sich bei einem Verhältnis von Photovoltaikertrag zu Strombedarf zwischen 1,15 und 1,25. [13]

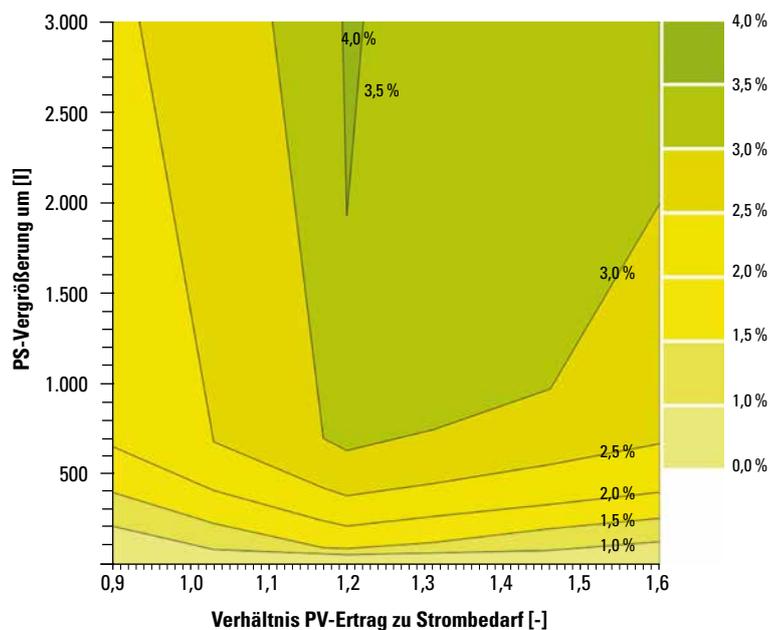


Abbildung 35:
Erhöhung des PV-Eigenversorgungsgrades in Abhängigkeit vom Pufferspeichervolumen (PS) für ein Einfamilienhaus mit PV-Anlage und elektrischer Wärmepumpe [13]

Für ein Einfamilienhaus mit PV-Anlage und elektrischer Wärmepumpe gelten folgende Empfehlungen zur Auslegung des Speichervolumens [13]:

- In Kombination mit einer „PV-Überschussregelung“ ist ein Wärmespeichervolumen bis etwa 2.000 Liter zu empfehlen.
- Zur „optimalen“ Steigerung der Eigenstromnutzung sollte das Pufferspeichervolumen bezogen auf die Leistung der PV-Anlage 100 l/kW_p bis 130 l/kW_p bzw. auf den Solarertrag 110 l/MWh PV-Ertrag bis 140 l/MWh PV-Ertrag betragen.



Nutzerstrom/Haushaltsgeräte

Beim Effizienzhaus Plus Standard wird der Nutzerstrom in der jährlichen Energiebilanz berücksichtigt. In energieeffizienten Wohngebäuden kann der Anteil des Nutzerstrom über 50 Prozent am gesamten Endenergiebedarf betragen. Deshalb ist die Bilanzgrenze beim Effizienzhaus Plus Standard gegenüber herkömmlichen Standards und der EnEV erweitert.

Im Folgenden werden Empfehlungen zur Reduzierung des Nutzerstrombedarfs gegeben.

Bild oben:

Nutzerinterface mit Ansicht über aktuellen Verbrauch
(Quelle: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG, Fotograf: Constantin Meyer)

Praxistipp:

Für eine ergänzende projektspezifische, detaillierte Ermittlung des Nutzerstrombedarfs steht vom aktivplus e. V. ein Berechnungswerkzeug zur Verfügung:

www.aktivplusev.de/handlungsempfehlungen

PE 34_Strom: Berechnung des Nutzerstroms

Der Nutzerstrom umfasst den Bedarf für den Betrieb der Haushalts- und Kommunikationsgeräte (57 %), der Haushaltsprozesse (33 %, z. B. Kühlen, Kochen, Backen, Waschen, Trocknen, Bügeln und Saugen) sowie der Beleuchtung (10 %). Der Strombedarf eines Haushalts ist dabei abhängig von der Personenzahl und zu einem kleinen Teil von der Wohnungsgröße. Im Mittel beträgt der Stromverbrauch eines Drei-Personen-Haushalts in einem Mehrfamilienhaus etwa 2.600 kWh/a. In einem Einfamilienhaus mit vier Personen liegt er im Mittel bei 4.000 kWh/a (jeweils Warmwasserbereitung nicht mit Strom). [32]

In der Planungsphase kann der Nutzerstrombedarf für den Effizienzhaus Plus Standard wie folgt angenommen werden:

Nutzerstrombedarf in kWh/a = 20 kWh/(m²·a) · Wohnfläche in m²

Der Ansatz basiert auf der Nutzung von Haushaltsgeräten der höchsten Effizienzklasse. Die in der Praxis auftretenden Stromverbräuche können davon erheblich abweichen. Dies ist auf das individuelle Nutzerverhalten oder eine spezielle Geräteausstattung (wie z. B. Sauna, Whirlpool) zurückzuführen.

PE 35_Strom: Auswahl Strom sparender Haushaltsgeräte

Zur Reduzierung des Nutzerstrombedarfs sind Effizienzhaus Plus Gebäude „durchgängig mit Geräten des höchsten Energieeffizienzlabels (in der Regel Label A++ oder besser)“ [1] auszustatten. Verschiedene Studien belegen, dass Haushalte, die mit hocheffizienten Haushaltsgeräten (Toprunner) und Beleuchtungssystemen ausgestattet sind, nur etwa 50 Prozent der Strommenge verbrauchen, die vergleichbare Haushalte mit normaler Geräteausstattung benötigen. [1] In Kombination aus energiebewusster Nutzung (siehe PE 38) und der geforderten Geräteausstattung sind die in Effizienzhaus Plus Gebäuden angestrebten Nutzerstrombedarfe in der Realität gut zu erreichen.

Eine herstellerunabhängige Plattform, in der Haushaltsgeräte der höchsten Effizienzklasse aufgeführt werden, ist im Rahmen der Initiative „Deutschland macht's effizient“ entstanden. Diese dient interessierten Käufern und auch Planern zur Auskunft über Preise und die Energieeffizienz einzelner Haushaltsgeräte.

Der Produktfinder steht im Internet unter: www.aktivplusev.de/handlungsempfehlungen zur Verfügung.



PE 36_Strom: Haushaltsstromverbrauch im Blick behalten und vergleichen

Die Bewertung der Gebäudeperformance in der Nutzungsphase erfolgt mit einem energetischen Monitoring (siehe PE 37). Hierzu werden die relevanten Energiemengen im Gebäude mit Strom- und Wärmemengenzählern erfasst. Aus der Analyse des Energieverbrauchs und der lokalen Energieerzeugung wird eine Aussage über die Einhaltung der Effizienzhaus Plus Anforderungen (Überschuss an Endenergie) abgeleitet.

Für die Einordnung des eigenen Haushaltsstromverbrauchs (Nutzerstrom) fehlt meist eine Orientierungsgröße. Viele Verbraucher können daher kaum einschätzen, ob der eigene Nutzerstromverbrauch nun hoch oder niedrig ist. Die vorgestellten Berechnungsmethoden erlauben dabei lediglich einen projektspezifischen Vergleich der Verbrauchswerte mit den Planungswerten und geben Aufschluss, ob der eigene Stromverbrauch dem definierten Zielwert entspricht oder dieser überschritten wird.

Als Endverbraucher ist der Vergleich mit anderen Personen von Interesse. Der Vergleich löst einen Wettbewerb aus, der indirekt Impulse setzen kann, um das eigene Verbrauchsverhalten zu bewerten und eine Sensibilisierung bezüglich der Energienutzung zu erreichen. [33]

Aktuelle Orientierungsgrößen finden Sie unter: www.stromspiegel.de (siehe Abbildung 36)

Abbildung 36:
Ist Ihr Stromverbrauch hoch oder gering?
Die Vergleichswerte des Stromspiegels für Deutschland 2017 (Auszug) [32]

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			Gering	A	B	C	D	E	F
Ein- oder Zweifamilienhaus	ohne Strom	1 Person	bis 1.300	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 4.000	über 4.000
		2 Personen	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.200	bis 3.600	bis 4.400	über 4.400
		3 Personen	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.500	bis 3.900	bis 4.300	bis 5.200	über 5.200
		4 Personen	bis 2.900	bis 3.500	bis 3.800	bis 4.200	bis 4.900	bis 5.900	über 5.900
	mit Strom	1 Person	bis 1.500	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.600	bis 5.000	über 5.000
		2 Personen	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.800	über 5.800
		3 Personen	bis 3.000	bis 3.800	bis 4.200	bis 4.900	bis 5.700	bis 7.300	über 7.300
		4 Personen	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.500	bis 6.300	bis 8.000	über 8.000
Wohnung im Mehrfamilienhaus	ohne Strom	1 Person	bis 800	bis 1.000	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.200	über 2.200
		2 Personen	bis 1.300	bis 1.600	bis 2.000	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.100	über 3.100
		3 Personen	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.200	bis 3.900	über 3.900
		4 Personen	bis 1.900	bis 2.400	bis 2.800	bis 3.200	bis 3.700	bis 4.500	über 4.500
	mit Strom	1 Person	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.800	bis 2.000	bis 2.400	bis 3.000	über 3.000
		2 Personen	bis 2.000	bis 2.500	bis 2.900	bis 3.100	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		3 Personen	bis 2.600	bis 3.200	bis 3.700	bis 4.100	bis 4.700	bis 5.600	über 5.600
		4 Personen	bis 2.800	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.600	bis 5.400	bis 6.500	über 6.500

Die Spannweite des Stromverbrauchs ist groß – je nach Geräteausstattung und Nutzung. Sie erfordert eine detaillierte Differenzierung der Verbrauchsdaten. Die Klassen A bis G bilden jeweils 14,3 Prozent der Haushalte ab. Grundlage für die Vergleichswerte sind 161.000 Verbrauchsdaten und aktuelle Studien der Projektpartner.



