

Rheinland-Pfalz



BAUEN UND WOHNEN



Niedrigenergiehäuser

Information für Bauinteressenten
und Planer

mit Einführung Passivhaus

*5. überarbeitete Auflage
mit Energieeinsparverordnung 2002*

Energie- sparendes Bauen: Schützt die Umwelt und schont den Geldbeutel



Gernot Mittler
Minister der Finanzen, Rheinland-Pfalz

Der umweltgerechte Umgang mit Energie ist ein zentrales Thema bei allen Fragen des heutigen Bauens. Der jährliche Energieverbrauch einer vierköpfigen Familie bei uns für den Verkehr, die Heizung und den Haushalt liegt in einer Größenordnung von 40.000 kWh, das entspricht etwa einer Menge von 4.000 Litern Heizöl: Das müssen wir ändern. Die größten Einsparpotenziale liegen im Gebäudebereich, und die gilt es zu nutzen.

Die Vorstellung, wie unsere Vorfahren in der kalten Jahreszeit nur die Wohnküche zu heizen, ist kaum erstrebenswert. Der Versuch, die heute verbrauchte Energie eines Vierpersonenhaushaltes allein unter Nutzung regenerativer Energien zu decken, wäre mit sehr hohen, und damit für die meisten Hauslehaber nicht bezahlbaren Investitionen verbunden. Was wir brauchen sind Häuser, die so gebaut und ausgestattet sind, dass sie mit einem geringen Energiebedarf auskommen.

Seit der Erstauflage dieser Broschüre im November 1999 hat sich einiges geändert. Seit Einführung der Energieeinsparverordnung 2002 ist bei Neubauten ein Energieniveau vorgeschrieben, das in etwa dem Niedrigenergiehaus-Standard entspricht. Viele neue Techniken, Baustoffe und Verfahren zum energieoptimierten Bauen bzw. zur Erreichung des Passivhausstandards „rechnen sich“ inzwischen und sind am Markt eingeführt. Die 5. Auflage dieser Broschüre ist deshalb entsprechend dem „Stand der Technik“ ergänzt und überarbeitet worden.

Das Ministerium der Finanzen, zuständig für das Bauen in Rheinland-Pfalz, möchte mit dieser Broschüre für das Thema werben und zeigen, dass es sich lohnt, energiesparend zu bauen – aus ökologischer und aus ökonomischer Sicht.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gernot Mittler', written in a cursive style.



Abb. 1

Niedrigenergiehäuser (NEH) und Passivhäuser sind in aller Munde – keine Bauherrenzeitschrift, die nicht Beispiele publiziert, kein Bauträger, keine Fertighausfirma, die ihre Häuser nicht als besonders energiesparend anpreisen. Für den Bauinteressenten ist es oft schwer zu beurteilen, welches der angepriesenen Gebäude das beste Energiekonzept, den niedrigsten Verbrauch und das behaglichste Wohnklima bietet.

Diese Broschüre soll Ihnen die wichtigsten Begriffe und Grundlagen des energiesparenden Bauens erläutern und anhand von Beispielen aufzeigen, dass schon heute Gebäude wirtschaftlich errichtet werden können, deren Energiebedarf um mehr als 80% unter dem Bedarf von Neubauten liegt, die die gesetzlichen Mindestanforderungen (Energieeinsparverordnung EnEV) gerade erfüllen.

Die Broschüre möchte Ihnen helfen, den passenden Architekten, Bauträger oder Fertighaushersteller auszuwählen und während der Planungsphase die richtigen Fragen zu stellen.

In der vorliegenden 5. Auflage werden auch die in der Energieeinsparverordnung 2002 festgelegten gesetzlichen Mindestanforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden und die dazugehörigen Nachweisverfahren zusammenfassend erläutert. Weiterführende Literatur zu diesem Thema ist im Literaturverzeichnis aufgeführt.



Abb. 2

Inhalt

- 3 Vorwort
- 5 Inhaltsverzeichnis
- 6 Warum Niedrigenergiehäuser?
 - Behaglichkeit und Umweltentlastung
- 7 - Wirtschaftlichkeit und Förderung
- 8 Was ist ein Niedrigenergiehaus?
- 9 Wie funktioniert ein Niedrigenergiehaus?
 - Der Energiehaushalt von Gebäuden
- 10 Wie berechnet man den Energiebedarf?
- 11 Der Weg zum Niedrigenergiehaus -
 - Auswahl des Planers und Planungsgrundsätze
- 12 - Grundstück, Gebäudeart, Gebäudeentwurf
- 13 - Solare Wärmegevinne
- 15 - Konstruktion
- 20 - Lüftung
- 21 - Heizung und Warmwasserbereitung
- 23 Einführung Passivhaus
- 24 - Was ist ein Passivhaus?
- 25 - Energiekonzepte von Passivhäusern
- 27 - Praxiserfahrungen aus Rheinland-Pfalz
- 29 Die Energieeinsparverordnung (EnEV)
- 33 Ansprechpartner, Literaturempfehlungen, Abbildungsverzeichnis
- 34 Impressum



Abb. 3



Warum Niedrigenergiehäuser? Behaglichkeit und Umweltentlastung

Niedrigenergiehäuser führen im Vergleich zu üblichen Neubauten zu deutlich reduzierten Umweltbelastungen. Bei kompetenter Planung sind sie wirtschaftlich und haben einen höheren Wohnkomfort als übliche Neubauten.

Behaglichkeit

Die Erfahrungen von Bewohnern zahlreicher Niedrigenergiehäuser zeigen, dass die energiesparende Bauweise zu einer weit höheren Behaglichkeit in allen Räumen führt, als in bisher üblichen Neubauten:

- Die inneren Oberflächentemperaturen der Außenwände, des Daches, der Bodenplatte und der Fenster sind durch die gute Dämmung deutlich höher.
- Die Luftqualität ist spürbar und meßbar besser, da in der Regel automatische Lüftungsanlagen eingesetzt werden.
- Es gibt keine Zugerscheinungen, da Ritzen und Fugen gut abgedichtet sind.
- Richtig orientierte und dimensionierte Fenster führen zu einer sehr guten Besonnung der Innenräume.

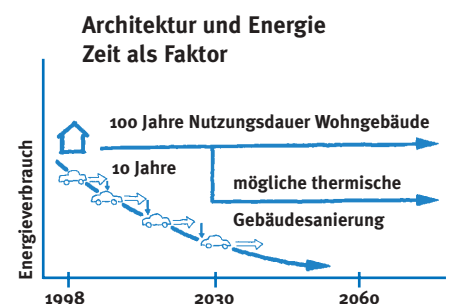
Umweltentlastung

Etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen der Bundesrepublik werden durch den Energieverbrauch von Heizung und Warmwasserbereitung verursacht. CO₂ gilt als das wichtigste der so genannten Treibhausgase, die für die Erhöhung der mittleren Erdtemperatur seit Beginn der Industrialisierung (Treibhauseffekt) verantwortlich sind. Bei der Bekämpfung der Ursachen des Treibhauseffekts spielt daher die Energieeinsparung für Heizung und Warmwasserbereitung in den privaten Haushalten eine wichtige Rolle. Die Verringerung des Energiebedarfs von Neubauten hat auch deshalb eine große Bedeutung, weil Gebäude üblicherweise eine lange Lebensdauer haben. Das Energieniveau, das von Bauherr und Architekt in der Planungsphase festgelegt wird, kann in der Regel erst nach 25 bis 30 Jahren bei der ersten grundlegenden Sanierung des Gebäudes – z.B. durch nachträgliche Wärmedämmmaßnahmen – verbessert werden.

Andere Gebrauchsgegenstände mit hohem Energiebedarf, wie etwa Autos, können wegen ihrer kürzeren Erneuerungszyklen schon nach etwa 5 bis 10 Jahren durch sparsamere Modelle ersetzt werden (Grafik 1).



Abb. 4



Grafik 1



Wirtschaftlichkeit und Förderung

Kosten

In kaum einem anderen Anwendungsbereich ist es dem Einzelnen möglich, so viel Energie wirtschaftlich einzusparen, wie beim Neubau eines Hauses. Technisch ist es schon heute möglich, Gebäude zu errichten, die mehr Energie erzeugen, als sie verbrauchen. Während diese so genannten Plusenergiehäuser noch hohe Mehrkosten verursachen, zeigen über 5.000 so genannte Passivhäuser, dass Energieeinsparungen von mehr als 80% gegenüber bisher üblichen Neubauten schon heute zu geringfügigen Mehrkosten erreicht werden können. Noch geringere Mehrkosten verursachen Niedrigenergiehäuser, die gegenüber herkömmlichen Neubauten etwa 30 bis 40% Energie einsparen. Die durchschnittlichen reinen Baukosten von Einfamilienhäusern (DIN 276, Kostengruppen 300 + 400), d.h. die Kosten des Gebäudes inklusive der Haustechnik, aber ohne Grundstück, Erschließung, Außenanlagen und Planungshonorare, lagen lt. Statistischem Landesamt Rheinland-Pfalz für das Jahr 2004 bei 1.281 EUR/m² Wohnfläche. Zahlreiche realisierte Beispiele zeigen, dass Niedrigenergiehäuser und Passivhäuser zu deutlich geringeren reinen Baukosten errichtet werden können.

Wirtschaftlichkeit

Viel wichtiger als der Vergleich der reinen Baukosten von Niedrigenergiehäusern (NEH) und Passivhäusern mit denen üblicher Neubauten ist der Vergleich der Wirtschaftlichkeit. Für den Bauherrn ist maßgeblich, wie hoch seine jährliche Gesamtbelastung aus Rückzahlung des Kredits und Energiekosten ist. Energiespargebäude sind wirtschaftlich, wenn eventuelle Investitionsmehrkosten durch Energiekosteneinsparungen ausgeglichen werden.

In Grafik 2 sind die Jahresgesamtkosten von vier architektonisch identischen Einfamilienhäusern verglichen: Haus 1 erfüllt die bis 2002 geltenden Mindestanforderungen der Wärmeschutzverordnung '95, Haus 2 die Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2002, Haus 3 ist ein Niedrigenergiehaus und verbraucht über 40% weniger Heizenergie. Haus 4 ist ein Passivhaus mit über 80% Einsparung. Die Baukosten und damit die jährlichen Rückzahlungen an die Bank sind für die Häuser 2, 3 und 4 höher; die verminderten Energiekosten gleichen diese Mehrkosten jedoch aus.

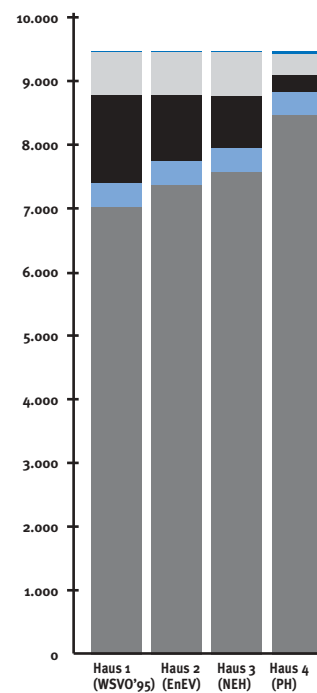
Förderung

Die Wirtschaftlichkeit von NEH wird weiter verbessert, wenn eines der zahlreichen Förderprogramme von Bund, Ländern, Kommunen und Energieversorgern in Anspruch genommen werden kann. Die wichtigsten bundesweiten Fördergeber sind die KfW Förderbank (www.kfw.foerderbank.de) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (www.bafa.de).

Während die KfW Förderbank zinsgünstige Kredite für Gebäude mit niedrigem Energiebedarf vergibt (KfW-Energiesparhaus 40 und 60 sowie Passivhaus), gewährt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle Fördermittel für einzelne Technologien wie Solaranlagen und Biomasseheizanlagen.

Da die genauen Modalitäten der Förderprogramme häufig wechseln, sollten die aktuellen Konditionen bei den auf Seite 33 genannten Adressen erfragt und bei der Finanzierungsplanung für das Eigenheim berücksichtigt werden.

Die jährliche Gesamtbelastung aus Rückzahlung des Kredits und Energiekosten ist in gut geplanten Niedrigenergie- und Passivhäusern nicht höher als in architektonisch identischen Gebäuden nach den gesetzlichen Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung 2002.



Grafik 2: Zusammensetzung der Jahresgesamtkosten (in EUR/Jahr)

- Lüfterstrom
- Haushaltsstrom
- Heizung + Warmwasser
- Fixkosten Energie
- Annuität (Baukosten)



Was ist ein Niedrigenergiehaus?

Niedrigenergie-Einfamilienhäuser haben bei durchschnittlichem Nutzerverhalten und durchschnittlichem deutschen Klima einen Wärmebedarf für die Gebäudebeheizung von weniger als 70 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr, Niedrigenergie-Mehrfamilienhäuser einen Bedarf von weniger als 55 kWh/m²a.

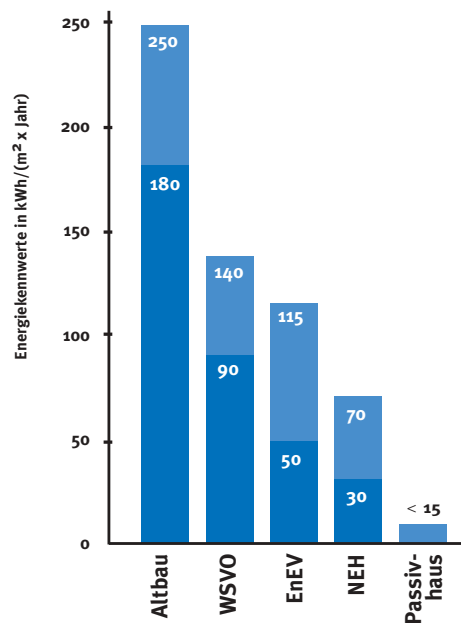
10 kWh entsprechen einem Liter Öl oder etwa 1 m³ Erdgas.

Der Begriff NEH setzt nur den Zielwert für den Heizwärmebedarf fest, nicht die Maßnahmen zur Energieeinsparung.

