

SOLARTHERMIEHÄUSER

HEIZEN MIT DER SONNE



**MACH MIT.
BAU NACHHALTIG.**
Energieeffizientes Bauen in Sachsen

saena
Sächsische
Energieagentur GmbH

Seite	Inhalt	Seite	Inhalt
4	Einleitung	24	Basiskriterien Solarthermiehaus
5	Energiepolitische Situation	24	Solararchitektur
5	Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen	25	zyklische Energielieferung
6	Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009)	26	Solararchitektur
7	Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWaermeG)		Passive Nutzung der Sonnenwärme
8	Einordnung von Solarthermiehäusern in den Geltungsbereich von EnEV und EEWaermeG	28	Solarthermie – Funktion
8	Historische Entwicklung des Heizwärmebedarfs	29	Funktionsweise solarthermischer Anlagen
9	Übersicht neuer Haustypen	29	Kennwerte
10	Niedrigenergiehaus	29	Komponenten der Anlage
10	3-Liter-Haus	32	Wirtschaftlichkeit
11	Passivhaus	35	Beispiele
11	Null-Energie-Haus	47	Glossar
11	Plusenergiegebäude	50	Bildnachweis
12	Solarthermiehauskonzept	51	Impressum
13	Sonnenhaus		
13	ENERGETIKhaus 100®		
14	SonnenEnergieHaus®		
15	Energieautarke Häuser		
16	Solarthermiehausprinzip		
18	Primärenergiebedarf		
18	Lüften im Solarthermiehaus		
19	Elektrische Energie		
20	Heizen und Kühlen		
21	Bauteile		
22	Verwendung ökologischer Baustoffe		
23	Umsetzung des Prinzips bei Neubau, Sanierung und denkmalgeschützten Gebäuden		

Auf Gebäude entfallen 40 % des Gesamtenergieverbrauchs der Europäischen Union. Behalten wir den gegenwärtigen Energieverbrauch bei, so reichen die förderbaren Vorräte an Erdöl, Erdgas und Kohle je nach Energieträger noch für einen Zeitraum zwischen 40 und 200 Jahren. Auf Grund der Steigerung des Weltenergiebedarfs sowie der Tatsache, dass sich Kosten für die Förderung fossiler Energieträger in den nächsten Jahren aus verschiedenen Gründen ebenfalls erhöhen, werden die Kosten für Energie die jetzigen weit übersteigen. Gleichzeitig ist es nicht möglich, die langfristige Verpflichtung der EU, den weltweiten Temperaturanstieg unter 2°C zu halten, nachzukommen, ohne die CO₂-relevanten Energieverbräuche im Gebäudebereich zu reduzieren. Insbesondere da bis 2020 die Gesamttreibhausgasemissionen gegenüber den Werten von 1990 um mindestens 20 % bzw. im Fall des Zustandekommens eines internationalen Übereinkommens um 30 % gesenkt werden sollen.

Daher sind die Senkung des Energieverbrauchs und die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen im Gebäudesektor wesentliche Maßnahmen, die zur Verringerung der Energieabhängigkeit der Europäischen Union und der Treibhausgasemissionen benötigt werden.

Das Einsparpotenzial im Gebäudebestand ist hoch. Typische Altbauten, wie etwa Gründerzeithäuser, haben in der Regel einen spezifischen Wärmeverbrauch von jährlich zwischen 100 und 250 kWh/m², in Abhängigkeit vom Nutzungsverhalten und Sanierungsstand.

Demgegenüber weisen energieoptimierte Passivhäuser einen spezifischen Heizwärmebedarf von jährlich unter 15 kWh/m² auf, deren Komponenten auch bei Sanierungen eingesetzt werden können.