Technisches und sozialwissenschaftliches Monitoring

Nach der Fertigstellung eines Gebäudes beginnt die Nutzungsphase, in der die in der Planungs- und Umsetzungsphase angestrebten Ziele und Qualitäten bewertet werden können. Neben der energetischen Performance sind der Nutzerkomfort und damit einhergehend die Zufriedenheit der Bewohner von Interesse. Im ersten Betriebsjahr erfolgt in der Regel die Einregulierung der Anlagentechnik und die Bewohner benötigen Zeit, um sich an die neue Wohnumgebung sowie die neuen, technischen Gegebenheiten und alltäglichen Abläufe zu gewöhnen.

Bild oben:
Bedienung eines Nutzerinterfaces im
Solar Decathlon 2009 Gebäude
(Fotograf: Thomas Ott)

Im Rahmen eines technischen und sozialwissenschaftlichen Monitorings können diese Aspekte erfasst, abgefragt und bewertet werden. Um die Fortschritte und Optimierungen in der ersten Nutzungsphase ermitteln zu können, empfiehlt sich die Durchführung eines begleiten-

den Monitorings von mindestens zwei Jahren.

PE 37_Monit: Durchführung eines technischen Monitorings

Das technische Monitoring dient u. a. der Erfassung und Dokumentation der Verbrauchsdaten, die zur Evaluierung der Energieperformance eines Gebäudes erforderlich sind. Mithilfe des Monitorings wird überprüft, ob die berechneten Energiebedarfe und erzeugten Energiemengen aus der Planungsphase im realen Betrieb erreicht werden. Es empfiehlt sich ein kontinuierliches Monitoring mit einer Mindestdauer von zwei Jahren.

Bei den Modellprojekten und den im Kapitel 2: Vorbildliche Bauten im Effizienzhaus Plus Standard vorgestellten Gebäuden erfolgte in den ersten Betriebsjahren ein technisches Monitoring. Die Ergebnisse zeigen, dass zum Teil deutliche Abweichungen zwischen den Berechnungs- und Messwerten bestehen. Mithilfe des Monitorings konnten diese Abweichungen identifiziert und die Ursachen ermittelt werden. Lagen technische Gründe vor, konnten gezielt die Problembereiche lokalisiert und Optimierungen vorgenommen werden. Darüber hinaus haben die Ergebnisse gezeigt, dass fehlerhafte Betriebszustände der Anlagen, das individuelle Nutzerverhalten und auch lokale Klimabedingungen wesentliche Gründe für die Abweichungen gegenüber der Normberechnung sind. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, auch im Rahmen des sozialwissenschaftlichen Monitorings das Nutzerverhalten abzufragen und eine Sensibilisierung der Nutzer anzustreben (siehe PE 38).

Anforderungen für Einfamilienhäuser

In Einfamilienhäusern sind Strom-, Wärme- und Gaszähler zu Abrechnungszwecken vorgeschrieben. Dies gilt sowohl für die Erfassung der von außen bezogenen als auch für alle in die öffentlichen Versorgungsnetze abgegebenen Energiemengen. Zusätzlich sind die Erzeugungsmengen der lokal nutzbar gemachten erneuerbaren Energien zu erfassen. Darüber hinaus sollte der Trinkwasserbezug und in Sonderfällen der Bezug bzw. die Einspeisung von Kälte erfasst werden.

Der Verbrauch von nicht leitungsgebundenen Energieträgern wie Heizöl, Flüssiggas, Pellets oder Stückholz ist durch nachvollziehbare, plausible Abschätzungen anzugeben. Es wird empfohlen, wenn möglich, Zähler (z. B. Ölzähler) zu installieren. Für kleine thermische Solaranlagen ist der von der Regelung berechnete Solarertrag ausreichend.

Alle Messeinrichtungen müssen die manuelle Auslesung der jeweiligen Jahresverbräuche (Kalenderjahr) ermöglichen. Der Einsatz von Zählern mit digitalen Ausgängen, wie auch die monatliche Auslesung werden nicht zwingend gefordert, jedoch ausdrücklich empfohlen. [34]

Anforderungen für Mehrfamilienhäuser

Bei Mehrfamilienhäusern folgt die messtechnische Erfassung dem Prinzip der Einfamilienhäuser, jedoch sollte die Auslesung monatlich und auf digitaler Basis erfolgen. Betrachtet wird das Gesamtgebäude an der Bilanzgrenze (Gebäudehülle). Dazu muss entweder ein zentraler Summenzähler installiert oder die Auslesung (Datennetz/Funktechnologie etc.) aller Einzelzähler ermöglicht werden. Die Ablesung kann durch Abrechnungsunternehmen wie auch durch die Hausverwaltung bzw. das Gebäudemanagement erfolgen.

In Abbildung 37 ist ein Messstellenschema dargestellt, das die wesentlichen Messstellen zur Berechnung der Energiebilanz und des Eigenversorgungsgrades zeigt.

Datenschutz beachten:

Sowohl beim technischen als auch beim sozialwissenschaftlichen Monitoring spielt der Datenschutz eine zentrale Rolle – für die Akzeptanz des Monitorings sollten die Interessen des Nutzens im Vordergrund stehen. Dazu gehört u. a. Transparenz gegenüber den Nutzern. Es muss für den Bewohner nachvollziehbar sein, von wem welche Informationen kommen und in welcher Art und Weise diese erfasst und bearbeitet werden.

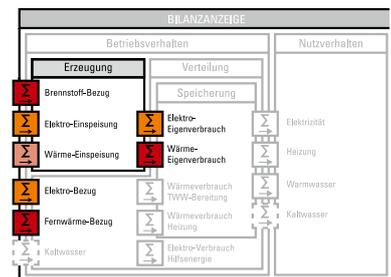


Abbildung 37:

Messstellenschema zur Energieerfassung im Effizienzhaus Plus (nach 36)

PE 38_Monit: Einbeziehen der Nutzer

Vermeidung der Diskrepanz zwischen geplantem und tatsächlichem Energiebedarf

Für die Energiebilanz eines energieeffizienten Hauses ist es notwendig, die Bewohner für das Konzept zu gewinnen. Neben Fehlfunktionen der Gebäudetechnik ist für die Diskrepanz zwischen theoretisch ermitteltem Energiebedarf und realem Verbrauch das individuelle Nutzerverhalten ausschlaggebend. Auch der Energieüberschuss wird grundlegend vom Nutzerverhalten beeinflusst. [33]

Information der Nutzer – Gesamtverständnis und Schulung

Es gilt, die Einflussgrößen auf den Energieverbrauch zu beachten und sie gleichzeitig dem Nutzer bewusst zu machen. Deshalb sollte neben der Entwicklung eines Gesamtverständnisses auch auf eine Schulung der Bewohner Wert gelegt werden.

Wichtig dabei ist immer, dass die Nutzenden sich im vorgegebenen Rahmen individuell verhalten können, gewisse Eingriffsmöglichkeiten haben bzw. das Raumklima regulieren können. [33].

Übersetzung von Theorie in die Praxis

Das sozialwissenschaftliche Monitoring hat das Potenzial, das theoretische Konzept des Effizienzhaus Plus Standards bzw. dessen technische Gegebenheiten in die Praxis zu transportieren und damit an den Nutzer zu bringen, um dadurch eine Rückkopplung an die Technik und das Gebäude bzw. in die Theorie zu ermöglichen.