Beim Neubau von Gebäuden repräsentieren Niedrigenergiehäuser heute den Stand der Technik. In den vergangenen 20 Jahren sind in ganz Deutschland viele tausend NEH entstanden. Da die Bezeichnung Niedrigenergiehaus nicht genormt ist und in der Praxis – besonders in der Werbung – oft falsch gebraucht wird zunächst eine Erläuterung des Begriffs: Der Begriff Niedrigenergiehaus beschreibt nicht eine bestimmte Bauweise (Holzhaus, Massivhaus), eine bestimmte Art des Gebäudeentwurfs oder bestimmte Maßnahmen zur Energieeinsparung, sondern setzt Anforderungen an das energetische Niveau von Gebäuden fest. Diese werden durch den Energiekennwert Heizwärme beschrieben. Analog zum Benzinverbrauch von Autos, in Litern pro 100 km, wird der spezifische Wärmebedarf zur Beheizung von Gebäuden in kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr (kWh/m²a) angegeben.

Der Begriff NEH bezieht sich nur auf den Heizwärmebedarf von Gebäuden und nicht auf den Energiebedarf zur Warmwasserbereitung. In Grafik 3 sind die Energiekennwerte für die Beheizung von Einfamilienhäusern in verschiedenen energetischen Niveaus dargestellt. Während bei Altbauten Werte zwischen 180 und 250 kWh/m²a (=18 bis 25 Liter Öl) bei durchschnittlichem Nutzerverhalten typisch sind, benötigen Neubauten nach den bis 2002 geltenden Anforderungen der Wärmeschutzverordnung von 1995 (WSVO '95) mit 90 bis 140 kWh/m²a schon deutlich weniger Heizwärme. Der kleinere Wert bezieht sich jeweils auf Mehrfamilienhäuser, der größere auf Einfamilienhäuser.

Seit Februar 2002 müssen alle Neubauten die strengeren Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung 2002 (EnEV) erfüllen. Der spezifische Heizwärmebedarf dieser Gebäude wird in etwa zwischen 50 kWh/m²a in Mehrfamilienhäusern und 115 kWh/m²a in freistehenden Einfamilienhäusern liegen. Niedrigenergie-Einfamilienhäuser haben Werte von weniger als 70 kWh/m²a, Niedrigenergie-Mehrfamilienhäuser von unter 55 kWh/m²a. Technisch sind schon heute weit größere Energieeinsparungen möglich: So genannte Passivhäuser haben Energiekennwerte von unter 15 kWh/m²a (siehe Seiten 23 ff).



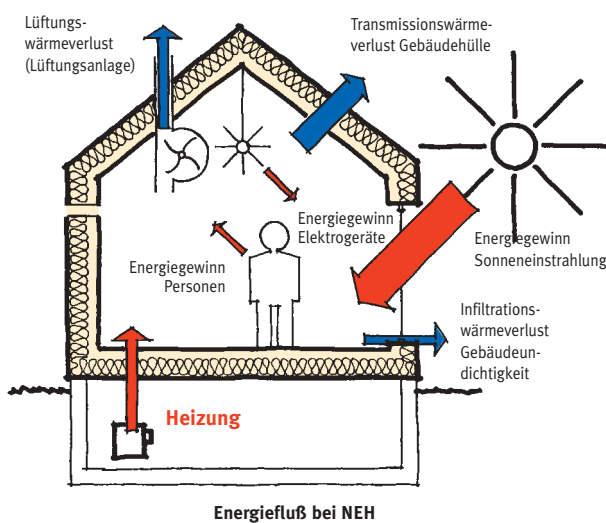
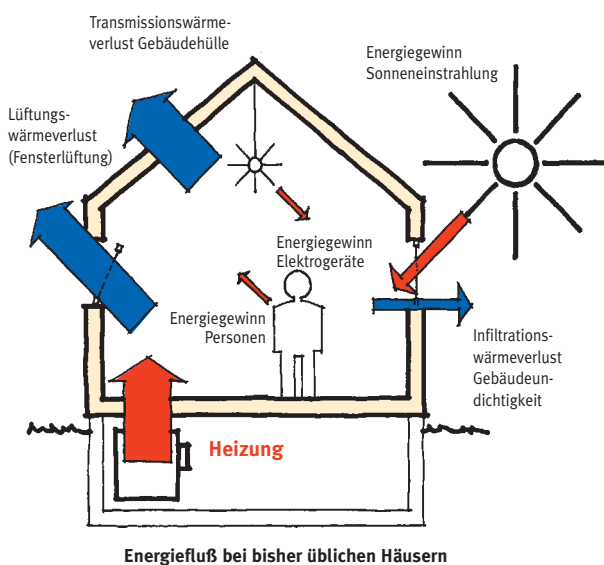
Grafik 3:
spezifischer Heizwärmebedarf
■ Einfamilienhaus
■ Mehrfamilienhaus



Wie funktioniert ein Niedrigenergiehaus?

Der Energiehaushalt von Gebäuden

In jedem Gebäude treten die in Grafik 4 dargestellten Wärmegewinne und Wärmeverluste auf. Gewinne und Verluste in der Energiebilanz eines Gebäudes müssen im Gleichgewicht stehen.



Grafik 4: Gewinn-Verlust-Gleichgewicht in einem Haus nach WSVO '95 und in einem NEH

Transmissionswärmeverluste sind Verluste, die aufgrund des Wärmedurchgangs durch Wände, Dächer, Fenster und andere Hüllflächen des Hauses entstehen.

Lüftungswärmeverluste sind Wärmeverluste, die durch das Öffnen von Fenstern und Türen oder durch den Betrieb von Lüftungsanlagen entstehen, d. h. wenn kalte Außenluft die wärmere Innenluft ersetzt.

Infiltrationswärmeverluste sind die ungewollten Lüftungswärmeverluste, die dadurch entstehen, dass kalte Außenluft durch Ritzen und Fugen ins Gebäude gelangt.

Diesen Verlusten stehen in jedem Haus die folgenden Wärmegewinne gegenüber:

Innere Wärmequellen entstehen durch die Wärmeabgabe des Menschen (37° Körpertemperatur) sowie durch die Abwärme von Elektrogeräten wie Herd, Computer oder Lampen.

Solare Gewinne ergeben sich dadurch, dass Sonnenstrahlen durch Fenster ins Gebäude gelangen und dieses erwärmen.

Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen sind die Wärmeverluste in Wohngebäuden im Winter in der Regel höher als die Energiegewinne, besonders nachts, wenn keine solaren Gewinne vorhanden sind. Soll das Gewinn-Verlust-Gleichgewicht des Gebäudes erhalten werden, so muss durch das Heizsystem zusätzliche Wärme zugeführt werden. Wie Grafik 4 zeigt, sind die Wärmeverluste im Niedrigenergiehaus deutlich geringer als im bisher üblichen Haus, die Solargewinne höher. Die Heizung muss deshalb erheblich weniger Wärme bereitstellen.

Ziel des energiesparenden Bauens ist es, das Gewinn-Verlust-Gleichgewicht von Gebäuden mit möglichst geringem Energieeinsatz aufrechtzuerhalten. Dieses Ziel wird durch eine Reduktion der Gebäudeverluste bei möglichst hoher Ausnutzung des solaren Strahlungsangebots erreicht.

Wie berechnet man den Energiebedarf?

Der Heizwärmebedarf von Gebäuden kann mit einfachen EDV-Programmen zuverlässig vorausberechnet werden. Durch planungsbegleitende Berechnungen kann die Effizienz verschiedener Energiesparmaßnahmen verglichen werden.



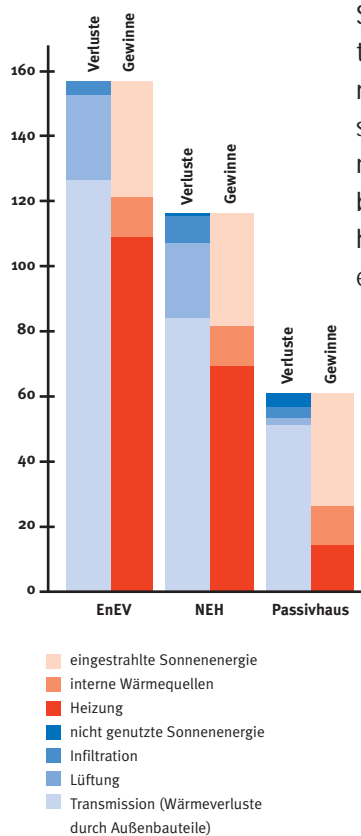
Abb. 5

Berechnung

Die Wärmeströme in Gebäuden und ihr Heizwärmebedarf können mit Computerprogrammen zuverlässig vorausberechnet werden. Solche Berechnungen sollten planungsbegleitend durchgeführt werden, um aus der Vielzahl möglicher Energiesparmaßnahmen die wirksamsten auswählen zu können. Durch Berechnung mehrerer Ausführungsvarianten kann beispielsweise entschieden werden, ob die Erhöhung der Dämmstoffdicke des Dachs oder eine bessere Verglasung größere Einsparungen bringt. Seit 2002 müssen mit dem Bauantrag Berechnungen gemäß Energieeinsparverordnung EnEV beim Bauamt eingereicht werden. Diese erlauben eine grobe Abschätzung des Energiebedarfs. Für Niedrigstenergie- und Passivhäuser sollten zusätzlich genauere Berechnungen durchgeführt werden, mit denen auch die einzelnen Wärmeströme realitätsnah abgebildet werden können. Diese genaueren Berechnungen sollten auch zur Beurteilung der Standardangebote von Fertighausfirmen oder Bauträgern durchgeführt werden.

Beispiel

Die Ergebnisse von Wärmebedarfsberechnungen für drei Varianten des in Abbildung 5 gezeigten Einfamilienhauses sind in Grafik 5 dargestellt: Die linke Grafik zeigt die Wärmeströme für die Ausführung des Hauses nach den Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung 2002. Der rot dargestellte Heizwärmebedarf liegt bei 110 kWh/m²a. Die mittlere Grafik zeigt die Wärmeströme für das gleiche Gebäude als Niedrigenergiehaus. Der Heizwärmebedarf liegt bei 70 kWh/m²a. Der Heizwärmebedarf des Gebäudes im Passivhausniveau liegt bei 15 kWh/m²a. Diese Senkung des Heizwärmebedarfs wird zum Großteil durch die Verringerung der Verluste erreicht: Die Transmissionswärmeverluste (hellblau) des Niedrigenergiehauses sind durch die bessere Wärmedämmung von Außenwand, Dach und Bodenplatte, sowie durch bessere Fenster stark verringert. Die Lüftungswärmeverluste werden durch den Einsatz einer Lüftungsanlage, die Infiltrationswärmeverluste durch ein gut konzipiertes Luftdichtigkeitskonzept reduziert. Die solaren und die inneren Wärmegewinne sind ähnlich hoch, wie im bisher üblichen Haus nach den Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV.



Grafik 5: Energiebilanzen des in Abb. 5 dargestellten freistehenden Einfamilienhauses



Der Weg zum Niedrigenergiehaus

Auswahl des Planers und Planungsgrundsätze

Auswahl des Planers

Der Bau eines Eigenheims ist für die meisten Menschen die größte Investition ihres Lebens. Entsprechend sorgfältig sollte die Auswahl des Architekten, des Bauträgers oder der Fertighausfirma vorgenommen werden. Je besser ein Bauinteressent vorinformiert ist, desto besser kann er die Kompetenz möglicher Baupartner beurteilen. Neben Informationsquellen wie Architektur- und Bauherrenzeitschriften oder Zeitungsannoncen besteht die Möglichkeit, bei der Architektenkammer Rheinland-Pfalz (siehe S. 33) eine Liste der Architekten zu beziehen, die sich auf energiesparendes Bauen spezialisiert haben.

Planungsgrundsätze

Die Planung von Niedrigenergiehäusern unterscheidet sich nicht grundsätzlich von der Planung bisher üblicher Neubauten. Die Verringerung des Energiebedarfs ist lediglich ein zusätzliches Planungsziel. Um optimale Ergebnisse, d.h. Gebäude mit niedrigem Energiebedarf und niedrigen Baukosten zu erzielen, sollten die folgenden Grundsätze beachtet werden:

1. Berücksichtigung energetischer Aspekte in allen Planungsphasen

Die energetische Optimierung von Gebäuden beschränkt sich nicht auf einzelne Planungsphasen wie Entwurf, Konstruktion oder Haustechnikplanung. Sie sollte sich als durchgängiges Konzept durch alle Phasen ziehen. Die Auswirkungen wichtiger Planungsentscheidungen auf den Energiebedarf sollten durch Wärmebedarfsberechnungen quantifiziert werden.

2. Günstige Energiesparmaßnahmen zuerst realisieren

Sollen Niedrigenergie- und Passivhäuser möglichst wirtschaftlich errichtet werden, so müssen

die verschiedenen Möglichkeiten zur Energieeinsparung einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen werden. Die Maßnahmen mit dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis sollten zuerst realisiert werden.

Erste Priorität haben kostensenkende Energiesparmaßnahmen. Die wirtschaftlichste Energiesparmaßnahme ist der Entwurf einfacher Baukörper. Diese Maßnahme senkt Energie- und Baukosten zugleich.

Zweite Priorität haben kostenneutrale Energiesparmaßnahmen. Die richtige Fensterorientierung führt zu höheren Solargewinnen, spart deshalb Energie, ohne Mehrkosten zu verursachen.

Dritte Priorität haben Maßnahmen mit geringen Mehrkosten. Durch einen guten Wärmeschutz der Gebäudehülle werden große Energieeinsparungen zu geringen Mehrkosten erzielt.

Vierte Priorität haben Maßnahmen mit höheren Mehrkosten und ungünstigerem Kosten-Nutzen-Verhältnis.

3. Langlebige Energiesparmaßnahmen zuerst realisieren

Führen zwei Maßnahmen bei gleichen Mehrkosten zu gleich hohen jährlichen Energieeinsparungen, so sollte die längerfristig wirksame Maßnahme zuerst realisiert werden. Da die Bauteile der Gebäudehülle in ihrer Substanz mindestens 50 bis 100 Jahre, Haustechnikkomponenten jedoch meist nur 15 bis 20 Jahre halten, sollten Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle, wie guter Wärmeschutz, Minimierung von Wärmebrücken und ein gut geplantes Luftdichtheitskonzept, im Vordergrund stehen.

Energetische Aspekte sollten in allen Planungsphasen berücksichtigt werden. Wichtigste Kriterien zur Auswahl geeigneter Energiesparmaßnahmen sind das Kosten-Nutzen-Verhältnis und ihre Nachhaltigkeit.



Energetisch ungünstig:
große Gebäudeoberfläche



Energetisch günstig: einfacher Baukörper,
geringe Gebäudeoberfläche

Grundstück, Gebäudeart, Gebäudeentwurf

Gebäude mit einfacher, gut nutzbarer Grundform haben niedrige Baukosten und geringe Energieverluste. Eine Gliederung der Gebäude kann durch unbeheizte Anbauten wie Balkone, Carports oder Schuppen erreicht werden.