Insbesondere im Altbaubestand ist es jedoch mitunter nicht ohne weiteres möglich, die Gebäudehülle auf den hohen energetischen Standard eines Passivhauses zu ertüchtigen, ohne mit Vorgaben des Denkmalschutzes, Städtebaus und der Architektur zu kollidieren. In Sachsen, welches im Vergleich der Bundesländer über einen der höchsten Altbaubestände verfügt, ist daher die Entwicklung alternativer energetischer Sanierungskonzepte für bestehende Gebäude not-



Abb. 1: Typischer sächsischer Altbaubestand

wendig, um den Anforderungen des Klimaschutzes und der Gebäudeenergieeffizienz angemessen Rechnung zu tragen. Die Nutzung von Sonnenenergie in Verbindung mit saisonalen Speichern – das »Solarthermiehauskonzept« – ist neben dem Passivhaus eine weitere ausgezeichnete Möglichkeit, die heizwärmebedingten CO₂-Emmissionen zu senken, ohne allerdings die Gebäudefassade energetisch über den gesetzlichen Standard hinaus zu ertüchtigen.

Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen

Nach dem »Jom-Kippur-Krieg«, dem arabisch-israelischen Krieg im Rahmen des Nahostkonflikts, minderte die OPEC (Organisation Erdöl exportierender Länder) 1973 die Erdölproduktion. Infolgedessen stieg der Ölpreis von rund drei Dollar auf über fünf Dollar pro Barrel an. Dieser starke Preisanstieg prägte den Begriff Energiekrise und gab Anlass zum Nachdenken über die Endlichkeit der fossilen Energieträger.

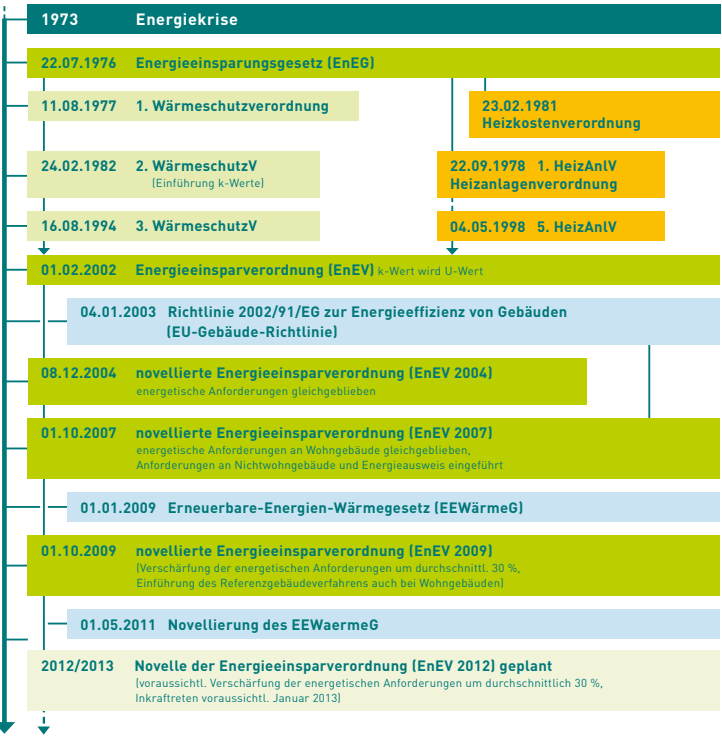


Abb. 2: Geschichtliche Entwicklung der EnEV

Der Erlass des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) am 22. Juli 1976 sollte helfen, die Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland von eingeführten Energieträgern zu senken. Das neue Gesetz zur Verminderung des Energieverbrauchs in Gebäuden befasste sich insbesondere mit den Energieeinsparpotenzialen und forderte eine möglichst effektive Nutzung von Heiz- und Kühlenergie. Die Anforderungen an den Energieverbrauch bezogen sich auf die Begrenzung der Wärmedurchgangs- und Lüftungswärmeverluste unter Einhaltung ausreichender raumklimatischer Verhältnisse. Zur erfolgreichen Umsetzung dieses Gesetzes wurden die Wärmeschutz- und Heizanlagenverordnung (WärmeschutzV und HeizAnV) erlassen. Seitdem sind sowohl die Gesetze als auch die dazugehörigen Verordnungen mehrfach novelliert worden.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) führt die wichtigen Vorgaben und Regelungen für den Wärmeschutz und die Anlagentechnik seit 2002 in einem Schriftwerk zusammen. Die Nachweisverfahren zur EnEV sind im Gegensatz zum Rechenverfahren der Wärmeschutzverordnung deutlich umfangreicher geworden. Die Berücksichtigung der Anlagentechnik sowie der primärenergetische Ansatz führen zu mehr Komplexität. Erstmalig ist dadurch aber auch eine Aussage zum Gesamtenergiebedarf möglich.