Erkenntnisse der Begleitforschung:

- › Strom → abhängig von der Personenanzahl und dem Einkommen je Haushalt
- › Stromverbrauch wird von Nutzern generell falsch eingeschätzt – Beleuchtung wird überschätzt und Heizenergie- sowie Warmwasserverbrauch werden unterschätzt. [35]
- › Warmwasser → abhängig von Dusch- und Badeverhalten [36]
- › Vermieter wie Eigentümer halten eine professionelle Begleitung im ersten Jahr für erforderlich, um Einstellungen und den Betrieb der Haustechnik zu optimieren. [37]
- › Eine regelmäßige und damit unterjährige Information zum Energieverbrauch sensibilisiert den Nutzer in seinem Energieverhalten und kann u. a. den Heizwärmeverbrauch – in Abhängigkeit von Alter, wirtschaftlicher Lage oder auch Aufenthaltsdauer im Gebäude – nachhaltig um bis zu zehn Prozent reduzieren. [38]
- › Der Einsatz eines Energiedatenmanagements wird grundsätzlich ab einer Verbrauchsreduktion von vier Prozent kostenneutral. [38]

Sozialwissenschaftliches Monitoring:

Das sozialwissenschaftliche Monitoring geht der Frage nach, wie alltagstauglich die Gebäude im Effizienzhaus Plus Standard für die Bewohner im Hinblick auf die Gebäudetechnik, das Raumklima und die Energienutzungsgewohnheiten sind.

Es erfasst, misst oder beobachtet systematisch alle Vorgänge und Prozesse, die Bewohner/Nutzer eines Gebäudes im Effizienzhaus Plus Standard betreffen oder beeinflussen können.

Indem die Meinungen und das Verhalten der Nutzer explizit erfasst werden, können Mängel aufgedeckt und behoben werden. Das Feedback trägt damit zur Optimierung des Gebäudebetriebs im Verlauf der (ersten beiden) Betriebsjahre bei.

PE 39_Monit: Gestaltung des Monitorings in allen Bauphasen

Das sozialwissenschaftliche Monitoring lässt sich in drei Phasen umsetzen: während der Planungs- und Bauphase, zum Einzug und in der Nutzungsphase.

Planungs- und Bauphase

Identifikation mit dem Konzept

In der ersten Phase des Planens und Bauens sollten die Nutzer das Konzept kennen und verstehen lernen. Das ist die Basis für die Motivation, Energie einzusparen (siehe Kasten). Eine Identifikation mit dem Konzept erfolgt auch, indem die Nutzer die Möglichkeit haben, Bauprozesse mitzubestimmen und Vorschläge einbringen können. Hierbei sollten sie je nach Kenntnisstand bereits in die Planung eingebunden werden. [39]

Vermittlung zwischen Laien und Fachleuten

Es gibt Unterschiede zwischen der Sichtweise von Fachleuten und Nutzern. [33, 40] Diese Unterschiede zwischen der fachlichen und der individuellen Einschätzung der Betroffenen gilt es herauszuarbeiten, möglichst anzugleichen oder Aufklärungsarbeit zu leisten. Das sozialwissenschaftliche Monitoring hat auch in den späteren Phasen der Umsetzung eines Effizienzhauses Plus die Aufgabe, zwischen den Nutzern und den Fachleuten zu vermitteln.

Für eine größere Anzahl an bereits bekannten Nutzern lässt sich dies während der Planung und des Baus durch Informationsveranstaltungen oder Fragerunden realisieren. Für einzelne Bauherren sollten Energieberater oder Experten aus dem Planerteam diese Aufgabe übernehmen.

Motivation zu Energieeinsparungen durch:

- › die Stärkung der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins für die Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauchs;
- › das Hervorheben der Möglichkeiten des Energiesparens ohne Komfortverluste;
- › die Verbesserung des Wissens der Nutzer über die energieverbrauchsrelevanten Zusammenhänge im Haushalt;
- › den sozialen Vergleich. [45]

Einzug

Persönliche Einführung in Besonderheiten Technik + Merkblatt

Der dauerhafte Erfolg von Energieeffizienzmaßnahmen hängt davon ab, wie gut die Bewohner mit der eingebauten Technik zurechtkommen. Hilfreich ist dabei vor allem eine angemessen umfangreiche und praxisnahe Einführung. [41] Eine alleinige Information durch ein Merkblatt reicht in der Regel nicht aus, um einen reibungslosen Umgang mit der Technik und richtiges Verhalten zu gewährleisten. [42] Empfehlenswert ist deshalb eine Einführung vor Ort durch Fachleute.

Kombination der Information:

- › Einweisung durch geschultes Personal vor Ort oder im Rahmen einer Mieterversammlung.
- › kurze schriftliche Anleitung, abgestimmt auf die Besonderheiten des Gebäudes. [39]

Wohnen – Nutzungsphase

Regelmäßiges wechselseitiges Feedback (Befragung)

Damit die gewonnenen Informationen und das Wissen zu Beginn langfristig Nutzen bringen, sollte es die Möglichkeit für ein fortlaufendes Feedback sowie für Fragen/Probleme geben. Es empfiehlt sich daher, die Nutzer regelmäßig zu ihrer Wohnenerfahrung in den verschiedenen Jahreszeiten und mindestens über die Dauer eines Jahres mittels Online-Fragebögen und leitfadengestützten Interviews zu befragen.

Verlässlicher Ansprechpartner (Serviceplattform, Facility Management, Multiplikator)

Eine langfristige Unterstützung sollte durch einen verlässlichen technischen Support bzw. eine entsprechend geschulte Person des Facility Managements erfolgen. Der Einsatz eines intranetbasierten Serviceportals, individuell an das entsprechende Gebäude angepasst, hat sich ebenfalls in der Praxis bewährt. So können die Nutzenden Wünsche, Probleme oder Störungen angeben und das Gebäudemanagement kann diese Anforderungen aufbereiten und bearbeiten. Dieses Feedback lässt sich auch nachträglich analysieren und für die Auswertung der Inbetriebnahme verwenden. [43]

Engagierte Nutzer können als Ansprechpartner bzw. Multiplikatoren eingesetzt werden. Dadurch kann zudem vermieden werden, dass diese sich einen erhöhten Energieverbrauch „gönnen“. [44]

Feedback durch Monitoringsysteme

Insgesamt ist es Nutzern sehr wichtig, über ihren Strom- und Wärmeverbrauch informiert zu sein und zu einer positiven Energiebilanz im Gebäude beizutragen.

Deshalb sollte ein regelmäßiges, auf Zahlen basierendes Feedback mit individuellen Informationen direkt an die Nutzenden erfolgen. Dies motiviert, Energie einzusparen oder Energie bevorzugt dann zu nutzen, wenn sie zur Verfügung steht. Wichtig ist hier die Aufklärungsarbeit durch den Ingenieur, um Bauherren zu motivieren, solche Monitoringsysteme einzuführen. [37]

Technische Rückmeldung durch Nutzerinterface (NIF):

Die für die Nutzer wichtigsten Angaben sind:

- › tagesaktuelle Angaben zum Strom und zur Wärme,
- › das Ranking der Parteien oder der Vergleich mit Durchschnittshaushalt,
- › Vergleich mit Vormonat und Vorjahr. [46]

Die Veranschaulichung des Verbrauchs

- › in kWh,
- › als tatsächliche Energiekosten.

Letztere stellt eine vertrautere Größe dar und ist besser durch einen Laien zu beurteilen. [39]

PE 40_Monit: Verwendung von Nutzerinterface und Serviceportal

In der Praxis hat sich ein Nutzerinterface (NIF) [41], welches die Verbräuche visualisiert und einen einfachen intuitiven Zugriff ermöglicht, als sinnvoll erwiesen.

Langfristig Energieeinsparung ermöglichen

Bei einem individuellen Zuschnitt wird das Nutzerinterface langfristig wöchentlich genutzt; ein Startbildschirm mit relevanten Informationen im Überblick sogar täglich. So kann die Integration eines kritischen Verbrauchsverhaltens in den Alltag gelingen und Fehleinschätzungen zum Thema Energie und Sparmaßnahmen werden aufgedeckt. Auf diese Weise lässt sich der Verbrauch von Energie langfristig senken, zum Sparen anregen und ein bewussterer Umgang mit Energie schaffen. [41]

Ein Vergleich zu anderen Nutzern bzw. Mietparteien verdeutlicht weiterhin den persönlichen Handlungsbedarf und motiviert zusätzlich, das eigene Verhalten zu ändern und weniger Energie zu verbrauchen. [41]

Regulierung durch Nutzerinterface (NIF) ermöglichen

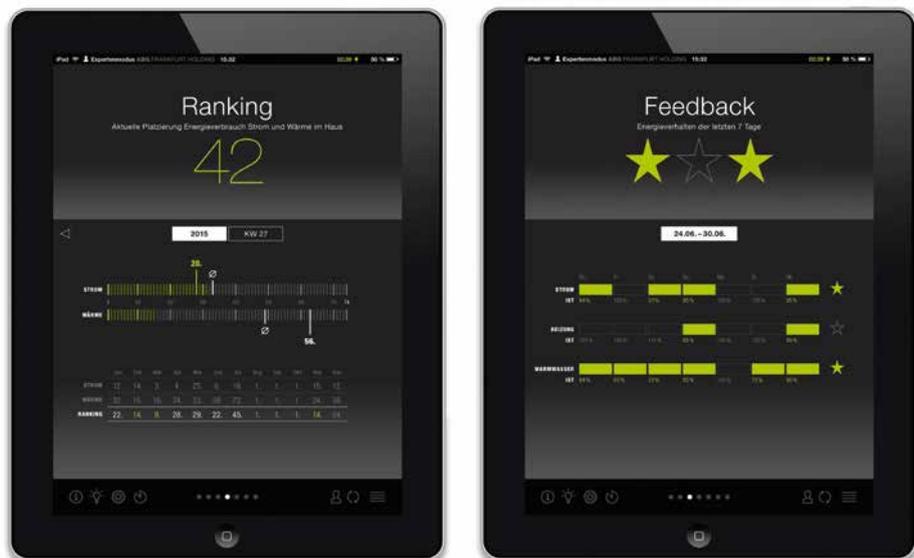
Eine kurzfristige Regulierung von Licht, Sonnenschutz, Heizung und Lüftung und das Vorstellen verschiedener Szenarien je nach Bedarf können über den Touchscreen eingerichtet und vorgenommen werden.