Baugrundstück auswählen

Der Energiebedarf von Gebäuden wird schon durch die Auswahl des Grundstücks beeinflusst. Je nach Lage und Festsetzungen im Bebauungsplan kann ein Gebäude mehr oder weniger Solarenergieeinstrahlung erhalten. Einflussfaktoren sind unter anderem:

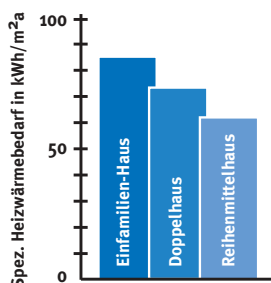
- Topografie
- Gebäudeorientierung
- Abstand, Dachform und Höhe der Nachbarbebauung
- Vegetation

Einige Gemeinden gehen dazu über, energetische Aspekte bereits bei der Ausweisung von Neubaugebieten zu berücksichtigen. Die energetische Optimierung des Bebauungsplans spart dem Bauherrn Baukosten ein, da sie die Umsetzung des Niedrigenergiehausniveaus erleichtert. Da diese Optimierung von Bebauungsplänen noch nicht die Regel ist, sollte zur Beurteilung möglicher Baugrundstücke und Bebauungspläne auf die Hilfe von Architekten zurückgegriffen werden.

Durch die Wahl des Grundstücks wird auch der Energieverbrauch für Mobilität beeinflusst: Eine geringe Entfernung zu Arbeitsplatz, Schule und Einkaufsmöglichkeiten, sowie gute Anbindung an den öffentlichen Nahverkehr verursachen weniger Fahrten und schonen Geldbeutel und Nerven.

Gebäudeart auswählen

Der Energiebedarf hängt neben dem Standort in erheblichem Maß von der gewählten Gebäudeart ab. Bei gleichem Dämmniveau brauchen Doppelhäuser weniger Energie als freistehende Einfamilienhäuser, Reihenhäuser weniger als Doppelhäuser (Grafik 6).



Grafik 6: spezifischer Heizwärmebedarf verschiedener Gebäudearten bei gleichem Dämmniveau

Gebäudeentwurf

In keiner Planungsphase ist der Einfluß auf Kosten und Energiebedarf größer, als im Gebäudeentwurf. Durch den Entwurf werden sowohl die Wärmeverluste als auch die solaren Wärmegewinne des Gebäudes maßgeblich beeinflusst.

Wärmeverluste des Gebäudes

Gebäude mit komplizierter Form (viele Dachgauben, Vor- und Rücksprünge, Erker) benötigen bei gleicher Wohnfläche eine deutlich größere Gebäudehüllfläche (Außenwand, Fenster, Dach, Bodenplatte bzw. Kellerdecke). Sie haben deshalb höhere Baukosten und höhere Wärmeverluste.

Grafik 7 veranschaulicht dies am Beispiel von 2 Einfamilienhäusern mit je 130 m² Wohnfläche:



Grafik 7: Haus 1 Haus 2

Haus 1 hat eine Hüllfläche von 410 m², die Hüllfläche von Haus 2 ist mit 352 m² um 58 m² kleiner. Wird jeder m² Hüllfläche mit 128 bis 205 EUR veranschlagt, so ergeben sich Mehrkosten von ca. 7.400 bis 11.900 EUR für Haus 1. Zusätzlich geht über die größere Gebäudehüllfläche mehr Energie verloren, die jährlichen Energiekosten sind höher als die des kompakteren Hauses 2. Die Planung von Gebäuden mit einfachen, gut nutzbaren Formen ist daher eine Maßnahme, mit der Baukosten und Energiebedarf gleichzeitig gesenkt werden können. Eine Gliederung der Gebäude kann durch unbeheizte Anbauten wie Balkone, Carports, Garagen oder Lagerschuppen erreicht werden.



Solare Warmegewinne

Orientierung

Der Einfluß der Orientierung der Gebäudehauptfassade mit den größten Fenstern auf den Heizwärmebedarf ist in Grafik 8 dargestellt:

Unabhängig vom energetischen Niveau des Gebäudes (WSVO '95, NEH oder Passivhaus) haben südorientierte Gebäude den niedrigsten Heizwärmebedarf. Wird die Gebäudehauptfassade aus der Südrichtung gedreht, so steigt der Heizwärmebedarf an. Je geringer der Energiebedarf des Hauses, desto größer wird der Einfluss der Orientierung: Das Beispielgebäude (Seite 10) im Niedrigenergiehausniveau hat bei Westorientierung einen etwa 11% höheren Heizwärmebedarf als das identische Gebäude in Südausrichtung, im Passivhausniveau beträgt der Mehrbedarf sogar 39 %. Niedrigenergiehäuser sind auch bei ungünstiger Orientierung problemlos zu errichten. Kann die Orientierung der größten Fenster jedoch frei gewählt werden, so sollten sie in etwa nach Süden ausgerichtet sein.

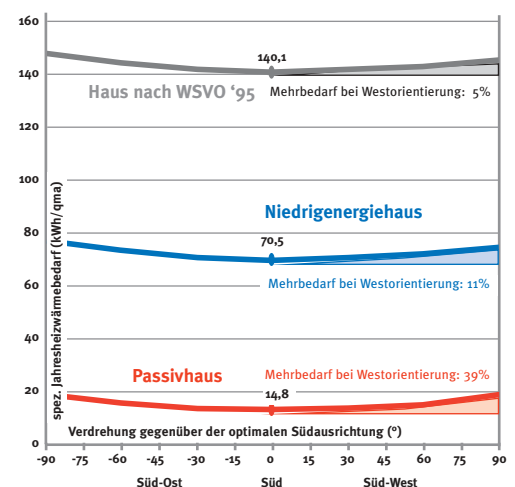
Die Orientierung der Fensterflächen beeinflusst nicht nur den Heizwärmebedarf, sondern auch die Behaglichkeit im Gebäude. Große West- und Ostverglasungen führen zu deutlich stärkeren Überhitzungsproblemen als gleich große Südverglasungen.

Ein guter Gebäudeentwurf schafft die Voraussetzungen für eine möglichst hohe Ausnutzung des solaren Strahlungsangebots in der Heizperiode und vermeidet gleichzeitig die Überhitzung des Gebäudes durch zu hohe, nicht nutzbare Solarenergiegewinne besonders in der Übergangszeit.

Abb. 6

Solare Warmegewinne

Die jährliche Solareinstrahlung auf ein Gebäude übertrifft seinen Energiebedarf um ein Vielfaches. Auch wenn der größte Teil dieser Strahlung außerhalb der Heizperiode auftritt und nur mit hohem technischen Aufwand zu Heizzwecken genutzt werden kann, liefern hochwertige Fenster unter günstigen Voraussetzungen einen erheblichen Beitrag zur Senkung des Heizwärmebedarfs. Bei günstiger Orientierung und weitgehender Verschattungsfreiheit können die solaren Warmegewinne die Verluste des Fensters übertreffen. Ein guter Gebäudeentwurf schafft die Voraussetzungen für eine möglichst hohe Ausnutzung des solaren Strahlungsangebots in der Heizperiode und vermeidet gleichzeitig die Überhitzung des Gebäudes durch zu hohe, nicht nutzbare Solarenergiegewinne besonders in der Übergangszeit. Der Einfluss der Fenster auf den Heizwärmebedarf und die Behaglichkeit im Gebäude hängt unter anderem von den folgenden, in der Entwurfsphase zu beeinflussenden Faktoren ab:



Grafik 8: Einfluß der Orientierung auf den Heizwärmebedarf



Solare Wärmegewinne

Verschattung

Neben hohen Bergen, Nachbargebäuden oder Bäumen kann auch die Eigenverschattung von Gebäuden – etwa durch sehr tiefe Balkone oder Wandvor- und -rücksprünge – zu einer Verminderung der solaren Einstrahlung führen.

Fensterflächenanteil

Der Fensterflächenanteil in Niedrigenergiehäusern muss sich nicht von dem in bisher üblichen Gebäuden unterscheiden. Durch eine Vergrößerung der Südfensterfläche können die Solargewinne gesteigert werden. Die energetisch optimale Fensterfläche hängt von einer Vielzahl von Faktoren – besonders vom Verhältnis der Wärmegewinne des Gebäudes zu seinen Wärmeverlusten sowie von der Fensterorientierung und -qualität – ab. Der Einfluss der Fensterfläche auf den Heizwärmebedarf kann mit geeigneten Rechenprogrammen mit hoher Genauigkeit berechnet werden. Die Rechenverfahren nach Energieeinsparverordnung (EnEV) sind in diesem Punkt zu ungenau. Bei der Bestimmung der Fensterflächen muss auch der Überhitzungsschutz beachtet werden, zu große Verglasungen können zu unkomfortabel hohen Temperaturen in der Übergangszeit und im Sommer führen.



Abb. 7: Zu große Fensterflächen können zu Überhitzungsproblemen im Sommer führen.

Wintergärten

Wintergärten bieten eine reizvolle Wohnraumerweiterung in der Übergangszeit, führen aber in den seltensten Fällen zu spürbaren Energieeinsparungen. Gleichhohe Energieeinsparungen sind durch andere Maßnahmen, wie etwa verbesserten Wärmeschutz zu deutlich niedrigeren Kosten, erzielbar. Werden Wintergärten beheizt – etwa um Frostsicherheit für überwinternde Pflanzen zu gewährleisten – so führen sie sogar zu einer Steigerung des Energiebedarfs.



Abb. 8



Konstruktion

An die Konstruktion von Niedrigenergiehäusern werden aus energetischer Sicht drei Hauptanforderungen gestellt:

- Guter Wärmeschutz der Gebäudehülle
- Minimierung von energetischen Schwachpunkten (so genannten Wärmebrücken)
- Gute Luftdichtigkeit der Gebäudehülle

Diese Anforderungen können sowohl in Massivbauweise, als auch in Holz- und Mischbauweise erfüllt werden.

Guter Wärmeschutz der Gebäudehülle

Bei üblichen Neubauten sind die Transmissionswärmeverluste der größte Verlustposten in der Energiebilanz des Hauses. Durch die Verbesserung des Wärmeschutzes werden große Energieeinsparungen kostengünstig und zuverlässig erreicht. Die Güte des Wärmeschutzes von Bauteilen wird durch den U-Wert (früher k-Wert) beschrieben. Je kleiner der U-Wert einer Konstruktion ist, desto geringer sind ihre Wärmeverluste. In Tabelle 1 sind Mindest- und Zielwerte für den Wärmeschutz der Gebäudehülle von Niedrigenergiehäusern aufgelistet:

Bauteil	Mindestwert		Zielwert	
	U-Wert (W/m²K)	Dämmstoffdicke (cm)	U-Wert (W/m²K)	Dämmstoffdicke (cm)
Außenwand	< 0,30	ca. 14	< 0,20	ca. 18
Verglasung	1,3		< 1,1	
Dach	< 0,20	ca. 18	< 0,15	ca. 28
Bodenplatte	< 0,35	ca. 10	< 0,30	ca. 12
Kellerdecke	< 0,35	ca. 10	< 0,30	ca. 12

Tabelle 1: Empfehlungen zum Wärmedämmniveau von NEH

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Empfehlungen. Die Mindestwerte sollten für alle Bauteile erreicht werden, anzustreben sind die Zielwerte. Aus diesen Empfehlungen ergeben sich für die Gebäudekonstruktion die folgenden Konsequenzen:

Außenwand

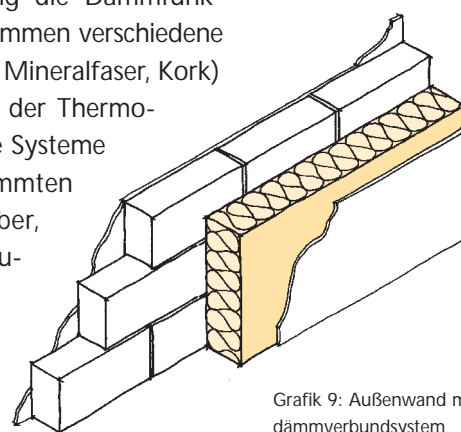
Die aufgeführten Zielwerte können mit unterschiedlichen Konstruktionen erreicht werden:

Massivbauweise - monolithisch

Mit monolithischen Konstruktionen (z.B. Ziegel, Bims, Porenbeton) können bei üblichen Wanddicken von 36,5 cm die Mindestanforderungen gerade erfüllt werden, wenn jeweils die bestdämmenden Steine gewählt werden.

Massivbauweise - Wärmedämmverbundsystem (sog. "Thermohaut")

Bei Außenwänden mit Wärmedämmverbundsystem übernimmt die etwa 17,5 cm dünne Massivwand die Tragfunktion, die 15 bis 20 cm dicke Wärmedämmung die Dämmfunktion. Für die Dämmung kommen verschiedene Materialien (u.a. Polystyrol, Mineralfaser, Kork) in Frage. Bei der Auswahl der Thermohaut sollte auf zugelassene Systeme mit aufeinander abgestimmten Komponenten wie Kleber, Dämmplatte und Putz zurückgegriffen werden.



Grafik 9: Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem

Ein guter Wärmeschutz der Gebäudehülle ist eine der wichtigsten Voraussetzungen zum Bau von Niedrigenergiehäusern. Die Güte des Wärmeschutzes von Bauteilen wird durch den U-Wert (früher k-Wert) beschrieben. Je kleiner der U-Wert einer Konstruktion ist, desto geringer sind ihre Wärmeverluste.

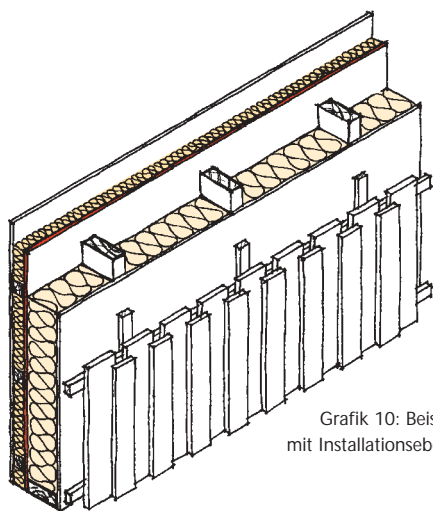


Konstruktion

Niedrigenergiehäuser können sowohl in Massiv- oder Mischbauweisen als auch als reine Holzbauten errichtet werden.