Seit dem 1. Oktober 2009 ist die 1. Novellierung der EnEV 2007 – auch als EnEV 2009 bezeichnet – gültig. Am 01.01.2009 trat bereits das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) für Neubauten in Kraft. Darin wird die Pflicht zur anteiligen Nutzung erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung von Wohn und Nichtwohngebäuden geregelt. Die Bundesregierung hat am 28. September 2010 ihr langfristiges Energiekonzept bis 2050 im Bezug auf die neue Europäische Gebäuderichtlinie (EPBD) 2010 beschlossen. Dabei geht es um die Entwicklung und Umsetzung einer Gesamtstrategie bis 2050. Damit soll Deutschland in Zukunft bei wettbewerbsfähigen Energiepreisen und hohem Wohlfühlstandsniveau eine der energieeffizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften der Welt werden. Mit hoher Versorgungssicherheit, wirksamem Klima- und Umweltschutz und wirtschaftlich tragfähiger Energieversorgung sollen die Voraussetzungen für einen langfristig wettbewerbsfähigen Industriestandort Deutschland gesichert werden.

Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009)

Seit dem 1. Oktober 2009 ist die novellierte Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) bundesweit in Kraft getreten. Für ihre praktische Umsetzung sind jeweils die einzelnen Bundesländer zuständig. Mit der EnEV 2009 werden die Anforderungen an den Wärmeschutz sowie die Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung deutlich verschärft. Im Mittel wurde eine Erhöhung der Anforderungen an die energetische Güte im Bezug auf die EnEV 2007 von ca. 30 % vorgenommen. Die Energieeinsparverordnung gilt für diejenigen Gebäude, die mit Hilfe von Energie beheizt oder gekühlt werden. Auch die Anlagentechnik in Gebäuden wie z. B. die Heizungs-, Kühlungs- und Raumluftechnik sowie die Versorgung mit Warmwasser und die Beleuchtungstechnik sind davon betroffen.

Das aus der EnEV 2007 bekannte Referenzgebäudeberechnungsverfahren für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599 wurde in einer Light-Variante auch für Wohngebäude eingeführt. Hierbei muss das geplante Gebäude die Anforderungen an den maximalen Primärenergiebedarf Q_p sowie den maximalen Transmissionswärmeverlust H_T des Referenzgebäudes erfüllen. Erstmals werden auch Anforderungen an die energetische Qualität von Heizanlagen beim erstmaligen Einbau definiert. Weiterhin werden für die Warmwasserbereitung bereits beim Referenzgebäude solare Quellen einbezogen. Damit wird die aktuelle Energieeinsparverordnung gleichzeitig mit dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz abgeglichen. Bei der Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden ist der Nachweis der EnEV nicht erforderlich, wenn die Veränderung der baulichen Hülle $< 10\%$ der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes beträgt. Für alle anderen Sanierungen ist der Gesamtnachweis bzw. bei Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle der Bauteilnachweis zu führen. Bei Gesamtnachweisen dürfen die Grenzwerte für den Primärenergiebedarf (Q_p) und den Wärmeverlust über die Gebäudehülle (H_T bzw. $\dot{U}$ bei Nichtwohngebäuden) die Anforderungen für das Referenzgebäude bis zu 40 % überschreiten.