Kopplung mit Service-Portal – Situationsbezogene Energiespartipps

Bestenfalls ist das NIF mit dem zuvor beschriebenen intranetbasierten Serviceportal gekoppelt, sodass nur ein Zugang verwaltet werden muss. Dadurch ist es möglich, situationsbezogene Energiespartipps zu geben.

Abbildung 38:

Ansichten des Nutzerinterfaces aus dem AktivStadthaus Frankfurt a. M. – Feedback zum Guthaben von Strom, Heizung oder Trinkwarmwasser sowie Ranking im Hausvergleich (Quelle: www.polynox.de © 2014)



4 Ausblick und Entwicklungsmöglichkeiten

Im Kontext der nationalen und internationalen Klimaschutzziele zur Reduzierung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor wird der Effizienzhaus Plus Standard weiter Verbreitung finden.

Der Effizienzhaus Plus Standard ist eine Entwicklung für die Zukunft. Dafür sprechen folgende Argumente:

- › integraler Ansatz von Reduzierung des Energiebedarfs und gebäudenaher Nutzung erneuerbarer Energien,
- › Einbeziehung des Nutzerstroms, der einen wesentlichen Anteil der CO₂-Emissionen insbesondere im Neubau ausmacht,
- › Eignung für Neubau sowie Bestandssanierung,
- › Gebäude wird zum „Kraftwerk“ und zur Tankstelle für die Elektromobilität (Sektorkopplung).

Nichtwohngebäude

Die vorliegende Broschüre beinhaltet konkrete Empfehlungen für die Planung und Umsetzung von Effizienzhaus Plus Wohngebäuden. Der Effizienzhaus Plus Standard ist für Wohngebäude und Nichtwohngebäude geeignet. So lassen sich die Erkenntnisse aus dem Wohnungsbau auch auf Bildungsbauten übertragen. Über die neue Förderrichtlinie für Nichtwohngebäude im Effizienzhaus Plus Standard werden seit 2015 sieben Bildungsbauten gefördert. Weitere Informationen hierzu gibt es unter: www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/modellvorhaben/

Quartiere

Erste Modellprojekte, um den Effizienzhaus Plus Standard im Quartier anzuwenden, sind gestartet. Denn wenn sich Bewohner von Wohnquartieren zu Energiegemeinschaften zusammenschließen, lassen sich die lokal generierten erneuerbaren Energien viel effizienter nutzen, als dies bei singulären Objekten möglich ist. Siedlungslösungen, die einem energetischen Gesamtkonzept folgen, das von der dezentralen Energieerzeugung über die intelligente Vernetzung der Gebäude bis hin zur Speicherung und Nutzung der regenerativen Energie reicht, sind von besonderem Interesse. Dabei können Gebäude, die einen Energieüberschuss produzieren, Gebäude aus der Nachbarschaft teilweise mitversorgen. In der FertighausWelt Wuppertal (Abbildung 39) wird dieser Ansatz mit 19 Einfamilienhäusern in Effizienzhaus Plus Standard erprobt.

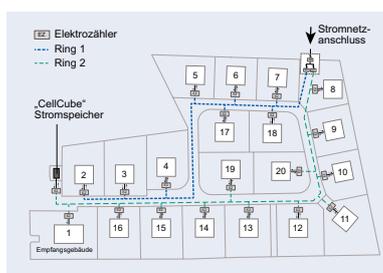


Abbildung 39:
Energieversorgungsnetz
der FertighausWelt Wuppertal [1]

Elektromobilität – „Das Gebäude als Kraftwerk und Tankstelle“

Die Bundesregierung verfolgt das Ziel, dass bis zum Jahr 2020 eine Million Elektroautos auf den Straßen in Deutschland unterwegs sind. Prognosen gehen davon aus, dass der Anteil der Elektrofahrzeuge bis 2050 auf 80 Prozent ansteigen wird. Effizienzhaus Plus Gebäude schlagen bereits heute die Brücke zwischen Immobilie und Mobilität und laden mit lokal erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energien die Elektrofahrzeuge der Bewohner. Der verstärkte Ausbau der Ladeinfrastruktur erfordert in Zukunft ein abgestimmtes Zusammenspiel zwischen Strombedarf zur Ladung und Stromangebot im Netz. Der Effizienzhaus Plus Standard muss sich dieser Herausforderung annehmen und Konzeptansätze anbieten, wie die Integration von energieerzeugenden Gebäuden und Elektromobilität im zukünftigen Energiesystem flächendeckend funktionieren kann.



Abbildung 40:

Elektroauto vor einem Effizienzhaus Plus
(Quelle: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch)

Smart Home

Sowohl die intelligente Vernetzung von Geräten und der Gebäudeautomation als auch die Vernetzung von Gebäuden im Quartier wird eine immer wichtigere Funktion einnehmen. Bereits heute werden Smart-Home-Systeme eingesetzt, um automatisiert die Steuerung von Raumtemperatur, Kunstlicht, Verschattung, Haushaltsgeräten etc. vorzunehmen. Neben der Steigerung des Bedienkomforts soll damit ein effizienter Energieeinsatz erreicht werden. Für die Integration des Smart-Home-Gedankens in das Konzept Effizienzhaus Plus sind zukünftig Nutzungskonzepte aufzuzeigen, die einen echten funktionalen Mehrwert bei gleichzeitiger Steigerung des Wohnkomforts und Schonung endlicher Ressourcen ermöglichen. Der Stromverbrauch für die Gebäudeautomation (inkl. MSR-Technik) ist nicht zu unterschätzen und sollte in künftigen wissenschaftlich begleiteten Projekten erfasst werden.

Wohlbefinden und Gesundheit

Wohlbefinden und Gesundheit sollten eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards einnehmen, auch wenn hier im Sinne des kostengünstigen Bauens bewusst auf die Vorgabe einer kostenpflichtigen Zertifizierung verzichtet wurde. Es gibt verschiedene Kriterien – thermischer Komfort, Innenraumluftqualität, akustischer Komfort, visueller Komfort, Aufenthaltsqualitäten, gesundheitsfördernde Angebote, Barrierefreiheit –, die Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit haben. Deshalb empfiehlt es sich, das Raumklima und die Verwendung der Baumaterialien so zu gestalten, dass sie dem Wohlbefinden und der Gesundheit der Bewohner dienen. Bei Bedarf sind dennoch unterschiedliche Zertifizierungssysteme mit höheren, auf diese Kriterien bezogenen Qualitätsstandards vorhanden, als es die gesetzliche Mindestanforderung verlangt. Die Steckbriefe des BNB-Systems stehen kostenlos zum Download zur Verfügung (siehe z. B. www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/nachweise-zertifikate).

Bestandssanierung

Die Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards für Bestandsgebäude muss künftig stärker in den Fokus rücken. Der Neubau spielt zur Erreichung der Klimaschutzziele 2030/2050 eine untergeordnete Rolle – insbesondere, wenn man nur die in der EnEV/GEG berücksichtigten Energien betrachtet (siehe Abbildung 41).