Holzbauweise

Die in Tabelle 1 angegebenen Grenz- und Zielwerte können auch mit Holz-Leichtbauwänden verschiedener Ausgestaltung problemlos erreicht werden. Grafik 10 stellt beispielhaft eine Konstruktion mit 14 cm Dämmung zwischen den Ständern und 6 cm zusätzlicher Dämmung auf der Innenseite der Konstruktion dar.



Grafik 10: Beispiel Holzleichtbauwand mit Installationsebene

Mischbauweise

Eine weitere Konstruktionsmöglichkeit sind Mischbauweisen, bei denen massive Innenwände die Tragfunktion und vorgefertigte Holz-Außenwände die Dämmfunktion übernehmen. Abb. 9 und 10 zeigen das Beispiel einer Reihenhaus-Wohnanlage.

Fenster

Fenster haben im Vergleich zu den nicht transparenten Bauteilen der Gebäudehülle die höchsten Wärmeverluste. Diesen Wärmeverlusten stehen jedoch Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung gegenüber. Zur Beschreibung der energetischen Güte von Verglasungen sind deshalb zwei Kenngrößen nötig: Der U-Wert beschreibt die Wärmeverluste, der g-Wert den Anteil der Sonneneinstrahlung, der bei senkrechtem Lichteinfall durch die Verglasung in den Raum gelangt. Je höher der g-Wert einer Verglasung, desto mehr Sonneneinstrahlung wird durchgelassen. Die ideale Verglasung hat niedrige Wärmeverluste (also einen niedrigen U-Wert) und gleichzeitig hohe Solarenergiegewinne (also einen hohen g-Wert). Die technischen Daten üblicher Verglasungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt:

	U-Wert in Glasmitte (W/m ² K)	g-Wert
Einscheiben-Verglasung	ca. 5,8	87 %
Zweischeiben-Isolierverglasung	2,8 bis 3,0	80 %
Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung	1,2 bis 1,4	58 bis 64 %
Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung	0,6 bis 0,8	40 bis 60 %

Tabelle 2: technische Daten von Verglasungen.





Konstruktion

Wie Abbildung 11 zeigt, bestehen Fenster nicht nur aus dem Verglasungsanteil, etwa 30% der Fläche nimmt der Rahmen ein.

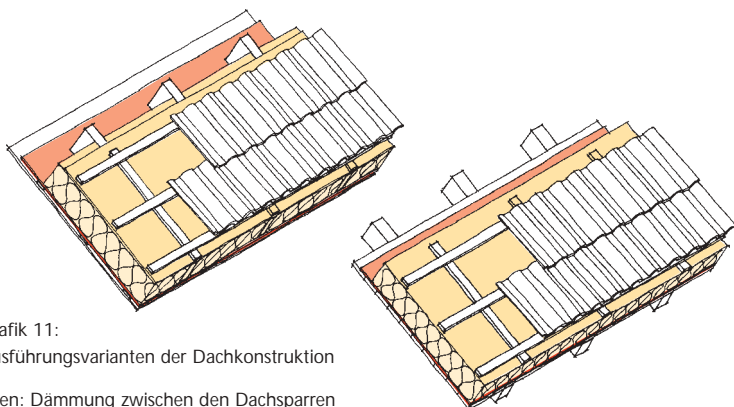


Abb. 11

Bei der Auswahl der Fenster sollte deshalb nicht nur die energetische Qualität der Verglasung, sondern auch die des Rahmens verglichen werden. Seit einigen Jahren sind gedämmte Fensterrahmen in Holz, Holz-Alu und Kunststoff erhältlich, die die Wärmeverluste des Gesamtsystems Fenster deutlich verringern.

Dach

Die Dämmstoffdicke des Daches sollte minimal 20, besser ca. 30 cm betragen. Die Dämmung kann zwischen, über oder unter den Sparren liegen. Aufgrund des höheren Sparrenquerschnitts kann eine Kostenreduktion durch Vergrößerung des Sparrenabstandes erreicht werden.



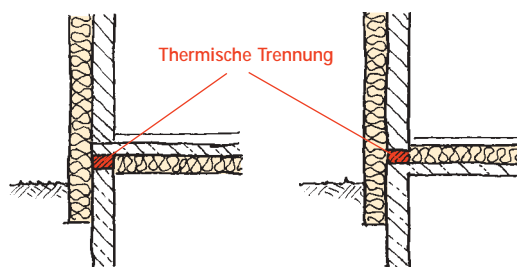
Grafik 11:
Ausführungsvarianten der Dachkonstruktion

oben: Dämmung zwischen den Dachsparren
rechts: Dämmung über den Dachsparren
(Sparren sichtbar)

Bodenplatte / Kellerdecke

Bodenplatten von nicht unterkellerten Gebäuden sollten mit etwa 12 bis 15 cm dicken Dämmungen ausgeführt werden.

Die Wärmeverluste des beheizten Gebäudes gegen unbeheizte Keller sollten ebenfalls durch etwa 12 bis 15 cm Dämmung reduziert werden. Die Dämmung kann unterhalb oder oberhalb der Bodenplatte/Kellerdecke liegen.



Grafik 12:
Ausführungsvarianten der Dämmung
der Kellerdecke

Die energetische Qualität von Verglasungen wird durch 2 Kennwerte beschrieben:

- Der U-Wert beschreibt die Wärmeverluste - je niedriger der Wert, desto geringer die Verluste.
- Der g-Wert beschreibt die Durchlässigkeit für Sonnenenergie - je höher der Wert, desto höher die Solargewinne.

Neben der Güte der Verglasung beeinflusst auch die Qualität des Rahmens und die Art des Fenstereinbaus die Dämmfunktion des Fensters.



Abb. 12: Schlechte Wärmedämmung im Dach des rechten Hauses; im Gegensatz zum linken Haus schmilzt der Schnee

Konstruktion

Wärmebrücken sind Bereiche von Konstruktionen, in denen der Wärmeschutz deutlich schlechter ist als in der Regelkonstruktion. Ihre Bedeutung für die Energiebilanz von Gebäuden nimmt mit steigendem Dämmniveau zu.

Die Minimierung von Wärmebrücken ist ein wichtiger Teilaspekt der Werkplanung für Niedrigenergiehäuser.

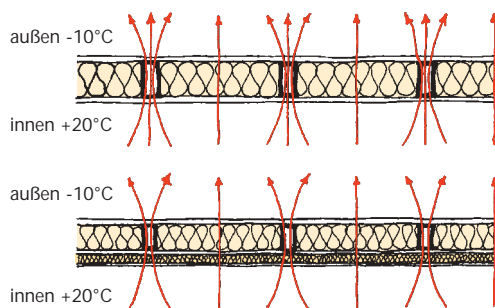


Abb 13: Beispiel einer Wärmebrücke: Im Bereich des gedämmten Dachs treten geringe Wärmeverluste auf, der Schnee schmilzt nicht. Über der nicht gedämmten Haus-trennwand entweicht viel Wärme, der Schnee schmilzt.

Minimierung von Wärmebrücken

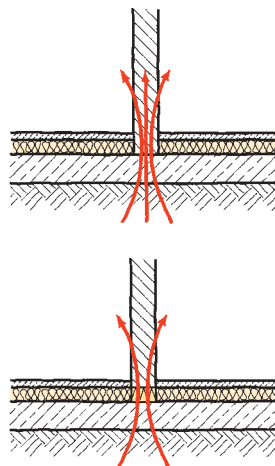
Wärmebrücken sind Bereiche von Konstruktionen, in denen der Wärmeschutz deutlich schlechter ist, als in der Regelkonstruktion.

Grafik 13 zeigt ein Beispiel aus dem Holzbau:



Grafik 13: Wärmebrückeneffekt an Holz-Leichtbauwänden

Der Wärmeschutz der Außenwand ist im gedämmten Bereich zwischen den Ständern sehr gut. Durch die Holzständer geht jedoch weit mehr Energie verloren, da der Dämmwert des Holzes dreimal schlechter ist als der des Dämmstoffs. Durch eine außen- oder innen-seitige Überdämmung der Ständer kann der Wärmebrückeneffekt reduziert werden.



Grafik 14: Wärmebrückeneffekt am Fußpunkt Innenwand

Ein zweites Beispiel zeigt eine Wärmebrücke im Massivbau:

Die oberseitige Dämmung der Bodenplatte wird durch die Innenwand durchbrochen. Wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks geht durch diesen Innenwandstreifen sehr viel mehr Energie verloren, als durch die gedämmte Bodenplatte. Wird die unterste Steinlage der Innenwand durch ein besser wärmedämmendes, druckfestes Material (z.B. Schaumglas, Porenbeton) ersetzt, kann der Wärmebrückeneffekt stark reduziert werden.

Die Bedeutung von Wärmebrücken für die Energiebilanz von Gebäuden nimmt mit steigendem Dämmniveau zu. Die Minimierung von Wärmebrücken ist ein wichtiger Teilaspekt der Werkplanung für Niedrigenergiehäuser. Gut geplante Details reduzieren nicht nur die Wärmeverluste des Gebäudes, sondern auch das Bauschadenrisiko: Feuchtebedingte Bauschäden, z.B. Schimmelpilzbildung treten stets dort auf, wo durch schlechte Wärmedämmung niedrige

Oberflächentemperaturen auftreten und gleichzeitig hohe Luftfeuchtigkeiten herrschen. Energetisch optimierte Anschlussdetails für gebräuchliche Konstruktionen finden sich u.a. in Wärmebrückenatlanten [Hauser]. Zur Optimierung neuer Konstruktionen sollten Wärmebrückenberechnungen mit speziellen Computerprogrammen durchgeführt werden.

Die beschriebenen Wärmebrückeneffekte müssen seit Februar 2002 auch in den Berechnungen nach Energieeinsparverordnung berücksichtigt werden.



Konstruktion

Luftdichtigkeit der Gebäudehülle

Durch Ritzen und Fugen in der Gebäudehülle - etwa am Anschluss Fenster-Außenwand (Abb. links oben) - entstehen in bisher üblichen Neubauten sehr hohe Wärmeverluste. Neben diesen unnötigen Verlusten führen Undichtigkeiten auch zu einem erhöhten Risiko durch Feuchteschäden: Durch Ritzen und Fugen strömt punktuell sehr viel feuchte, warme Luft aus dem Innenraum in die Konstruktion, kühlt dort ab und kann kondensieren. Durch gut geplante und sorgfältig ausgeführte Luftdichtungskonzepte können diese ungewollten, nicht regelbaren Wärmeverluste auf ein Minimum reduziert werden. Die Funktion der Luftdichtungsschicht übernimmt im Massivbau der Innenputz, da das Mauerwerk nicht luftdicht ist (Abb. rechts oben). Im Holzbau kann die innere Beplankung die luftdichtende Funktion übernehmen, wenn die Fugen der Plattenstöße mit speziellen Klebebändern sorgsam abgedichtet (Abbildung 14) oder alternativ Folien als luftdichtende Schicht eingesetzt werden (Abbildung 15).

Die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle kann in standardisierten, so genannten blower-door-

Tests gemessen und bewertet werden (Abb. 16). Durch diese Tests können vorhandene Ritzen und Fugen aufgespürt und beseitigt werden. Zur Kontrolle der Ausführungsqualität von Niedrigenergiehäusern sollte mit dem Hausanbieter oder den ausführenden Firmen die Durchführung eines solchen Tests vereinbart und ein Höchstwert für die Undichtigkeit der Gebäudehülle festgelegt werden. Auch die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle muss bei den Berechnungen nach EnEV berücksichtigt werden.

Zur Kontrolle der Ausführungsqualität von Niedrigenergiehäusern sollte mit dem Hausanbieter oder den ausführenden Firmen die Durchführung eines Luftdichtigkeitstests vereinbart und ein Höchstwert für die Undichtigkeit der Gebäudehülle festgelegt werden.



Abb. 14



Abb. 16



Abb. 15



Lüftung

Automatische Lüftungsanlagen bringen eine spürbare Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen und können die Lüftungswärmeverluste deutlich reduzieren.

Lüftungswärmeverluste reduzieren

Die Lüftung von Gebäuden ist in erster Linie kein energetisches, sondern ein hygienisches Problem. Da die meisten Menschen sich einen Großteil ihrer Zeit in Innenräumen aufhalten, muss das Lüftungssystem folgende Anforderungen erfüllen:

- Regulierung der Raumluftfeuchte
- Beseitigung von Luftschadstoffen und Gerüchen
- Begrenzung des CO₂-Gehalts der Raumluft

Um eine gute Raumluftqualität zu gewährleisten, muß pro Person eine Luftmenge von ca. 20-30 m³ stündlich ausgetauscht werden. Ein zuverlässiger Luftaustausch ist bei Fensterlüftung nicht erreichbar, da die ausgetauschte Luftmenge sehr stark von Windrichtung und -geschwindigkeit abhängt. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass durch Fensterlüftung entweder zu viel oder zu wenig gelüftet wird.

Schon durch einfache Abluftanlagen kann die jedem Raum zugeführte Frischluftmenge genau geregelt und dem Bedarf angepasst werden. Die Abluftanlage sorgt automatisch für eine hygienisch einwandfreie Luftqualität und vermeidet unnötig hohe Lüftungswärmeverluste. In Grafik 16 ist eine solche Anlage schematisch dargestellt.

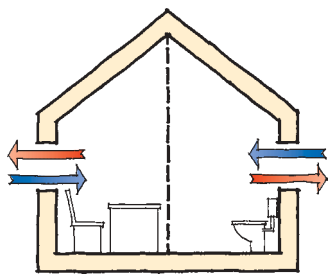
Durch einen Ventilator wird verbrauchte Luft in den Räumen mit hoher Feuchte- und Geruchsbelastung (Bad, WC, Küche) abgesaugt und über Dach abgeführt. Die gleiche Luftmenge strömt durch Zuluftventile in die Aufenthaltsräume (Wohn-, Eltern- und Kinderzimmer) nach. Die Zuluftventile sind regulierbar und werden so in der Wand platziert, dass keine Zugerscheinungen entstehen.

Eine weitere deutliche Verringerung der Lüftungswärmeverluste kann erreicht werden, wenn eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut wird (Grafik 17).