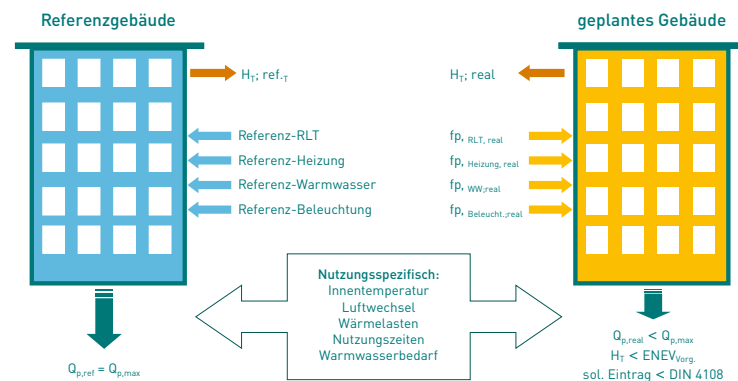


Abb. 3: EnEV-Berechnungsverfahren nach DIN 18599

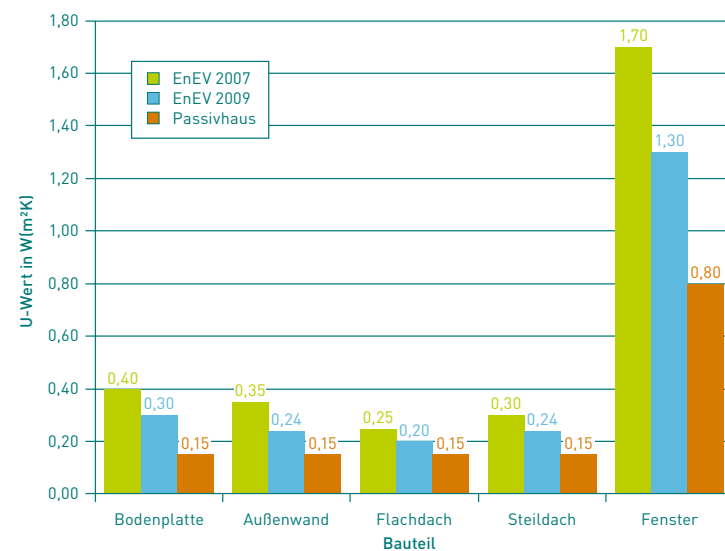


Abb. 4: U-Werte EnEV 2007-2009 im Vergleich bei erstmaligem Einbau, Ersatz oder Erneuerung

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Das am 1. Januar 2009 in Kraft getretene und zum 1. Mai 2011 novellierte Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz stellt nunmehr das gesetzliche Ziel auf, bis zum Jahr 2020 mindestens 14 % des Wärme- und Kälteenergiebedarfs von Gebäuden durch erneuerbare Energien zu decken. Es dient dem Schutz der Umwelt und soll dazu beitragen, den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase zu verringern. Ziel ist es, einerseits Ressourcen zu schonen, andererseits aber eine sichere und nachhaltige Energieversorgung zu gewährleisten. Dieses Gesetz schreibt zukünftigen Eigentümern von Gebäuden vor, dass ein Teil ihres Wärmebedarfs aus regenerativen Energien gedeckt werden muss. Dies gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude, deren Bauantrag bzw. -anzeige nach dem 1. Januar 2009 eingereicht wurde.