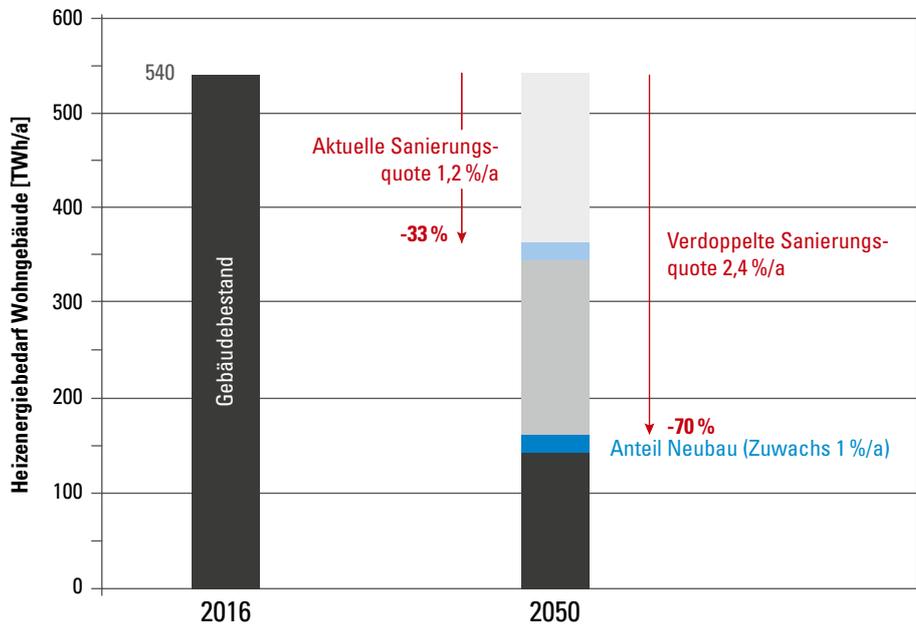


Abbildung 41:
Heizenergiebedarf heute und 2050
(Quelle: Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch)

Über die Energie hinaus

Bei den bisherigen energetischen Standards für Gebäude ist festzustellen, dass der Fokus auf dem Energiebedarf des Gebäudebetriebs liegt. Mit fortschreitender Verschärfung der energetischen Anforderungen muss der Fokus hin zu einem ganzheitlichen Ansatz gehen, der graue Energie mit einbezieht. Über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren soll bei ab 2021 errichteten Gebäuden (gemäß Zielsetzung der EU-Gebäuderichtlinie EPBD) die Herstellung mehr Energie benötigen als der Betrieb. Eine sensible Materialwahl stellt hierbei einen weiteren effizienten Ansatz zur Reduzierung der Umweltauswirkungen dar. Dies kann, ohne wesentliche gestalterische Auswirkungen, zu 30 Prozent Einsparung grauer Energie führen. [47].

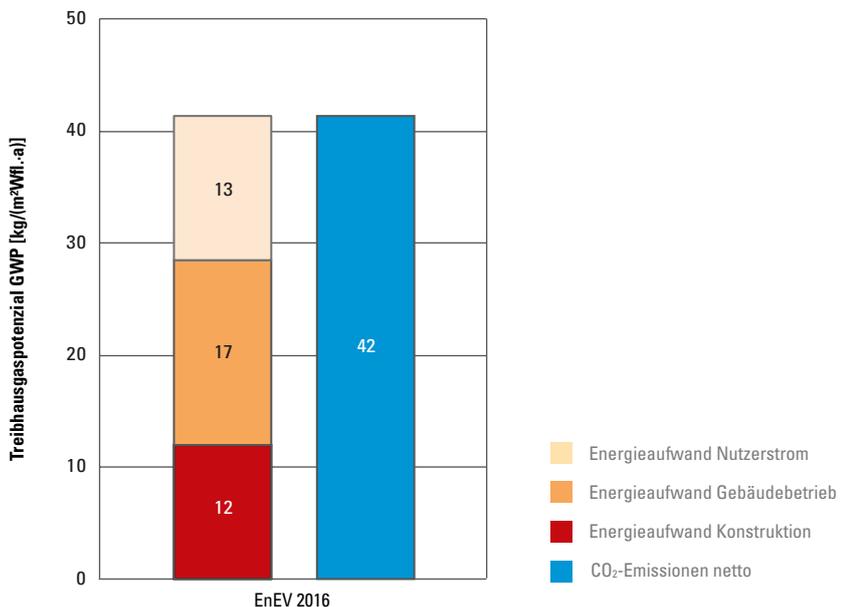


Abbildung 42:
Treibhausgaspotenzial im Lebenszyklus
(Mehrfamilienhäuser,
Dämmstandard nach EnEV)
(Quelle: STZ-EGS)

5 Anhang

Glossar

A/V-Verhältnis

Das Verhältnis der Hüllfläche A zum gesamten Gebäudevolumen V. Das A/V-Verhältnis ist ein Maß für die Kompaktheit des Gebäudes.

BAFA

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

BGF

Brutto-Grundfläche nach DIN 277

BIPV (Building integrated PV)

Gebäudeintegrierte Photovoltaik

Bivalent

Zweiwertig, zwei Wärmeerzeuger im Heizsystem

DIN 18599

Norm zur Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (Energiebilanz) von Gebäuden

EEG-Umlage

Die Vergütungszahlungen an die Erneuerbare-Energien-Anlagenbetreiber übersteigen die Einnahmen aus dem Verkauf der Strommengen teilweise um ein Vielfaches. Dieser Differenzbetrag wird durch die EEG-Umlage auf alle Stromverbraucher umgelegt.

EFH

Einfamilienhaus

Eigenversorgungsgrad (EVG)

Anteil des gesamten Endenergiebedarfs/-verbrauchs, der durch lokal erzeugte Energien direkt gedeckt wird.

Endenergie

Energie, die sich aus dem Nutzenergiebedarf von Gebäuden, den technischen Verlusten für die Übergabe, Verteilung, Speicherung und der Energieerzeugung ergibt.

EnEG

Energieeinsparungsgesetz

Energiebezugsfläche (EBF) (A_N) [m²]

Für Wohngebäude wird die Energiebezugsfläche gemäß der EnEV aus dem beheizten Gebäudevolumen berechnet. Bei Nichtwohngebäuden ist die Energiebezugsfläche die beheizte oder gekühlte Nettogrundfläche gemäß der DIN 277.

EnEV

Energieeinsparverordnung – Verordnung zur Energieeinsparung von beheizten Gebäuden. Die Hauptanforderungsgrößen der EnEV sind der Jahresprimärenergiebedarf Q_p und die wärmeschutztechnische Qualität der Gebäudehülle.

EPBD

European Directive Energy Performance of Buildings: Die im Jahr 2018 novellierte EU-Richtlinie für Gebäude setzt die Energiestandards für Gebäude bis zum Jahr 2030.

GEG

Gebäudeenergiegesetz – Das GEG dient der Kodifizierung von EnEG, EnEV und EEWärmeG und soll im Jahr 2019 erscheinen.

Graue Energie

Graue Energie bezeichnet die Energiemenge, die zur Herstellung oder Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung direkt und indirekt aufgewendet werden muss.

HW

Heizwärme

JAZ

Die Jahresarbeitszahl beschreibt das Verhältnis der über ein Jahr bereitgestellten Wärme in kWh zu dem für den Antrieb des Verdichters, für Hilfsaggregate und für die Erschließung der Wärmequellen eingesetzten Stroms in kWh. Je höher die Jahresarbeitszahl, umso geringer ist der energetische Aufwand für die Nutzung der Umweltenergie und umso wirtschaftlicher ist der Betrieb der Wärmepumpe (siehe auch Arbeitszahl).

KfW

Kreditanstalt für Wiederaufbau

KG

Kostengruppe

Lastprofil

Zeitlicher Verlauf der von einem Energieverbraucher bezogenen Leistung

LCC

Life Cycle Costs (Lebenszykluskosten)

LPH

Leistungsphasen

MBO

Die Musterbauordnung (MBO) ist eine Standard- und Mindestbauordnung, die den Ländern als Grundlage für deren jeweilige Landesbauordnungen dient.

MFH

Mehrfamilienhaus

Monovalent

Anlagen, die eine einzige Komponente z. B. für die Deckung eines Wärmebedarfs haben

MSR

Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik

NGF

Netto-Grundfläche nach DIN 18599

NIF

Nutzerinterface

Nutzenergie

Energiemenge, die zur Konditionierung und Versorgung von Gebäuden benötigt wird (z. B. Raumwärme, Trinkwarmwasser, Beleuchtungsstrom) exkl. der Erzeugungs-, Speicher-, Verteil- und Übergabeverluste.

Nutzfläche

Nach DIN 277 – Summe der Grundfläche mit folgenden Nutzungen: Flächen zum Wohnen und Aufenthalt, für Büroarbeit, Produktion, Bildung, Unterricht und Kultur, zum Lagern und Verkaufen, Heilen und Pflegen, sonstige Nutzflächen.

OPV

Organische Photovoltaik

PE

Planungsempfehlung

Primärenergie

Primärenergie beschreibt die Energie, die zuzüglich der Endenergie durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des jeweiligen Energieträgers entsteht.

PS

Pufferspeicher

PV

Photovoltaik – bezeichnet die direkte Umwandlung von solarer Strahlungsenergie in elektrische Energie.

Smart Grid

Der Begriff Smart Grid (intelligentes Stromnetz) umfasst die Vernetzung und Steuerung von Energieerzeugern (zentrale und dezentrale), Speichern und Letztverbrauchern. Durch ein Smart Grid kann die Belastung der Netze optimiert und teure Lastspitzen können vermieden werden. Ziel ist die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs.

Smart Home

Oberbegriff für technische Verfahren und Systeme in Wohnräumen und -häusern, in deren Mittelpunkt eine Erhöhung von Wohn- und Lebensqualität, Sicherheit und effizienter Energienutzung auf Basis vernetzter und fernsteuerbarer Geräte und Installationen sowie automatisierbarer Abläufe steht.