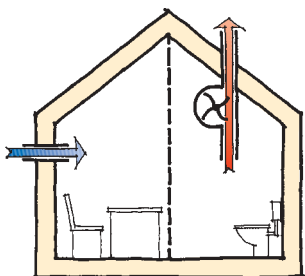
Wie bei der Abluftanlage wird verbrauchte Luft in Bad, WC und Küche abgesaugt. In einem Wärmetauscher wird dieser Luft bis über 90% der Wärme entzogen und der von außen durch Lüftungsrohre angesaugten Luft zugeführt. Die Ströme der verbrauchten und der frischen Luft werden dabei nicht gemischt, sondern in geschlossenen Luftkanälen aneinander vorbeigeführt. Die Frischluft erwärmt sich bei diesem Vorgang von -10°C (Außenlufttemperatur an kalten Wintertagen) auf etwa 17,5°C. Die so erwärmte, frische Luft wird in Lüftungsrohren in die Aufenthaltsräume geführt.

Gut geplante Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sparen mehr als das Zehnfache an Heizenergie ein, als sie an Strom für Ventilatoren verbrauchen. Der Platzbedarf der Lüftungsrohre und die Leitungsführung sollten schon in der Planungsphase zwischen Architekt und Fachplaner abgestimmt werden.

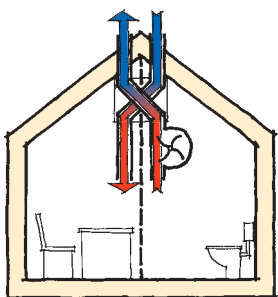
Voraussetzung für die hohen Energieeinsparungen durch Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ist die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle: nur wenn der Luftaustausch kontrolliert durch die Lüftungsanlage und nicht unkontrolliert durch Ritzen und Fugen erfolgt, werden die vorrausgerechneten Einsparungen auch in der Praxis erreicht.



Grafik 15: Fensterlüftung



Grafik 16: Wohnungslüftung mit Abluftanlage



Grafik 17: Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung (Zuluft in Wohnräume, Abluft aus Küche, WC und Bad)



Heizung und Warmwasserbereitung

Heizung

Heizsysteme von Niedrigenergiehäusern müssen sich nicht grundlegend von denen bisher üblicher Neubauten unterscheiden. Zur Abstimmung des Haustechnikkonzepts auf Gebäudeentwurf und -konstruktion sowie auf die Wünsche der Bewohner ist es vorteilhaft, die Fachplaner für Heizung und Lüftung frühzeitig in den Planungsprozess einzubinden. Dies ist seit Einführung der EnEV noch wichtiger, da in den Berechnungen nach EnEV auch die Haustechnik berücksichtigt wird. Durch die Berücksichtigung der Haustechnik schon in der Entwurfsphase können erhebliche Kosteneinsparungen erzielt werden, indem etwa Räume mit hohem Installationsaufwand wie Küche, Bad und WC in räumlicher Nähe oder übereinander angeordnet werden.

Die folgenden Besonderheiten sollten bei der Planung von Heizsystemen für Niedrigenergiehäuser beachtet werden:

Wärmeabgabe und Regelung

- Wegen der stark verringerten Wärmeverluste von Niedrigenergiehäusern haben die kostenlos zur Verfügung stehenden Wärmegewinne durch Sonneneinstrahlung und innere Wärmequellen einen größeren Anteil an der Energiebilanz. Auch im Winter können die Gratisgewinne an sonnigen Tagen ausreichen, um den Wärmebedarf ohne Heizung zu decken. Das Wärmeabgabesystem muss schnell auf starke Solareinstrahlung reagieren und heruntergeregelt oder ganz abgestellt werden können. Gut geeignet sind deshalb Heizkörper mit geringem Wasserinhalt wie Plattenheizkörper oder Konvektoren.
- Durch die verringerte Heizlast können die Heizkörper kleiner dimensioniert werden als in üblichen Neubauten, was zu Kosteneinsparungen führt.

Wärmeverteilung

- Alle Heizungs- und Warmwasserleitungen sollten auf möglichst kurzem Weg, lückenlos und sehr gut gedämmt innerhalb der beheizten Gebäudehülle verlegt werden.
- Werden Fenster mit sehr gutem Wärmeschutz eingesetzt, so steigt die Oberflächentemperatur der Verglasung und die Behaglichkeit in der Nähe der Fenster. Heizkörper müssen in diesem Fall nicht zwingend unter den Fenstern angebracht, sondern können auch an Innenwänden aufgestellt werden. Wegen der kürzeren Leitungslängen führt dies zu Kosteneinsparungen und geringeren Wärmeverteilungsverlusten.

Wärmeerzeugung

- Maßgebliche Größe für die Dimensionierung von Heizkesseln für NEH ist nicht der Wärmebedarf für die Gebäudeheizung, sondern für die Warmwasserbereitung.
- Zur Beheizung von Niedrigenergiehäusern sind prinzipiell alle Energieträger (Öl, Gas, Strom, Holz) geeignet. Ein wichtiges Kriterium zur Auswahl des Energieträgers ist der mit dem Energieeinsatz verbundene CO₂-Ausstoß. Gebäude mit gleichem Nutzenergiebedarf (d.h. gleicher Wärmeabgabe an den Heizkörpern) verursachen je nach eingesetztem Energieträger und nach Effizienz des Heizsystems CO₂-Emissionen in unterschiedlicher Höhe. Ein guter Vergleich von Heizsystemen für Niedrigenergiehäuser findet sich in [Feist].
- Beim Einsatz von Gas empfiehlt sich die Verwendung von Brennwertgeräten, da diese die eingesetzte Energie sehr effizient ausnutzen. Auch für den Brennstoff Öl sind inzwischen Brennwertgeräte erhältlich.



Heizung und Warmwasserbereitung

- Strom sollte nicht direkt zu Heizzwecken oder zur Warmwasserbereitung verwendet werden, da bei der Stromerzeugung im Kraftwerk erhebliche Schadstoffemissionen auftreten und die Energiekosten sehr hoch sind. Wenn Strom zur Gebäudebeheizung verwandt wird, so sollten elektrische Wärmepumpen mit hohem Wirkungsgrad eingesetzt werden.
- Um den Einsatz von thermischen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung zu ermöglichen, sollte der Kessel auch die Warmwasserbereitung übernehmen und das Heizsystem mit einem ausreichend großen Warmwasserspeicher versehen werden.
- Bei der Planung des Heizsystems sollte auch der Hilfsenergiebedarf für Pumpen minimiert werden.



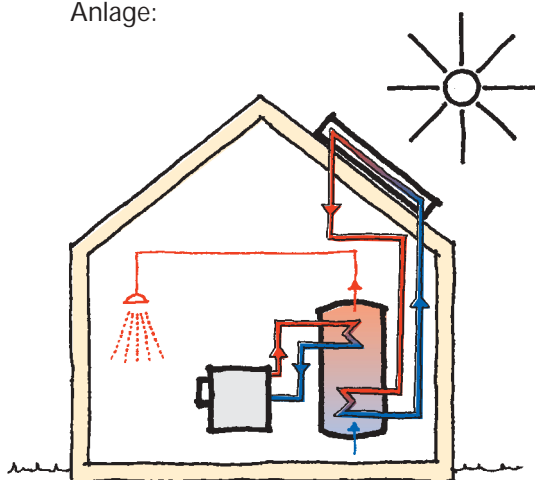
Abb. 17



Abb. 18

Warmwasserbereitung

Der jährliche Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung kann durch den Einsatz von thermischen Solaranlagen um mehr als die Hälfte reduziert werden. Grafik 18 veranschaulicht das Funktionsprinzip einer solchen Anlage:



Grafik 18: Funktionsschema einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung

In den Kollektoren wird durch die Solarstrahlung eine Flüssigkeit erwärmt, die ihre Wärme an den Warmwasserspeicher abgibt. Dieser wird über den Heizkessel nacherwärmt, wenn die Solargewinne des Kollektors das Wasser - etwa im Winter - nicht ausreichend aufheizen können. Über einen Wärmetauscher wird das Warmwasser zum Duschen oder Waschen erwärmt.

Bei der Planung von Solaranlagen sollten die folgenden Grundsätze beachtet werden:

- Der Warmwasserbedarf sollte durch den Einsatz von Wasserspararmaturen reduziert werden.
- Die Kollektoren können in die Dachhaut integriert oder auf Flachdächern aufgeständert werden.
- Kollektoren sollten nach südwest bis südost orientiert sein und eine Neigung von 25° bis 60° haben. Wird die Solaranlage auch zur Heizungsunterstützung eingesetzt, so können auch fassadenintegrierte Kollektoren sinnvoll sein.
- Zur Dimensionierung von Solaranlagen sollten spezielle EDV-Programme eingesetzt werden. Zur überschläglichen Auslegung können die folgenden Richtwerte verwendet werden:
 - Die Kollektorfläche sollte bei etwa 1,5m² pro Bewohner liegen. Vakuumröhrenkollektoren (Abb. 17) erzielen höhere Solarerträge, die Kollektorfläche kann deshalb mit etwa 1,0 bis 1,2 m² pro Bewohner kleiner ausfallen als bei üblichen Flachkollektoren (Abb. 18).
 - Das Speichervolumen sollte etwa 60 bis 100 l pro Person betragen.
- Speicher und Leitungen sollten sehr gut gedämmt werden.

Abb. 19



Abb. 20



Abb. 21



Einführung Passivhaus

Passivhäuser bauen als logische Weiterentwicklung auf die über 20-jährigen Erfahrungen beim Bau von Niedrigenergiehäusern auf. Wie der Begriff Niedrigenergiehaus beschreibt der Begriff Passivhaus nicht eine bestimmte Gebäudeart oder eine spezielle Konstruktionsart, sondern das Energieniveau eines Gebäudes. Während der Begriff Niedrigenergiehaus einen Maximalwert für den Heizwärmebedarf vorgibt, beschreibt der Begriff Passivhaus neben einem weit strengeren Wert für den Heizwärmebedarf zusätzlich einen Höchstwert für den gesamten Energiebedarf für Heizung, Warmwasser und alle Stromanwendungen im Haus. Wie die Abbildungen auf dieser Seite zeigen, können Passivhäuser sehr unterschiedlich gestaltet sein und sowohl in Holz,- als auch in Massiv- oder Mischbauweise errichtet werden. Der Begriff Passivhaus ist nicht auf eine Gebäudeart beschränkt: neben Einfamilien-, Doppel,- und Reihenhäusern sowie Geschosswohnbauten sind inzwischen auch öffentliche Gebäude wie Kindergärten, Schulen und Sporthallen sowie Verwaltungs- und Bürobauten im Passivhausniveau entstanden.

Die Vorteile von Passivhäusern

Die ersten Passivhäuser wurden 1991 errichtet und werden seitdem in umfangreichen wissenschaftlichen Messprogrammen untersucht. Auch in Rheinland-Pfalz wurden inzwischen intensive Untersuchungen an Passivhausprojekten durchgeführt – siehe Beispiele auf den Seiten 27 und 28. Die Auswertung wissenschaftlicher Messprogramme und die Erfahrung aus vielen Passivhausprojekten zeigen, dass die hohen Erwartungen in gut geplanten und sorgfältig ausgeführten Passivhäusern in der Praxis erfüllt werden:

Thermische Behaglichkeit

Die Behaglichkeit in Passivhäusern ist durch den lückenlosen Wärmeschutz und die sehr guten Fenster im Vergleich zu Gebäuden im Niedrigenergiehaus-Niveau nochmals deutlich verbessert: alle inneren Gebäudeoberflächen sind angenehm warm.

Luftqualität

Die Luftqualität ist durch den automatischen, bedarfsgerechten Luftwechsel weit besser, als in Gebäuden mit Fensterlüftung. Durch die Wärmerückgewinnung gelangt die Zuluft auch in kalten Winterperioden mit mehr als 17,5°C in die Räume – Zuglufterscheinungen werden dadurch vermieden. Durch die Lüftungsanlagen gelangt nur gefilterte, saubere Luft ins Gebäude – im Sommer können spezielle Pollenfilter eingesetzt werden, um Heuschnupfenprobleme zu lindern.

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch für Heizung, Warmwasser und Strom liegt in gut geplanten und sorgfältig ausgeführten Passivhäusern auch in der Praxis um etwa 75% niedriger, als in üblichen Neubauten.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Durch die deutlichen Energiekosteneinsparungen und zinsgünstige Passivhaus-Kredite der KfW-Förderbank können die baulichen Mehrkosten gut geplanter Passivhäuser mehr als ausgeglichen werden – die Gebäude sind wirtschaftlich.

Bauschadensfreiheit und Werterhalt

Durch detaillierte Planung und sorgfältige Ausführung werden die Hauptursachen für Bauschäden – Wärmebrücken und Undichtigkeiten in der Gebäudehülle – in Passivhäusern minimiert. Dies schützt die Bausubstanz und erhöht den Wiederverkaufswert.



Abb. 22



Abb. 23

Was ist ein Passivhaus?

Als Passivhäuser werden Gebäude bezeichnet, deren Heizwärmebedarf bei höchstens 15 kWh/m²a und damit um mehr als 75% unter dem Bedarf von Niedrigenergiehäusern liegt.

Ihr Gesamt-Primärenergiebedarf liegt bei max. 120 kWh/m²a, die maximale Heizlast bei 10 W/m².

Zur Berechnung des Energiebedarfs von Passivhäusern und zum Nachweis des Passivhaus-Niveaus wird ein spezielles Berechnungsprogramm eingesetzt.

Die Rechenverfahren der Energieeinsparverordnung sind zur Planung von Passivhäusern ungeeignet.

Die Passivhauskriterien

Auch wenn der Begriff Passivhaus nicht genormt oder gesetzlich festgelegt ist, so ist er anhand der nachfolgenden Kriterien eindeutig definiert.

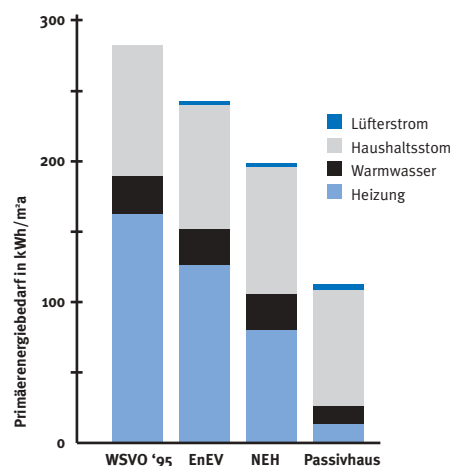
Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf von Passivhäusern liegt bei höchstens 15 kWh/m²a und damit um mehr als 75% niedriger, als der Höchstwert für Niedrigenergiehäuser, der bei maximal 70 kWh/m²a für Einfamilien- und 55 kWh/m²a für Mehrfamilienhäuser liegt.