Der Eigentümer kann entscheiden, welche Form von erneuerbarer Energie genutzt werden soll. Es können alle bekannten Energieformen auch in Kombination eingesetzt werden, wie beispielsweise solare Strahlungsenergie, Geothermie, Umweltwärme und Biomasse. Das Gesetz regelt, dass ein bestimmter Anteil des Wärmebedarfs mit der jeweiligen erneuerbaren Energie erzeugt wird. Der Prozentsatz ist abhängig von der Energieform. So müssen beim Einsatz von Solaranlagen mindestens 15 % des Wärmebedarfs gedeckt werden. Aus Vereinfachungsgründen muss bei Ein- und Zweifamilienhäusern die Fläche der montierten Solarkollektoren mindestens 4 % der Gebäudenutzfläche, bei Mehrfamilienhäusern entsprechend 3 % betragen. Wird die Wärme dagegen unter Verwendung von flüssiger bzw. fester Biomasse oder mit Erd- oder Umweltwärme erzeugt, muss dadurch mindestens die Hälfte des Wärmebedarfs gedeckt werden. Bei der Verwendung von Biogas liegt der Anteil bei 30 %.

Wer keine regenerativen Energien einsetzen will, kann auf andere klimaschonende Ersatzmaßnahmen zurückgreifen. Künftige Hausherren können der Pflicht beispielsweise durch Steigerung der Energieeffizienz Genüge tun. Das ist gegeben, wenn die Anforderungen an den ma-

ximalen Jahresprimärenergiebedarf Q_p sowie den maximalen Wärmeverlust über die Gebäudehülle H_T um mindestens 15 % unterschritten werden. Außerdem ist die Ausnutzung von technischer Abwärme, z. B. aus Abluft- und Abwasserströmen oder durch Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) zu mind. 50 % möglich. Als weitere Ersatzmaßnahme wird der unmittelbare Anschluss an Wärmenetze, die ihre Wärme mindestens zur Hälfte aus KWK-Anlagen beziehen, anerkannt.

Mit der Novellierung des Gesetzes zum 1. Mai 2011 wurde der Geltungsbereich für öffentliche Gebäude vom Neubau auf den Gebäudebestand ausgedehnt. Werden in öffentlichen Gebäuden sogenannte grundhafte Sanierungen geplant (Sanierung Heizungsanlage und Gebäudefassade) sind vom Gebäudeeigentümer auch für diese Gebäude die Vorgaben des EEWärmeG zur anteiligen Nutzung von Wärme und Kälte aus erneuerbaren Quellen sicherzustellen.



Abb. 5: Biogasanlage

Einordnung von Solarthermiehäusern in den Geltungsbereich von EnEV und EEWärmeG

Bei der Energieeinsparverordnung (EnEV) handelt es sich um die nationale deutsche Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vom 19. Mai 2010. Ziel dieser Richtlinie ist die Verringerung der Gesamttreibhausgasemissionen gegenüber den Werten von 1990 um mindestens 20 %, um das Kyoto-Protokoll zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) einzuhalten und ihrer langfristigen Verpflichtung, den weltweiten Temperaturanstieg auf unter 2°C zu begrenzen, nachzukommen.

Um den verschiedenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in den jeweiligen Mitgliedsländern der Europäischen Union Rechnung zu tragen, kann die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden national und regional differenziert berechnet werden. In Deutschland gelten verschiedene Anforderungen für bestehende und neu zu errichtende Gebäude, wobei zwischen Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden

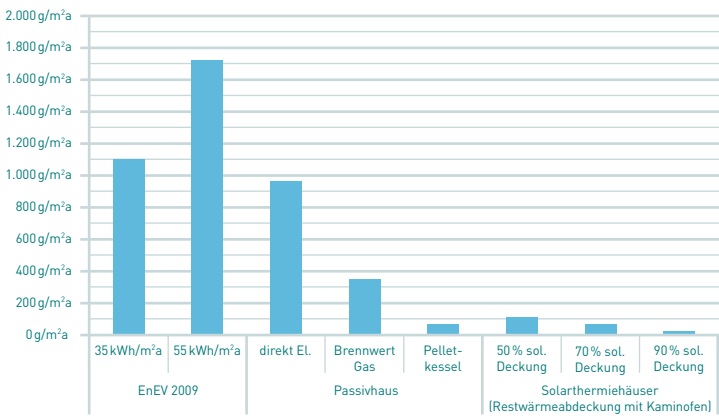


Abb. 6: spez. CO₂-Emission verschiedener Baustandards in g CO₂ /m²a

unterschieden wird. Unabhängig von den verschiedenen Standards gelten Mindestanforderungen sowohl für die energetische Qualität der Gebäudefassade als auch für die CO₂-Emissionen, die aus der wärme-, kälte- und elektrotechnischen Versorgung des Gebäudes resultieren. Bei bestehenden Gebäuden besteht alternativ die Möglichkeit, die nationalen Vorgaben zur Gebäudeenergieeffizienz durch einen höheren Dämmstandard der Fassade zu erreichen.

Wenn Heizwärmebedarf überwiegend aus solaren Quellen gedeckt wird, diese Energie in der Nähe des Gebäudes gewonnen wird und Einrichtungen zur saisonalen Speicherung vorhanden sind, wäre es sinnvoll, von den Anforderungen an die energetische Mindestqualität laut EnEV abweichen zu können. Stattdessen sollten die Anforderungen an den baulichen Mindestwärmeschutz eingehalten werden. Das ist eine klimapolitisch und wirtschaftlich gute Lösung.

Derzeit existiert jedoch in der EnEV noch keine Regelung, wie solche saisonalen Wärmespeicherkonzepte, die als direkte Energiequelle Sonnenenergie nutzen, bilanziell angemessen berücksichtigt werden.

Historische Entwicklung des Heizwärmebedarfs

Vor 100 Jahren war es nicht selbstverständlich, dass alle Räume eines Wohnhauses auch beheizt wurden. Es war schlicht nicht vorgesehen Nebenräume, wie Schlafzimmer oder Flure in der Heizperiode auf heutige Komforttemperaturen zu bringen. Vielmehr war es Standard, dass die »gute Stube« mit einem Kohleofen und die Küche mit dem Küchenherd, welcher zum Kochen sowieso notwendig war, geheizt wurden. Erste Zentralheizungen waren allenfalls in großen Städten und dort vorwiegend in größeren Mietshäusern im Einsatz. Ein Augenmerk auf Wärmeverluste, wie wir es heute kennen, war noch nicht im Baustandard ausgeprägt. Vielmehr zählten materialsparende Kriterien, welche die Anforderungen der Baustatik erfüllten. So ist es nicht ungewöhnlich, dass in Vorkriegsbauten im Erdgeschoss Mauerwerkstärken von 40 cm und mehr zu finden sind, in darüberliegenden Geschossen sich diese Außenwandstärke aber reduziert.

Auch Bauteile wie Fenster erfüllten bei weitem nicht die Anforderungen, wie wir sie heute kennen. Waren Anfang des 20. Jahrhunderts Einscheibenverglasungen (U-Wert ca. 5,0 W/m²K) der Stand der Technik, kamen bald Kastenfenster als erste »2-Scheibenverglasung« und damit verbessertem Wärmeschutz auf.

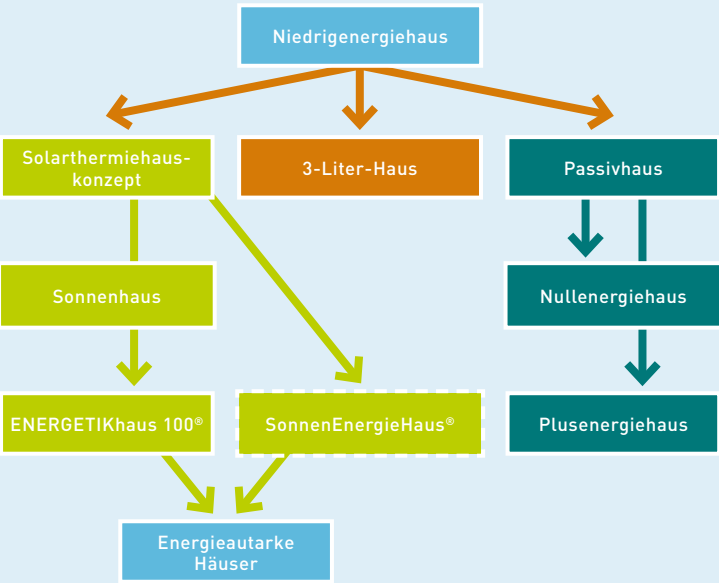
Mit der ersten Ölkrise Ende der 70er Jahre wurde die Idee, die Reduzierung der Wärmeverluste zum Grundprinzip des Bauens zu erklären, zuerst in den USA entwickelt. Die Idee der energiesparenden Bauweise wurde dann später in den skandinavischen Ländern aufgegriffen und hier entstanden auch die ersten Gebäude, welche als Niedrigenergiehäuser bezeichnet wurden.