Smart Metering

Kommunikationsfähige elektronische Messeinrichtung, intelligenter Zähler – sie gibt Informationen darüber, wann wie viel Energie verbraucht wird, und ermöglicht eine selbstständige Kommunikation zwischen dem Zähler und dem Netzbetreiber.

Solarer Deckungsanteil

Anteil des Wärmebedarfs eines Gebäudes, der durch die Solarthermieanlage bereitgestellt wird.

TGA

Technische Gebäudeausrüstung

VDI 2067

Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ – Berechnung der Wirtschaftlichkeit von gebäudetechnischen Anlagen aller Gebäudearten

WF

Wohnfläche

WMZ

Wärmemengenzähler

WP

Wärmepumpe

WRG

Wärmerückgewinnung

WW

Warmwasser

Relevante physikalische Einheiten	
Zeiteinheiten t	s (Sekunde), h (Stunde), d (Tag), a (Jahr)
Längeneinheiten	m (Meter)
Flächeneinheit	m ² (Quadratmeter)
Leistung	W (Watt)
Energie	kWh (Kilowattstunde)
Wärmedurchgangskoeffizient; Dämmqualität der Gebäudehülle HT'	W/(m ² ·K)
Temperatur	°C Grad Celsius; K Kelvin

Tabelle 10:
Relevante physikalische Einheiten

Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat. Wege zum Effizienzhaus Plus. Berlin: s.n., 2018.
- [2] Zebau GmbH. Newsletter – Förderprogramme für das Effizienzhaus Plus. [Online] [Zitat vom: 23.07.2018.] <https://www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/newsletter/newsletter-16/aktivitaeten-rund-um-den-effizienzhaus-plus-standard-des-bmub/#c2399>.
- [3] Hegger, M. et. al. Energie Atlas: Nachhaltige Architektur. s. l.: Edition Detail, 2007. 1. Auflage.
- [4] IFES Köln. [Online] [Zitat vom: 11.06.2018.] <https://www.ifes-koeln.de/>.
- [5] Hegger, M. Aktiv-Stadthaus. Endbericht. s. l.: Fraunhofer IRB Verlag, 2013.
- [6] Steinbeis-Transferzentrum EGS. Effizienzhaus Plus Ausweis Haus Nusser. Stuttgart: s.n., 2017.
- [7] Hegger, M., Fafflok, C., Hegger, J., Passig, I. Aktivhaus – Das Grundlagenwerk – Vom Passivhaus zum Energieplushaus. München : Callwey, 2013.
- [8] Hegger, M. TU Darmstadt Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen. Energieatlas, Zukunftskonzept Erneuerbares Wilhelmsburg.
- [9] Hegger, M. benefit E-Gebäudeintegrierte solaraktive Systeme. Strategien zur Beseitigung technischer, wirtschaftlicher, planerischer und rechtlicher Hemmnisse. s. l.: Fraunhofer IRB Verlag, 2016.
- [10] BMWi. Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes. www.bmwi.de. [Online] [Zitat vom: 30.05.2018.] https://www.bmwi.de/SiteGlobals/BMWI/Forms/Listen/Energiedaten/energiedaten_Formular.html?&addSearchPathId=304726.
- [11] Fraunhofer ISE. Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. 2018.
- [12] OTAenergy. Solar Grundlagen. OTA Energy. [Online] [Zitat vom: 06.06 2018] <http://otaenergy.com/solar-grundlagen/>.
- [13] Kley, Ch. Untersuchungen zur Steigerung der Eigenstromnutzung in EnergiePLUS-Gebäuden. Braunschweig: Institut für Gebäude- und Solartechnik. Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch, TU Braunschweig, 2018. ISBN 978-3-8440-6095-9.
- [14] Zöllner, M., et al. Solaranlagen auf Flachdächern im Gebäudebestand. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2016. ISBN 978-3-8167-9822-4.
- [15] Bundestag. Gesetz zur Förderung von Mieterstrom. Berlin: Bundesanzeiger, 17. 07.2017.
- [16] Bergmann, A. Ergebnisse technisches Monitoring: Soll/Ist-Vergleich. BAU 2017 – Effizienzhaus Plus Netzwerktreffen. 2017.
- [17] Steinbeis-Transferzentrum EGS. Endbericht zum energetischen Monitoring Aktiv-Stadthaus Frankfurt. Stuttgart: s.n., 2018.

- [18] Bockelmann, F., Peter, M. und Schlosser, M. Energetische und wirtschaftliche Bewertung von Wärmequellen für Wärmepumpen. Braunschweig: s.n., 2018.
- [19] Viessmann. Planungshandbuch Wärmepumpen. Allendorf: s.n., 2011.
- [20] Wolf. Planungsunterlage Luft-Wasser und Sole-Wasser Wärmepumpe. Mainburg: s.n., 2008.
- [21] Bundesverband Wärmepumpe e. V. www.waermepumpe.de. [Online] [Zitat vom: 18.07.2018.] <https://www.waermepumpe.de/presse/zahlen-daten/>.
- [22] Fisch, N., Wilken, Th. und Stähr, Ch. EnergiePlus – Gebäude und Quartiere als erneuerbare Energiequellen. Leonberg: s.n., 2012. ISBN 9-783000-391675.
- [23] Uhrig Bau. www.uhrig-bau.eu. [Online] [Zitat vom: 18.07.2018.] <https://www.uhrig-bau.eu/de/energie-aus-abwasser/uhrig-produkt-therm-liner/>.
- [24] IGS TU Braunschweig. future:solar – Systemanalyse zur solaren Energieversorgung. Braunschweig: s.n., 2015.
- [25] Roth. Planung – Auslegung von Flachkollektoren. [https://www.roth-werke.de/de/files/TI_SOL_Nomogramm.pdf] Dautphetal-Buchenau: first art Werbeagentur GmbH, Gießen.
- [26] BINE Informationsdienst. Welche Wärmequellen sind optimal für Wärmepumpen [Projektinfo – Energieforschung konkret] Bonn: s.n., 2018.
- [27] Bioclima. www.bioclima.de. [Online] Bioclima. [Zitat vom: 24.07.2018.] <http://www.bioclima.de>.
- [28] Zehnder. www.zehnder-systems.de. [Online] [Zitat vom: 17.07.2018.] <https://www.zehnder-systems.de/produkte-und-systeme/design-heizkoerper>.
- [29] aerex. www.aerex.de. [Online] 05 2018. [Zitat vom: 20.06.2018.] <https://www.aerex.de/produkte/katalog/detail/g15380/zuluftelement-al-db-800/p31322/sp-al-db-800-vp/>.
- [30] BINE. Mechanische Lüftungsanlagen. [Basisinfo] Bonn: s.n., 2013.
- [31] RWTH Aachen – Institut für Stromrichtertechnik und elektrische Antriebe. Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0. Aachen: s.n., 2018.
- [32] co2online gemeinnützige GmbH. Stromspiegel.de. [Online] 08.05.2018. <https://www.stromspiegel.de/stromspiegel/stromverbrauch-vergleichen-stromspiegel/index.html>.
- [33] BIS. „Handlungsempfehlungen für den Effizienzhaus Plus Standard – Expertenbefragung und Best-Practice-Beispiele“. Onlinebefragung von Experten. 2017.
- [34] aktivplus e. V. Anwenderhandbuch zum aktivplus-Prinzip. Braunschweig: aktivplus e. V., 2016.

- [35] Stockinger, V. Energie + -Siedlungen und -Quartiere – Definition, Planung, Betrieb, Nutzung, Bilanzierung und Bewertung. Dresden: s. n., 2014.
- [36] Gram-Hanssen, Kirsten. Households' energy use – what are most important: efficient technologies or user practices? Danish Building Research Institute, Aalborg University in Occupants Influence on the Energy Consumption of Danish Domestic Buildings. 2010.
- [37] Oesterreich, D. et al. dena-Umfrage Effizienzhäuser: unveröffentlichter Bericht. Berlin : s. n., 2015.
- [38] dena. dena-Modellvorhaben. Bewusst heizen, Kosten sparen. Abschlussbericht „Verbrauchsauswertung und Mieterbefragungen. Berlin: s.n., 2017.
- [39] Schoof, J. Der Nutzer – das unbekannte Wesen? Detail – Zeitschrift für nachhaltige Architektur und energetische Sanierung. 1 2016, S. 14–21.
- [40] Schweizer-Ries, P., Linneweber, V. und Jaeger, M. Projekt: TWIN SKIN – Vom Nutzen der Nutzer. 2008.
- [41] BIS. Sozialwissenschaftliche Evaluation des Modellprogramms Effizienzhaus Plus-Standard: Nutzerfreundlichkeit, Akzeptanz und Beeinflussbarkeit des Energieverbrauchs. Schlussbericht Teil II. Berlin: s. n., 2017.
- [42] Dr. Schulze, E. et al. Sozialwissenschaftliches Monitoring zum Leben im Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität. [Online] 2015. <https://www.forschungsinitiative.de/effizienzhaus-plus/forschung/begleitforschung-bmub-haus/sozialwissenschaftliches-monitoring/#c985>.
- [43] BINE Informationsdienst. Gebäude energieeffizient betreiben. Den Anspruch der Planung einlösen. Themeninfo – Energieforschung kompakt. 1 2010.
- [44] Schweizer-Ries, P. Energiebezogenes Verhalten, Interessen und Wahrnehmungen einkommensschwacher Haushalte. Forschungsgruppe Umweltpsychologie. Projektbericht im Rahmen des Projektes FinSH, 'Financial and Support Instruments for Fuel Poverty in Social Housing'. 2009.
- [45] Wortmann, K. Psychologische Determinanten des Energiesparens. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 1994.
- [46] Müller, C. et al. dena-Modellvorhaben. Bewusst heizen, Kosten sparen. Abschlussbericht „Verbrauchsauswertung und Mieterbefragungen in den Heizperioden 2012 bis 2016“. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2017.
- [47] Hegger, Manfred. Baustoff Atlas. München: 2005