Gesamt-Primärenergiekennwert

Der Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung und alle Stromanwendungen (Gesamt-Primärenergiebedarf) liegt in Passivhäusern bei maximal 120 kWh/m²a. Als Primärenergiebedarf bezeichnet man den Energiebedarf inklusive der Verluste der technischen Systeme im Haus (z.B. Heizsystem) und inklusive aller vorgelagerten Umwandlungs- und Transportverluste. (Beispiel: Transport von Rohöl aus den Förderländern nach Deutschland, Herstellung von Heizöl aus Rohöl, Transport von Heizöl bis in den Heizungskeller).

Grafik 19 zeigt einen Vergleich der Gesamt-Primärenergiekennwerte von Einfamilienhäusern in unterschiedlichen Energieniveaus.



Grafik 19: Primärenergiekennwerte des Beispiel-Einfamilienhauses (Abb. 5)

Maximale Heizlast

Die maximale Heizlast, d.h. die höchste Leistung, die das Wärmeabgabesystem erbringen muss, liegt bei maximal 10 W/m². Dies bedeutet, dass der Wärmebedarf eines 15 m² großen Zimmers in der kältesten Nacht des Jahres mit der Abwärme von 5 Teelichten beheizt werden könnte.



Luftdichtigkeit

Auch an die Ausführungsqualität von Passivhäusern werden hohe Anforderungen gestellt: Gebäude im Passivhausniveau dürfen im blower-door Test maximale Undichtigkeiten von 0,6 h⁻¹ aufweisen. Gegenüber normalen Neubauten bedeutet dies eine Reduktion der Undichtigkeiten um etwa 80%.

Berechnung der Energiekennwerte

Zur Berechnung des Energiebedarfs von Passivhäusern und zum Nachweis des Passivhaus-Niveaus wird ein spezielles Berechnungsprogramm – das Passivhaus-Projektierungspaket des Passivhaus Instituts eingesetzt. Dieses Programm ist durch den Vergleich gemessener Energieverbräuche mit berechneten Werten gut validiert.

Die Rechenverfahren der Energieeinsparverordnung sind zur Planung von Passivhäusern ungeeignet.



Abb. 24



Abb. 25

Energiekonzepte von Passivhäusern

Entwurf

Für den Entwurf von Passivhäusern gelten die gleichen Grundsätze wie für den Entwurf von Niedrigenergiehäusern. Einfache Gebäude ohne viele Vor- und Rücksprünge, Erker, Dachgauben haben eine geringere Gebäudehüllfläche und sind dadurch günstiger in der Herstellung (siehe Seite 12). Da durch die kleinere Hüllfläche auch weniger Wärme verloren geht, sind einfach gestaltete Gebäude wirtschaftlicher, als Gebäude mit komplizierterer Form.

Wärmeschutz, Wärmebrücken, Luftdichtigkeit

Der Wärmeschutz in Passivhäusern ist gegenüber Niedrigenergiehäusern nochmals deutlich verbessert. Der für Passivhäuser erforderliche Wärmeschutz mit U-Werten von maximal $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ kann sowohl in Massivbauweise, als auch in Holz- und Mischbauweisen erreicht werden.

Neben der in der Regel etwa 30 bis 40 cm dicken Rundum-Dämmung sind dreifachverglaste Fenster mit gedämmten Rahmen ein wichtiger Bestandteil des Passivhauskonzepts. Geeignete Fenster werden vom Passivhaus Institut zertifiziert, inzwischen bieten mehr als 35 Anbieter zertifizierte Fenster mit Holz, Holz-Alu oder Kunststoffrahmen an.

Wärmebrücken und Undichtigkeiten in Passivhäusern werden durch detaillierte Planung aller Anschlüsse auf fast Null reduziert, diese Maßnahme reduziert die Wärmeverluste und das Bauschadensrisiko.

Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Während in Niedrigenergiehäusern oft einfache Abluftanlagen eingesetzt werden, verfügen Passivhäuser über Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (siehe S. 20). In Passivhäusern sollten nur besonders effiziente Geräte mit Wärmebereitstellungsgraden von

mehr als 80% eingesetzt werden. Etwa 10 dieser hocheffizienten Geräte sind vom Passivhaus Institut zertifiziert.

Die Lüftungsanlagen in Passivhäusern können neben ihren hohen Wirkungsgraden über zwei weitere Besonderheiten verfügen:

- Der Heizwärmebedarf von Passivhäusern ist so gering, dass die Wärme durch das ohnehin vorhandene Luftverteilnetz der Lüftungsanlage in den Räumen abgegeben werden kann. Auf Heizkörper kann daher in vielen Passivhäusern – mit Ausnahme der Bäder – verzichtet werden. Diese Wärmeverteilung über die Lüftungsanlage ist kein Muss: die Wärme kann auch anders – etwa über sehr kleine Heizkörper oder Wandstrahlungsflächen – abgegeben werden.
- Um die Energieeffizienz weiter zu steigern, kann die Frischluft in so genannten Erdreichwärmetauschern (EWT) im Winter vorgewärmt, im Sommer abgekühlt werden.



Erdreichwärmetauscher sind eine einfache Maßnahme zur Energieeinsparung und zur Raumkühlung im Sommer: Die Frischluft wird in 1 bis 2 m tief im Erdreich verlegten Kunststoffrohren vorgewärmt bzw. abgekühlt bevor sie in das Haus eintritt.

Passive Solarenergienutzung

Die Wärmeverluste in Passivhäusern sind durch die perfekte Rundum-Dämmung und die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung so stark reduziert, dass sie durch die Solargewinne der Fenster oft zu mehr als 50% gedeckt werden können. Die Fensterflächen müssen dazu nicht übermäßig vergrößert werden.



Abb. 26



Energiekonzepte von Passivhäusern

Aktive Solarenergienutzung

Da in Passivhäusern nicht nur der Heizwärmebedarf, sondern auch alle anderen Energieverbräuche im Haus reduziert werden sollen, sind thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung oft Bestandteil des Energiekonzepts. Aufgrund des niedrigen Heizwärmebedarfs ist es gerade in Passivhäusern interessant, die Solaranlagen auch zur Heizungsunterstützung einzusetzen.

Heizsysteme - Wärmeerzeuger

Passivhäuser sind – entgegen vielen übertriebenen Darstellungen in der Werbung – keine Häuser ohne Heizung. Um ihren minimalen Restenergiebedarf zu decken, benötigen sie jedoch nur sehr klein dimensionierte Wärmeerzeuger. Für Passivhäuser entwickelte Wärmeerzeuger stehen inzwischen für alle gebräuchlichen Energieträger zur Verfügung. Erfolgreich eingesetzt wurden u.a. die folgenden Systeme:

- Kompaktaggregat (Kombination aus Wärmerückgewinnung und elektrischer Kleinst-Wärmepumpe)
- Solare Brennwertzentrale (Gas)
- Holz-Pelletkessel
- Holz-Pelletofen (Aufstellung im Wohnraum)
- Kachelöfen mit Anschluss an Pufferspeicher und Heizsystem

Nicht jedes System ist für jedes Passivhaus geeignet. Wichtige Beurteilungskriterien für die Systemauswahl sind u.a.:

- Primärenergiebedarf und Schadstoffemissionen
- Herstellungskosten und Wirtschaftlichkeit
- Langfristige Verfügbarkeit des Energieträgers

Stromspargeräte

Der Energiebedarf von Passivhäusern für Heizung und Warmwasserbereitung ist so gering, dass der Haushaltsstrombedarf zur Hauptgröße in der Energiebilanz wird. Um den Grenzwert für den Gesamt-Primärenergiebedarf einzuhalten und hohe Stromrechnungen zu vermeiden sollten daher nur energieeffiziente Geräte angeschafft werden, wenn Altgeräte ohnehin ausgetauscht werden.

Photovoltaische Stromerzeugung

Eine sinnvolle Ergänzung des Energiekonzepts können Solarstromanlagen sein. Der mit diesen Anlagen erzeugte Strom wird ins Netz eingespeist und so hoch vergütet, dass die Anlagen bei günstiger Orientierung und verschattungsarmer Lage wirtschaftlich betrieben werden können.

Planung von Passivhäusern

Während Niedrigenergiehäuser ohne großen Planungsmehraufwand von jedem Architekten, Bauträger oder jeder Fertighausfirma geplant und errichtet werden können, stellen Passivhäuser heute noch deutlich höhere Anforderungen an Architekten, Fachplaner und Handwerker. Um die gewünschte Gebäudequalität zu gewährleisten, sollte die komplette architektonische Planung beauftragt werden – neben der Baueingabeplanung (Bauantrag) also auch Werkplanung, Ausschreibung und Vergabe sowie die Bauleitung. Auch die Haustechnik sollte detailliert geplant werden.

Eine Liste von Architekten mit Passivhaus-Erfahrung führt das Passivhaus Institut, Darmstadt (siehe Seite 33).



Abb. 27



Abb. 28

Praxiserfahrungen aus Rheinland-Pfalz

Waren die ersten Passivhaus-Bauherren noch darauf angewiesen, den Planern und Architekten zu glauben, dass das Passivhauskonzept auch in der Praxis funktioniert, so können heutige Bauinteressenten auf die positiven Erfahrungen von wissenschaftlich begleiteten Forschungsvorhaben zurückgreifen.

Modellvorhaben „Kostengünstige Passivhäuser Kaiserslautern“

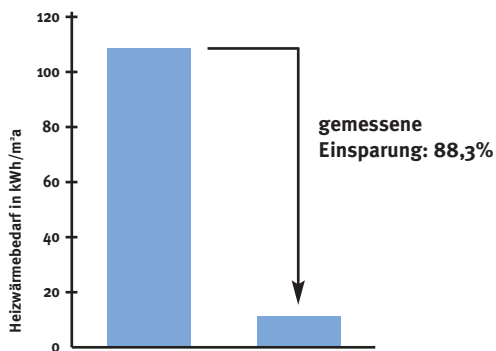
Eines der bestuntersuchten Passivhausprojekte ist eine im Rahmen des Modellvorhabens „Kostengünstige Passivhäuser Kaiserslautern“ errichtete Reihenhausanlage in Kaiserslautern-Erfenbach. Das vom Ministerium der Finanzen unterstützte Vorhaben hatte die folgenden Ziele:

- Nachweis der Energieeinsparungen von Gebäuden im Passivhausniveau
- Praxisvergleich verschiedener Konstruktionsarten für Passivhäuser
- Ermittlung der Mehrkosten und Demonstration der Wirtschaftlichkeit
- Untersuchung der Behaglichkeit

Die in Abbildungen 27 und 28 gezeigten Reihenhäuser wurden von 1999 bis 2001 in zwei Bauabschnitten errichtet. Im detaillierten Messprogramm wurden u.a. alle wichtigen Energieverbräuche sowie die Raumlufttemperaturen erfasst. Die Ergebnisse des Modellvorhabens zeigen, dass die Projektziele nicht nur erreicht, sondern übertroffen wurden.

Energiebedarf

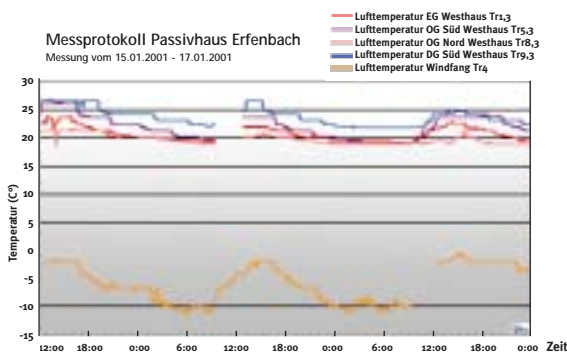
Wie Grafik 20 zeigt, lag der mittlere Heizwärmebedarf mit 12,7 kWh/m²a (entspricht jährlich 1,27 Liter Öl pro m² Wohnfläche) um 88% unter dem Bedarf eines identischen Gebäudes nach den gesetzlichen Mindestanforderungen. Auch alle anderen Passivhausgrenzwerte wurden unterschritten.



Grafik 20: Energieeinsparung im Modellvorhaben „Kostengünstige Passivhäuser Kaiserslautern“

Behaglichkeit

Die drastischen Energieeinsparungen wurden nicht durch Komfortverzicht, sondern bei gesteigerter Behaglichkeit erreicht: die mittlere Raumtemperatur lag während der Heizperiode von Oktober bis März bei 21,2°C. Auch in den kältesten Winternächten wurde in allen Räumen die gewünschte Raumlufttemperatur erreicht.



Grafik 21: Raumlufttemperaturen in der kältesten Winterperiode

In der in Grafik 21 dargestellten Periode mit Außenlufttemperaturen von -12°C lagen die Raumlufttemperaturen nachts bei 19 bis 23, tagsüber bei bis zu 26°C. Auch die sommerliche Behaglichkeit war sehr gut: selbst bei Außenlufttemperaturen von mehr als 37°C lagen die Raumlufttemperaturen bei maximal 27°C.

Modellvorhaben
„Kostengünstige
Passivhäuser
Kaiserslautern-
Erfenbach“

Förderung:
Ministerium der
Finanzen Rheinland-
Pfalz

Architektur/Energie-
konzept/Haustechnik:
bau.werk -
Energie gestalten,
Kaiserslautern

Messprogramm/
Thermografie:
Universität
Kaiserslautern

Am Beispiel der Reihenhäuser des Modellvorhabens konnte demonstriert werden, dass die vorausgerechneten Energieeinsparungen in der Praxis erreicht werden: der gemessene Heizwärmeverbrauch lag bei 12,7 kWh/m²a. Die Behaglichkeit in den Gebäuden war im Winter wie im Sommer überdurchschnittlich gut.



Abb. 29



Abb. 30



Abb. 31

Praxiserfahrungen aus Rheinland-Pfalz

Die Baukosten im Modellvorhaben „Kostengünstige Passivhäuser Kaiserslautern“ lagen um 8 bis 10% über denen identischer Häuser im üblichen Energieniveau. Die Gebäude sind wirtschaftlich, da die Mehrkosten durch die Energiekosteneinsparungen und Fördergelder/zinsgünstige Passivhaus-Kredite mehr als ausgeglichen werden.