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht relevanter Energiepotenziale	51
Tabelle 2:	Kennwerte zur Ertragsprognose von PV-Anlagen	53
Tabelle 3:	Vor- und Nachteile bei PV und Gründach	58
Tabelle 4:	Flächenbezogene Heizwärmebedarfe für Wohngebäude in kWh/(m ² ·a)	63
Tabelle 5:	Kostenübersicht (netto) von Luft-Wasser-Wärmepumpen (Stand 2017)	67
Tabelle 6:	Entzugsleistung pro Sondenlänge von Erdwärmesonden nach VDI 4640 Blatt 2 [19]	69
Tabelle 7:	Heizleistung verschiedener Niedertemperatur-Wärmeübergabesysteme	73
Tabelle 8:	Bewertung zentraler und dezentraler Lüftungsanlagen	76
Tabelle 9:	Stromspeicherkenndaten [31]	80
Tabelle 10:	Relevante physikalische Einheiten	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zeitstrahl der Entwicklung des Effizienzhaus Plus Standards	9
Abbildung 2:	Rechtliche Zusammenhänge – Europa und Deutschland [1]	10
Abbildung 3:	Checkliste zur Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards	34
Abbildung 4:	Integrale Planung – Darstellung der Planungsphasen für einen Neubau im Effizienzhaus Plus Standard	37
Abbildung 5:	Effizienzhaus Plus Ausweis, Projekt: Sanierung Einfamilienhaus, Stuttgart (siehe Kapitel 2) [6]	40
Abbildung 6:	Energetische Anforderungen zur Erreichung des Effizienzhaus Plus Standards	43
Abbildung 7:	Strategisches Vorgehen zur Empfehlung eines Gebäude energiekonzeptes auf Grundlage der spezifischen Nutzung und des konkreten Ortes (modifiziert nach [7])	44
Abbildung 8:	Beispiele zur architektonischen Integration von Photovoltaik in Dach und Fassade	46
Abbildung 9:	Darstellung des Potenzials der Energieerzeugung mittels solarer Aktivierung der Gebäudehüllfläche im Vergleich zum Heizwärmebedarf [7]	47
Abbildung 10:	Maximaler Fensterflächenanteil 50 Prozent der Süd- sowie 30 Prozent der Ost- und Westfassade	48
Abbildung 11:	Beispiele für die Umsetzung des Sonnenschutzes für Fenster	48
Abbildung 12:	PV-Anlagenpreise 2006 bis 2016 und Stromgestehungs kosten für unterschiedliche Solareinstrahlungen [11]	52
Abbildung 13:	Jährlicher PV-Stromertrag in Abhängigkeit von Neigung und Ausrichtung in Deutschland [12]	54
Abbildung 14:	PV-Eigenversorgungsgrad für Einfamilienhäuser [13]	55
Abbildung 15:	Umsetzungsbeispiele von PV auf Flachdächern, ohne und mit Gründach	58
Abbildung 16:	In den Effizienzhaus Plus Modellprojekten verwendete Wärmeerzeuger [16]	61
Abbildung 17:	Potenzielle Versorgungskonzepte für Effizienzhaus Plus Gebäude	62
Abbildung 18:	Übersicht potenzieller Wärmequellen für Wärmepumpen	64
Abbildung 19:	Energieströme einer Wärmepumpe	65
Abbildung 20:	Bereiche der Jahresarbeitszahl verschiedener Wärmequellen und Vorlauftemperaturen	65

Abbildung 21:	Flächenbedarfe verschiedener Wärmequellen [18]	66
Abbildung 22:	Nomogramm zur Auslegung einer elektrischen Wärmepumpe mit Erdwärmesonden [22]	68
Abbildung 23:	Abwasser-Wärmetauscher für Bestandskanäle [23]	70
Abbildung 24:	Kollektortechnik: Deckungsanteil und Nutzungsgrad (qualitativ) [22]	71
Abbildung 25:	Auslegung von Flachkollektoren zur Trinkwarmwassererwärmung [25]	72
Abbildung 26:	Bestandssanierung mit eingeputzten Kapillarrohrmatten [27] und Wandflächenkühlung	73
Abbildung 27:	Niedertemperaturheizkörper [28]	73
Abbildung 28:	Nutzwärmebedarf zur Trinkwarmwasserbereitung	74
Abbildung 29:	Frischwasserstation im Mehrfamilienhaus	75
Abbildung 30:	Vierleiter-Verteilernetz mit dezentraler Frischwasserstation	75
Abbildung 31:	In Fensterrahmen integriertes Zuluftelement [29]	76
Abbildung 32:	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung [30]	77
Abbildung 33:	Technologien: KfW-geförderter Stromspeicher [31]	79
Abbildung 34:	PV-Eigenversorgungsgrad in Abhängigkeit vom PV-Ertrag und von der Batteriekapazität [13]	81
Abbildung 35:	Erhöhung des PV-Eigenversorgungsgrads in Abhängigkeit vom Pufferspeichervolumen (PS) für ein Einfamilienhaus mit PV-Anlage und elektrischer Wärmepumpe [13]	82
Abbildung 36:	Ist Ihr Stromverbrauch hoch oder gering? Die Vergleichswerte des Stromspiegels für Deutschland 2017 (Auszug) [32]	85
Abbildung 37:	Messstellenschema zur Energieerfassung im Effizienzhaus Plus (nach 36)	87
Abbildung 38:	Ansichten des Nutzerinterfaces aus dem AktivStadthaus Frankfurt a. M. – Feedback zum Guthaben von Strom, Heizung oder Trinkwarmwasser sowie Ranking im Hausvergleich	90
Abbildung 39:	Energieversorgungsnetz der FertighausWelt Wuppertal [1]	92
Abbildung 40:	Elektroauto vor einem Effizienzhaus Plus	93
Abbildung 41:	Heizenenergiebedarf heute und 2050	94
Abbildung 42:	Treibhausgaspotenzial im Lebenszyklus (Mehrfamilienhäuser, Dämmstandard nach EnEV)	94

Bildnachweise

Wenn nicht anders angegeben wurden die Grafiken von dem Autorenteam eigens für diese Broschüre erstellt.

Titel	HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer
Seite 3	privat
Seite 4	(von oben nach unten): privat; Cordia Schlegelmilch; privat; EGS-plan, Stuttgart; EGS-plan, Stuttgart; TU Darmstadt; privat;
Seite 8	(alle): BMI/BBSR
Seite 9	Abb. 1 Fotos (von oben nach unten): Prof. Hegger, TU Darmstadt/Leon Schmitt; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fisch/Erich Spahn; Univ.-Prof. Dr. Sobek; HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer
Seite 10	Abb. 2: Fraunhofer-Institut für Bauphysik/Hegner, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
Seite 15	(von oben nach unten, von links nach rechts): diephotodesigner; HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer; privat; Werner Sobek/Zooey Braun; Elbe-Haus GmbH/Xella Deutschland GmbH; Eibe Sönnecke; Erich Spahn; HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer; Helga Kühnhenrich
Seite 16	Fotos: diephotodesigner; privat;
Seite 17	Fotos: diephotodesigner; Energieschema: Fraunhofer Institut für Bauphysik
Seite 18	Fotos: privat
Seite 19	Fotos: privat. Energieschema: EGS-plan, Stuttgart
Seite 20	Fotos: Elbe-Haus GmbH/Xella Deutschland GmbH
Seite 21	Fotos: Elbe-Haus GmbH/Xella Deutschland GmbH. Energieschema: Fraunhofer Institut für Bauphysik
Seite 22	Fotos (oben): Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fisch; (sonst) Erich Spahn;
Seite 23	Fotos (oben): Erich Spahn; (Mitte) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fisch/Erich Spahn (unten) Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fisch/Erich Spahn. Energieschema: igs, TU Braunschweig
Seite 24	Lageplan: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG. Fotos: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer
Seite 25	Fotos (oben): HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG; (unten) HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer. Energieschema: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/igs, TU Braunschweig
Seite 26	Foto: Jakob Schoof. Lagenplan und 3-D Gebäude: Werner Sobek Design, Stuttgart
Seite 27	Fotos (oben): Jakob Schoof; (unten) Werner Sobek/Zooey Braun. Energieschema: Fraunhofer Institut für Bauphysik
Seite 28	Lageplan: o5 architekten. Fotos: Eibe Sönnecken
Seite 29	Fotos: Eibe Sönnecken. Energieschema: Fraunhofer Institut für Bauphysik
Seite 30	Lageplan: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG. Fotos: HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer
Seite 31	Fotos (oben): HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer; (Mitte) EGS-plan, Stuttgart; (unten) HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer. Energieschema: Fraunhofer Institut für Bauphysik
Seite 32	Fotos (oben): Helga Kühnhenrich; (unten) LaVidaVerde/Imken Schwaerzle
Seite 33	Fotos (oben) LaVidaVerde/Ferdinand Beetstra; (sonst) HTW Berlin. Energieschema: Fraunhofer Institut für Bauphysik
Seite 35	Abb. 3: eigene Darstellung
Seite 36	Thomas Ott
Seite 37	Abb. 4: eigene Darstellung
Seite 41	Abb. 5: Steinbeis-Transferzentrum EGS, Stuttgart (STZ-EGS)
Seite 43	Abb. 6: eigene Darstellung
Seite 44	Abb 7: eigene Darstellung modifiziert nach Hegger, M./Fafflok, C.; Hegger, J./Passig, I.