Modellvorhaben 5-Liter-Haus Wittlich

Förderung:
Ministerium der Finanzen Rheinland-Pfalz, Stadt Wittlich

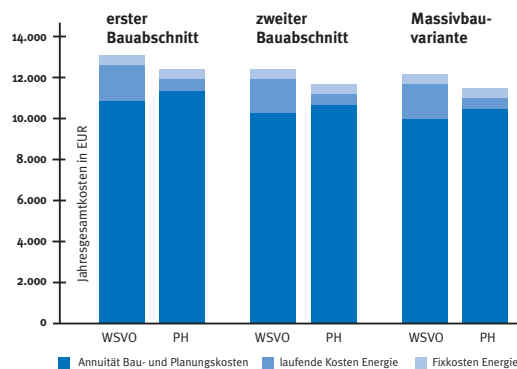
Konzeption und Durchführung:
bau.werk - Energie gestalten, Kaiserslautern

Architekten der Passivhäuser:
Simon, Wittlich
Binz, Wittlich
Jakoby, Köln

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die reinen Baukosten der Gebäude lagen mit 1.200 bis 1.275 EUR/m² Wohnfläche unter den Durchschnittskosten üblicher Neubauten laut Statistischem Landesamt. Die Mehrkosten der Passivhausvarianten gegenüber den ebenfalls komplett geplanten Varianten nach den gesetzlichen Mindestanforderungen lagen bei 110 bis 125 EUR/m². Die Energieeinsparungen von 88% wurden damit zu Mehrkosten von etwa 8 bis 10% erreicht.

Die Passivhäuser des Modellvorhabens sind wirtschaftlich: im Durchschnitt der nächsten 30 Jahre – d.h. während der Kreditlaufzeit – werden die Mehrbelastungen aufgrund der höheren Baukosten durch Energiekosteneinsparungen (und Fördergelder / zinsgünstige Passivhaus-Kredite) mehr als ausgeglichen. Wie in Grafik 22 dargestellt, liegen die jährlichen Gesamtkosten der Passivhausvarianten (PH) unter denen der Gebäudevarianten nach Wärmeschutzverordnung (WSVO).



Grafik 22: Vergleich jährlicher Gesamtkosten der Passivhäuser mit denen von konventionell gebauten Häusern

Das schönste Kompliment erhielten die Bauherren von einem der amerikanischen Mieter: die Energiekosten liegen niedriger, als in dem vorher bewohnten Haus auf Sizilien!

Modellvorhaben 5-Liter-Haus Wittlich

Ein weiteres rheinland-pfälzisches Projekt mit positiven Passivhaus-Erfahrungen ist das Modellvorhaben 5-Liter-Haus Wittlich. Im Rahmen dieses Projekts wurden eine Siedlung mit etwa 30 Wohneinheiten in einem hervorragenden Energieniveau errichtet – unter anderem 15 Einheiten im Passivhausniveau.

Alle Gebäude wurden von Architekten aus der Region geplant und von Handwerkern aus der Umgebung errichtet. Mit einer Ausnahme hatte kein Architekt Erfahrung in der Planung von Niedrigenergie- oder Passivhäusern. Zentrales Element des Modellvorhabens war daher die intensive, planungsbegleitende Energieberatung der Architekten durch ein passivhauserfahrenes Architektur- und Ingenieurbüro. Dieses übernahm auch die Zertifizierung der Gebäude und die Qualitätskontrollen.

Die Ergebnisse des Modellvorhabens sind ausgesprochen positiv: im Mittel aller Einheiten wird eine Energieeinsparung von mehr als 75% erreicht, der Mittelwert der tatsächlichen Verbräuche liegt nur um 4% über den berechneten Werten. Wie die Luftdichtheitsmessungen zeigen, liegt die Ausführungsqualität deutlich über der in normalen Gebäuden.

Drei Passivhausprojekte mit insgesamt 8 Wohneinheiten wurden zu reinen Baukosten von 1.125 bis 1.210 EUR/m² Wohnfläche und damit unter den durchschnittlichen Baukosten in Rheinland Pfalz errichtet.

Die Energieeinsparverordnung 2002 (EnEV)

Die Mindestanforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden werden bundesweit durch Verordnungen festgesetzt. Diese Anforderungen werden von Zeit zu Zeit dem technischen Fortschritt angepasst.

Bis 2002 wurden die Anforderungen an die Gebäudehülle in der Wärmeschutzverordnung, die Anforderungen an die Haustechnik in der Heizungsanlagenverordnung geregelt. Seit Februar 2002 werden diese Verordnungen in der Energieeinsparverordnung zusammengefasst, Gebäudehülle und Haustechnik werden als Einheit bewertet.

Ziele

Die Energieeinsparverordnung EnEV ist ein wichtiger Teil der Maßnahmen zur Umsetzung der im großen politischen Konsens verabschiedeten nationalen und internationalen Klimaschutzziele. Die EnEV setzt sowohl für den Neubau von Gebäuden, als auch für die Sanierung bestehender Gebäude energetische Mindestanforderungen fest. Die Erläuterungen in dieser Broschüre beziehen sich auf den Neubaubereich.

Grundsätze und Veränderungen

Wie schon in der Wärmeschutzverordnung 1995 werden die Mindestanforderungen an Gebäude in Form von Energiekennwerten beschrieben. Für jedes Gebäude muss nachgewiesen werden, dass der rechnerisch ermittelte Energiekennwert unter dem zulässigen Höchstwert liegt. Durch die Festlegung von Energiekennwerten wird das energetische Ziel,

nicht jedoch der Weg zur Energieeinsparung vorgegeben.

Wie in der Wärmeschutzverordnung hängt der zulässige Höchstwert für den Energiebedarf von Gebäudeart und -größe ab. Der zulässige Höchstwert wird in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis des Gebäudes (Verhältnis von Hüllfläche zu Gebäudevolumen) festgelegt: für kleinere Gebäude sind höhere Energiekennwerte zulässig, als für große.

Im Vergleich zu den Regelungen der Wärmeschutzverordnung 1995 ergeben sich vor allem die zwei folgenden Veränderungen:

1. Berücksichtigung der Verluste des Heizsystems und der Verluste für Gewinnung, Umwandlung und Transport der Energieträger
2. Berücksichtigung des Wärmebedarfs für die Warmwasserbereitung

Die unterschiedlichen Ansätze in den Berechnungsverfahren der Wärmeschutzverordnung und der Energieeinsparverordnung sowie die wichtigsten Begriffe und Zusammenhänge werden vereinfacht in Grafik 23 auf der folgenden Seite erläutert.

Die Mindestanforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden sind seit Februar 2002 durch die Energieeinsparverordnung festgesetzt. Gebäudehülle und Haustechnik werden als Einheit bewertet.

Wichtige Begriffe

Hauptnachweisgröße in der Energieeinsparverordnung ist nicht mehr der **Nutzwärmebedarf** für die Gebäudebeheizung, sondern der **Primärenergiebedarf** für Heizung und Warmwasserbereitung.

Das Anforderungsniveau wurde für kleine Gebäude nur unwesentlich verschärft.

Nutzenergie

Diese Größe beschreibt die Wärmemenge, die von den Heizkörpern eines Gebäudes oder in Form von Warmwasser am Wasserhahn abgegeben werden muss.

Endenergie

Bezeichnet die vom Bewohner zu bezahlende, dem Gebäude unmittelbar zugeführte Energie in Form von Heizöl, Gas, Fernwärme, Strom etc. inklusive der Umwandlungsverluste der technischen Systeme (Heizung und Warmwasserbereitung).

Primärenergie

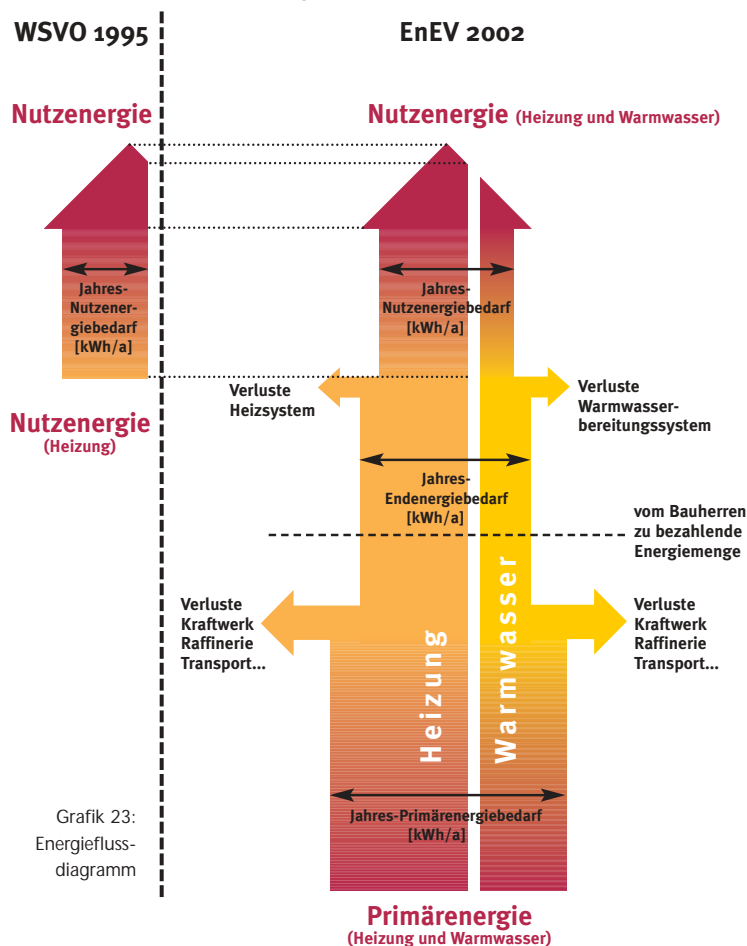
Bezeichnet den Energieaufwand für die Bereitstellung des Energieträgers inklusive des Energieeinsatzes für Transport und Weiterverarbeitung.

Berücksichtigung des Wärmebedarfs für die Warmwasserbereitung

Wie Grafik 23 zeigt, ist nach Energieeinsparverordnung der Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung die Hauptnachweisgröße. Ebenfalls berücksichtigt wird der Hilfsenergiebedarf etwa für Pumpen und Ventilatoren. In der Wärmeschutzverordnung 1995 war nur der Nutzenergiebedarf für die Gebäudebeheizung zu berücksichtigen.

Verschärfung des Anforderungsniveaus

Mit Einführung der Energieeinsparverordnung wurden die Mindestanforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden erneut verschärft und damit dem technischen Fortschritt der vergangenen Jahre angepasst. Wegen der Veränderungen im Berechnungsverfahren und einiger veränderter Randbedingungen sind die alten und die neuen Anforderungen nur schwer vergleichbar. Vergleichsrechnungen zeigen, dass das Anforderungsniveau der EnEV für kleine Gebäude gegenüber der Wärmeschutzverordnung '95 um etwa 5 bis 10%, für größere Gebäude um bis zu 25% erhöht wurde. Das Anforderungsniveau wurde so festgelegt, dass es in Gebäuden verschiedener Gestaltung und in allen üblichen Konstruktionsarten (Massivbau, Mischbauweisen, Holzbau) wirtschaftlich realisiert werden kann.



Grafik 23:
Energieflussdiagramm

Nachweisverfahren

Das Nachweisverfahren

Hauptnachweisgröße der Energieeinsparverordnung ist der Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung. Dieser Wert wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$Q_p = (Q_h + Q_w) * e_p$$

- Q_p Primärenergiebedarf
- Q_h Heizwärmebedarf
- Q_w Energiebedarf Warmwasser
- e_p Primärenergieaufwandszahl

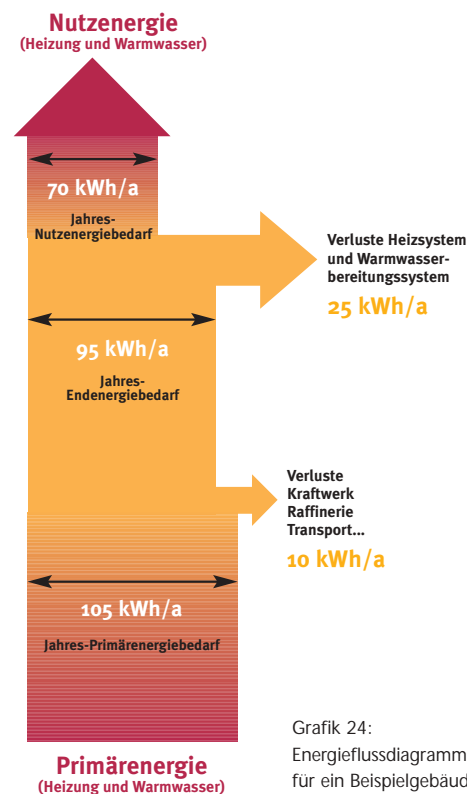
Die Berechnung des Primärenergiebedarfs erfolgt in zwei Schritten.

Schritt 1 ist die Berechnung des Heizwärmebedarfs und des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung d.h. die Bestimmung der Wärmenachfrage (Nutzenergiebedarf, siehe Grafik 23). Der Heizwärmebedarf wird ähnlich wie auf Seite 10 beschrieben mit einem Energiebilanzierungsprogramm berechnet. Der Energiebedarf zur Warmwasserbereitung muss nicht individuell ermittelt werden, zur Vereinfachung wird ein einheitlicher Wert angenommen.

Schritt 2 ist die Ermittlung der Verluste des Heizsystems, des Warmwasserbereitungssystems und der vorgelagerten Verluste bei der Bereitstellung der eingesetzten Energieträger (siehe Verlustpfeile in Grafik 23). Die Primärenergieaufwandszahl e_p gibt an, wievielfach mehr Primärenergie benötigt wird, um den Nutzwärmebedarf eines Gebäudes zu decken. Grafik 24 verdeutlicht die Zusammenhänge an einem Beispiel:

Der rechnerisch ermittelte Heizwärmebedarf des dargestellten Gebäudes beträgt 57,5 kWh/m²a. Zusammen mit dem einheitlich fest-

gelegten Energiebedarf für die Warmwasserbereitung von 12,5 kWh/m²a ergibt sich ein Nutzenergiebedarf von 57,5 + 12,5 = 70 kWh/m²a.



Grafik 24: Energieflussdiagramm für ein Beispielgebäude

Die Berechnung des Primärenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser erfolgt in zwei Schritten: in Schritt 1 wird der Nutzenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung ermittelt, in Schritt 2 die Verluste des gewählten Heizsystems und der vorgelagerten Prozesse bei der Bereitstellung der Energieträger.