- Seite 45** HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer
- Seite 46** Abb. 8 Fotos (von oben nach unten, von links nach rechts): HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer; HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG; HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer; Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch/Erich Spahn; HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer; Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch/Erich Spahn
- Seite 47** Abb. 9: Hegger, M./Fafflok, C.; Hegger, J./Passig, I.
- Seite 48** Abb. 10: eigene Darstellung; Abb. 11: (links) HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer; (rechts) Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch/Erich Spahn
- Seite 49** HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer
- Seite 51** Tab. 1: eigene Darstellung
- Seite 52** Abb. 12: Fraunhofer ISE
- Seite 53** Tab. 2: eigene Darstellung
- Seite 54** Abb. 13: OTA Energy
- Seite 55** Abb. 14: Kley, Christian
- Seite 58** Abb. 15 Fotos (oben links): STZ-EGS; (oben Mitte und rechts) Contec green-light; (unten) STZ-EGS; Tab. 3: eigene Darstellung
- Seite 60** HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer
- Seite 61** Abb. 16: Bergmann, Antje
- Seite 62** Abb. 17: STZ-EGS
- Seite 63** Tab. 4: eigene Darstellung
- Seite 64** Abb. 18: STZ-EGS
- Seite 65** Abb. 19: STZ-EGS. Abb. 20: STZ-EGS
- Seite 66** Abb. 21: Bockelmann, Franziska; Peter, Markus; Schlosser, Mathias
- Seite 67** Tab. 5: eigene Darstellung
- Seite 68** Abb. 22: Fisch, Norbert; Wilken, Thomas; Stähr, Christina
- Seite 69** Tab. 6: eigene Darstellung nach Viessmann
- Seite 70** Abb. 23: Uhrig Bau
- Seite 71** Abb. 24: Fisch, Norbert; Wilken, Thomas; Stähr, Christina
- Seite 72** Abb. 25: Roth
- Seite 73** Tab. 7: eigene Darstellung. Abb. 26 (oben) Bioclina; (unten) Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch. Abb. 27: Zehnder Group
- Seite 74** Abb. 28: STZ-EGS
- Seite 75** Abb. 29: STZ-EGS. Abb. 30: STZ-EGS
- Seite 76** Abb. 31: aerex. Tab. 8: eigene Darstellung
- Seite 77** Abb. 32: BINE
- Seite 79** Abb. 33: RWTH Aachen – Institut für Stromrichtertechnik und elektrische Antriebe
- Seite 80** Tab. 9: RWTH Aachen – Institut für Stromrichtertechnik und elektrische Antriebe
- Seite 81** Abb. 34: Kley, Christian
- Seite 82** Abb. 35: Kley, Christian
- Seite 83** HHS PLANER + ARCHITEKTEN AG/Constantin Meyer
- Seite 84** BMWi/NTRI
- Seite 85** Abb. 36: co2online gemeinnützige GmbH
- Seite 86** Thomas Ott
- Seite 87** Abb. 37: eigene Darstellung nach Stockinger, V.
- Seite 90** Abb. 38: www.polynox.de © 2014
- Seite 92** Abb. 39: Fraunhofer Institut für Bauphysik
- Seite 93** Abb. 40: Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch/Erich Spahn
- Seite 94** Abb. 41: Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch. Abb. 42: STZ-EGS
- Seite 99** Tab. 10: eigene Darstellung

Literaturhinweise des Herausgebers



ready – Neue Standards und Maßnahmensets für die stufenweise, altengerechte Wohnungsanpassung im Neubau



best practice – Soziale Faktoren nachhaltiger Architektur. 17 Wohnungsbauprojekte im Betrieb



RENARHIS – Nachhaltige energetische Modernisierung und Restaurierung historischer Stadtquartiere



Ökologische Baustoffwahl – Aspekte zur komplexen Planungsaufgabe „Schadstoffarmes Bauen“



ready kompakt – Planungsgrundlagen zur Vorbereitung von altengerechten Wohnungen



Materialströme im Hochbau – Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft



WECOBIS – Webbasiertes ökologisches Baustoffinformationssystem



Nachhaltiges Bauen des Bundes – Grundlagen – Methoden – Werkzeuge



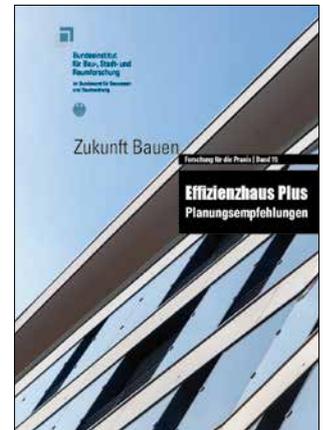
ÖKOBAUDAT – Grundlage für die Gebäudeökobilanzierung



Bauteilkatalog – Niedrigschwellige Instandsetzung brachliegender Industrieareale für die Kreativwirtschaft



Bauliche Hygiene im Klinikbau – Planungsempfehlungen für die bauliche Infektionsprävention



Effizienzhaus Plus – Möglichkeiten und Alternativen zur Umsetzung des Effizienzhaus Plus Standards



Nachhaltig geplante Außenanlagen – Empfehlungen zu Planung, Bau und Bewirtschaftung von Bundesliegenschaften



Vorbildwirkung Bundesbau – Klimaschutzziele und Vorbildwirkung des Bundes im Gebäudebereich



BIM-Leitfaden für den Mittelstand – Wie viel BIM (Building Information Modeling) verträgt aktuell ein mittelgroßes Bauprojekt

Die Broschüren sind kostenfrei erhältlich.

Die Bestellhinweise sowie die Downloads finden Sie unter:
www.forschungsinitiative.de

Notizen

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung und Redaktion

Referat II 3 – Forschung im Bauwesen
Dr.-Ing. Architekt Arnd Rose
Dipl.-Ing. (FH) Architekt Daniel Wöffen

Autoren

Univ.-Prof. Dr. M. Norbert Fisch
Dr. phil., Dipl.-Soz., Dipl.-Inn.-Arch. Eva Schulze
Dipl.-Soz. Janika Gabriel
Dr.-Ing. Boris Mahler
M. Sc. Tobias Nusser
Dipl.-Ing. M. A. Caroline Fafflok
Dipl.-Ing. Johannes Hegger

Stand

November 2018

Gestaltung | Barrierefreies PDF | Lektorat

A Vitamin Kreativagentur GmbH, Berlin
Dr. phil. Birgit Gottschalk, Nümbrecht

Druck

Silber Druck oHG, Niestetal

Kostenfreie Bestellungen

zb@bbr.bund.de
Stichwort: Plan EHP

Bildnachweise

Seite 106, 107

Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit genauer Quellenangabe gestattet.
Bitte senden Sie uns zwei Belegexemplare zu.

Die von den Autoren vertretene Auffassung ist nicht unbedingt
mit der des Herausgebers identisch.

ISBN 978-3-87994-293-0
ISSN 2199-3521

Bonn 2018



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Effizienzhaus Plus – das Gebäude als Kraftwerk und Tankstelle für die E-Mobilität ist ein Zukunftsbaustein für die Energiewende in Deutschland. Die vorliegende Broschüre gibt 40 Handlungsempfehlungen und zeigt die vorbildliche Umsetzung an Bestands- und Neubauten.

Mit der Forschungsinitiative Zukunft Bau stärkt das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) in Zusammenarbeit mit dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) die Zukunfts- und Innovationsfähigkeit der Bauwirtschaft. Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Bauwesens im europäischen Binnenmarkt zu verbessern und insbesondere den Wissenszuwachs und die Erkenntnisse im Bereich technischer, baukultureller und organisatorischer Innovationen zu unterstützen.



www.forschungsinitiative.de

**ISBN 978-3-87994-293-0
ISSN 2199-3521**