Wird für das Gebäude ein Heizsystem mit einer Primärenergieaufwandszahl e_p von 1,5 gewählt, so beträgt der Primärenergiebedarf 70 kWh/m²a * 1,5 = 105 kWh/m²a.

Primärenergieaufwandszahlen für gebräuchliche Heizsysteme werden in der Energieeinsparverordnung (genauer gesagt: in mitgeltenden Normen) genannt. Wie hoch die Primärenergieaufwandszahl ist, hängt von der Effizienz des Heizsystems selbst und von den Umwandlungsverlusten des eingesetzten Energieträgers (Öl, Gas, Strom, Holz etc.) ab.

Nachweisverfahren

Berechnung des Heizwärmebedarfs

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs Q_H kann für reine Wohngebäude nach einem vereinfachtem Verfahren durchgeführt werden. Auch für Wohngebäude ist jedoch zu empfehlen, die Berechnung nach dem genaueren Monatsbilanzverfahren durchzuführen, zur Berechnung stehen verschiedene EDV-Programme zur Verfügung. Bei der Berechnung sind die folgenden Veränderungen zu beachten:

- Die Raumlufttemperatur wird mit 19°C statt bisher mit 20°C angenommen. Zusätzlich können die Effekte einer Nachtabsenkung berücksichtigt werden.
- Wird in einem Luftdichtigkeitstest ein Wert n_{50} von $<1,5\text{h}^{-1}$ erreicht, so darf der Rechenansatz für die Luftwechselrate reduziert werden. Eine gute Planung und Ausführung der Luftdichtigkeit des Gebäudes wird dadurch belohnt.
- Wärmebrücken sind bei der Berechnung erstmals zu berücksichtigen. Die Anforderungen an die Planung und in der Folge an die Bauleitung steigen.
- Der Einfluss der Wärmespeicherung auf den Jahresheizwärmebedarf wird berücksichtigt.

Berücksichtigung des Warmwasserbedarfs

Der individuell sehr unterschiedliche Wärmebedarf zur Warmwasserbereitung muss nicht rechnerisch ermittelt werden. Er wird pauschal mit $12,5\text{ kWh/m}^2\text{a}$ angenommen. Speicher- und Verteilverluste sowie der Beitrag thermischer Solaranlagen werden bei der Berechnung der Primärenergieaufwandszahl berücksichtigt.

Bestimmung der Primärenergieaufwandszahl e_p

Die Bestimmung der Primärenergieaufwandszahlen erfolgt nach DIN 4701 Teil 10 in grafi-

schen oder rechnerischen Verfahren. Niedrige Primärenergieaufwandszahlen werden erreicht, wenn effiziente Heizungs-, Warmwasser-, Lüftungs- und Solaranlagen verwendet, die Systeme innerhalb der beheizten Gebäudehülle aufgestellt, und wenn Energieträger mit geringen Umwandlungsverlusten eingesetzt werden. Die Primärenergieaufwandszahlen üblicher Wärmeversorgungssysteme liegen zwischen 1,1 und 2,3; einzelne Systeme haben Werte unter 1.

Energiebedarfsausweis

Die wichtigsten Ergebnisse der EnEV-Berechnungen werden in einem Energiebedarfsausweis (Energiepass) zusammengefasst. Anhand dieses Ausweises kann das energetische Niveau von Gebäuden beurteilt werden.

Zusammenfassung

Die gleichzeitige Berücksichtigung von Gebäude und Haustechnik in der Energieeinsparverordnung eröffnet Architekten und Planern größtmögliche Planungsfreiheit. Aus der Vielzahl möglicher Energiesparmaßnahmen kann für das jeweilige Projekt die wirtschaftlichste Maßnahme oder Maßnahmenkombination ausgewählt werden. Da die Berechnungen nach Energieeinsparverordnung mit dem Bauantrag eingereicht und die Haustechniksysteme mitbewertet werden, müssen Abstimmungsgespräche zwischen Architekt und Haustechniker schon in der Entwurfsphase stattfinden. Das Anforderungsniveau wurde für kleine Gebäude nur geringfügig verschärft. Ein Teil der vom Verordnungsgeber intendierten Energieeinsparungen resultiert aus veränderten Eingabeparametern, etwa der Annahme einer Raumlufttemperatur von 19°C statt bislang 20°C .

Die Energieeinsparverordnung eröffnet Architekten und Planern durch die gleichzeitige Berücksichtigung von Gebäude und Haustechnik größtmögliche Planungsfreiheit. Aus der Vielzahl möglicher Energiesparmaßnahmen kann die für das jeweilige Projekt wirtschaftlichste Maßnahme oder Maßnahmenkombination ausgewählt werden.

Ansprechpartner, Literaturempfehlungen, Abbildungsverzeichnis

ADRESSEN

**Ministerium der Finanzen
Rheinland-Pfalz**
Kaiser-Friedrich-Straße 5
55116 Mainz
Tel.: 06131 / 16-4399
Fax: 06131/16-17-4259
e-mail: pressestelle@fm.rlp.de
www.fm.rlp.de/Bauen/fr_Bauen.htm
Informationen zum Planen und
Bauen in Rheinland-Pfalz

bauforum Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 5
55116 Mainz
Tel.: 06131 / 16-4346
Fax: 06131/16-174346
e-mail: bauforum@fm.rlp.de
www.bauforum.rlp.de
Informationen zum Planen und
Bauen in Rheinland-Pfalz

**Architektenkammer
Rheinland-Pfalz**
Hindenburgstraße 6
55001 Mainz
Tel.: 06131 / 99 60 0
Fax: 06131 / 61 49 26
www.architekten-rheinland-pfalz.de
Einführung zum Bauen und Planen
mit Architekten, Liste der Architek-
ten mit Tätigkeitsschwerpunkten

**Passivhaus-Institut
Dr. Wolfgang Feist**
Rheinstraße 44/46
64283 Darmstadt
Tel. 06151 / 826 99-0
Fax: 06151 / 826 99-11
e-mail: mail@passiv.de
www.passiv.de
Informationen zum Thema Passiv-
haus, Liste realisierter Passivhäuser

IG Passivhaus
Rheinstraße 44/46
64283 Darmstadt
Tel.: 06151 – 826 99-33
Fax: 06151 – 826 99-34
e-mail: info@ig-passivhaus.de
www.ig-passivhaus.de
Informationen zum Thema
Passivhaus

**Transferstelle für rationelle und
regenerative Energienutzung
Rheinland-Pfalz**
Berlinstraße 109
55411 Bingen-Büdesheim
Tel.: 06721 / 409-135
Fax: 06721 / 409-129
e-mail: tsb@fh-bingen.de
www.tsb-energie.de
Beratung zu den Themen:
- Heizsysteme
- Holzenergienutzung
- thermische Solarenergienutzung
- Photovoltaik

KfW Förderbank
Beratungszentrum Frankfurt a.M.
Bockenheimer Landstrasse 104
60325 Frankfurt a.M.
Tel.: 069 / 7431-3030
Fax: 069/ 7431 – 1706
www.kfw.foerderbank.de

**Bundesamt für Wirtschaft
und Ausfuhrkontrolle**
Frankfurter Straße 29 – 35
65760 Eschborn
Tel.: 06196 / 908-625
Fax: 06196 / 908-800
www.bafa.de

LITERATUREMPFEHLUNGEN

Wolfgang Feist (Herausgeber):
Das Niedrigenergiehaus
Neuer Standard für
energiebewusstes Bauen
4. Auflage 1997
Verlag C.F. Müller, Heidelberg

Roberto Gonzalo:
Energiebewusst bauen
Edition Erasmus, Mainz

Othmar Humm:
NiedrigEnergieHäuser
Innovative Bauweisen und neue
Standards
6. Auflage
ökobuch-Verlag, Staufien

Huber / Müller / Oberländer:
Das Niedrigenergiehaus
Ein Handbuch
Mit Planungsregeln zum Passivhaus
2. Auflage 1997
Kohlhammer-Verlag, Stuttgart

Bundesarchitektenkammer
(Herausgeber)
Energiegerechtes Bauen und
Modernisieren
Grundlagen und Beispiele für
Architekten, Bauherren und
Bewohner
Birkhäuser Verlag, Basel 1996

[Feist]
Wolfgang Feist et al.:
Heizung im Niedrigenergiehaus
Ein Systemvergleich
Passivhaus Institut
Darmstadt, 1998

[Hauser]
G. Hauser; H. Striegel:
Wärmebrückenatlas für den
Mauerwerksbau
Bauverlag, Wiesbaden, Berlin

[Hauser 2]
G. Hauser; H. Striegel:
Wärmebrückenatlas für den Holzbau
Bauverlag, Wiesbaden, Berlin

Energie sparen –
bebaglich Wohnen
Die Energiesparverordnung –
Informationsbroschüre für
Architekten und Planer
Herausgeber: Energieversorgung
Mittelrhein (EVM), Koblenz
www.evm-koblenz.de
Tel: 0800 / 3 86 55 55

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Titel (v.o.n.u.):
- Passivhaus-Wohnanlage in
Kaiserslautern, Arch.: bau.werk,
Kaiserslautern
- Niedrigstenergiehaus in
Herchweiler, Arch.: bau.werk,
Kaiserslautern
- Passivhaus in Wittlich,
Arch.: Binz, Wittlich
- Niedrigstenergiehaus in Wittlich,
Arch.: Jakoby, Köln
- Niedrigenergiehaus am Chiemsee
- Passivhaus in Neustadt-
Gimmeldingen, Arch.: bau.werk,
Kaiserslautern

Seiten 4/5
Abb. 1: Wohnanlage in Lustenau
Abb. 2: Reihenhäuser in Ravensburg
Abb. 3: Montage Dämmelemente

Seite 6
Bild oben: Niedrigenergiehaus in
Vorarlberg
Abb. 4: Passivhaus in Homburg,
Arch.: bau.werk, Kaiserslautern

Seiten 8/9
Oben links: Niedrigenergiehaus in
Vorarlberg
Oben Mitte: Wohnanlage in
Dornbirn, Arch.: H. Kaufmann
Oben rechts: Niedrigenergiehaus in
Dornbirn, Arch.: Unterrainer

Seiten 10/11
Abb. 5: Einfamilienhaus,
Arch.: Jakoby/Ploß
Oben rechts: Einfamilienhaus in
Lochau, Arch.: Loudon

Seiten 12/13
oben v.l.n.r.
Mehrfamilienhaus in Homburg
Einfamilienhaus in Hittisau
Niedrigenergiehaus am Chiemsee
starre Verschattung
Abb. 6: Innenansicht Solarhaus

Seiten 14/15
oben v.l.n.r.
- Doppelhaus in Dornbirn
- Innenansicht Solarhaus
- Niedrigenergiehaus mit
Thermohaut
- Einfamilienhaus in Massivbauweise
Abb. 7: Solarhaus in Konstanz
Abb. 8: Haus mit Wintergarten,
Arch.: Larsen

Seiten 16/17
oben v.l.n.r.
- Montage Passivhaus Kaiserslautern,
Arch.: bau.werk, Kaiserslautern
- Montage Passivhaus Homburg,
Arch.: bau.werk, Kaiserslautern
- Montage Passivhaus Homburg,
Arch.: bau.werk, Kaiserslautern
Abb. 9 + 10: Montageablauf
Reihenhäuser in Mischbauweise,
Geisenheim, Arch.: Rasch & Partner

Seite 21
oben links: Niedrigstenergiehaus in
Egg, Arch.: Stadelmann

Seite 22
oben v.l.n.r.
- Solarhaus in Vorarlberg
- Solarhaus in Alberschwende
Abb. 17: Röhrenkollektoren als
Pergolelement
Abb. 18: Solarhaus bei Linz

Seite 23
Abb. 19: Passivhaus in Hittisau,
Arch.: Bechter
Abb. 20: Passivhaus in Wolfurt,
Arch.: Zweier
Abb. 21: Passivhaus in Neustadt-
Gimmeldingen, Arch.: bau.werk,
Kaiserslautern

Seite 24
Abb. 22: Passivhaus in Saarbrücken,
Arch.: Disch
Abb. 23: Passivhaus in
Schwegenheim, Arch.: Hofmann,
Neustadt

Seite 25
Abb. 24: Passivhaus in
Massivbauweise, Arch.: Fingerling
Abb. 25: Passivhaus in
Holzbauweise, Arch.: bau.werk,
Kaiserslautern

Seite 26
Abb. 26: Passivhaus mit
Photovoltaikdach, Arch.: bau.werk,
Kaiserslautern

Seite 27
Abb. 27+28: Passivhaus-
Wohnanlage in Kaiserslautern-
Erfenbach, Arch.: bau.werk,
Kaiserslautern

Seite 28
Abb. 29: Passivhaus in Wittlich,
Arch. Simon, Wittlich
Abb. 30: Passivhaus in Wittlich,
Arch. Binz, Wittlich
Abb. 31: Passivhaus in Wittlich,
Arch. Jakoby, Köln

Alle Grafiken:
bau.werk, Kaiserslautern
Fotos: bau.werk, außer Abb.22:
Stadtwerke Saarbrücken

Impressum

Herausgeber: Ministerium der Finanzen Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 5
55116 Mainz
Tel: 06131 / 16-4399 (Fachabteilung)
oder 06131 / 16-4392 (Presse)
Fax: 06131 / 16-17-4259
e-mail: pressestelle@fm.rlp.de
www.fm.rlp.de/Bauen/fr_Bauen.htm
Redaktion:
Herbert Sommer, Anne Brenner,
Heike Schönmann

Konzeption und Architekt Martin Ploß
Bearbeitung: Zimmermeister Architekt Gerrit Horn
Dipl.-Ing. Ruth Ploß



E n e r g i e g e s t a l t e n

Jakob-Blenk-Str. 29
67659 Kaiserslautern-Erfenbach
Fax: 0 63 01 / 30 06 65
e-mail: bau.werk@t-online.de
www.bauwerk-energie.de

Gestaltung: Dipl.-Des. Barbara Horn
Dipl.-Des. Erwin Fieber

Druck: Johnendruck
Saarstraße 27
55276 Dienheim

Nachdruck nur bei ausdrücklicher
Genehmigung durch den Herausgeber.

1. Auflage November 1999
2. Auflage August 2000
3. Auflage April 2001
4. überarbeitete Auflage Februar 2002
5. überarbeitete Auflage Juli 2005

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch Wahlbewerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitliche Begrenzung zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.