Dieser Grundsatz war der Gesetzgebung weit voraus, denn bis 1977 lag der jährliche Heizwärmeverbrauch eines Gebäudes in Deutschland bei durchschnittlich 250 – 300 kWh/m²a.

Die Wärmeschutzverordnungen der Jahre 1977, 1984 und 1995 reduzierten diesen Wert schrittweise auf ca. 70 – 100 kWh/m²a. Die Energieeinsparverordnung von 2002 und deren Novellierungen setzte diese Werte nochmals herab.



Abb. 7: Gründerzeitvilla vor und nach der energetischen Sanierung



Niedrigenergiehaus (NEH)

Der Begriff Niedrigenergiehaus bezeichnet keine Bauweise oder Bauform, sondern ein Gebäude mit einem deutlich verringerten Heizwärmebedarf. Das Niedrigenergiehaus zeichnet sich im Wesentlichen durch eine gute Wärmedämmung und eine dichte Gebäudehülle aus. Es kann davon ausgegangen werden, dass der maximal zulässige Heizwärmebedarf im Niedrigenergiehaus um ca. 25 bis 30 % unter dem aktuellen gesetzlichen Wärmestandard liegt.

Damit hat ein heutiges Einfamilien-Niedrigenergiehaus einen Heizwärmebedarf von weniger als 70 kWh/(m²a), ein Mehrfamilien-NEH von unter 55 kWh/(m²a). Diese Anforderung für Neubauten lässt sich unter bestimmten Umständen auch bei einer umfassenden Instandsetzung und energetischen Modernisierung von Altbauten erreichen.

3-Liter-Haus

Das 3-Liter-Haus stellt eine Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses dar. Ziel war es, eine weitere Reduzierung des Wärmebedarfs durch verbesserten Baustandard zu schaffen.

Folgende Kriterien sind maßgebend für ein 3-Liter-Haus:

- sehr guter baulicher Wärmeschutz (Primärenergiebedarf für die Gebäudeheizung ca. 30 kWh/(m²a) was rund 3 Liter Heizöl pro m²a entspricht und somit der Ausschlag für den Namen war)
- Anordnung des Wärmeerzeugers (z.B. Kessel) im beheizten Bereich
- Vermeidung von Wärmebrücken / keine übermäßig großen Fensterflächen
- gute Luftdichtigkeit; Konzepte mit und ohne kontrollierter Wohnlüftung

Passivhaus

Das Passivhaus beschreibt ein Gebäudekonzept, dass sich bereits seit 20 Jahren bewährt. Dabei bedeutet »passiv«, dass bei diesen Gebäuden der überwiegende Teil des Wärmebedarfs aus sogenannten passiven Quellen, z. B. der Sonneneinstrahlung oder der Abwärme von Personen oder technischen Geräten gedeckt wird. Folgende Kriterien müssen erfüllt sein:

- der Jahresheizwärmebedarf darf maximal 15 kWh/(m²a) betragen
- die Luftdichtigkeit n_{50} darf maximal 0,60 h⁻¹ betragen
- der Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung einschließlich aller installierten Elektrogeräte darf maximal 120 kWh/ (m²a) betragen

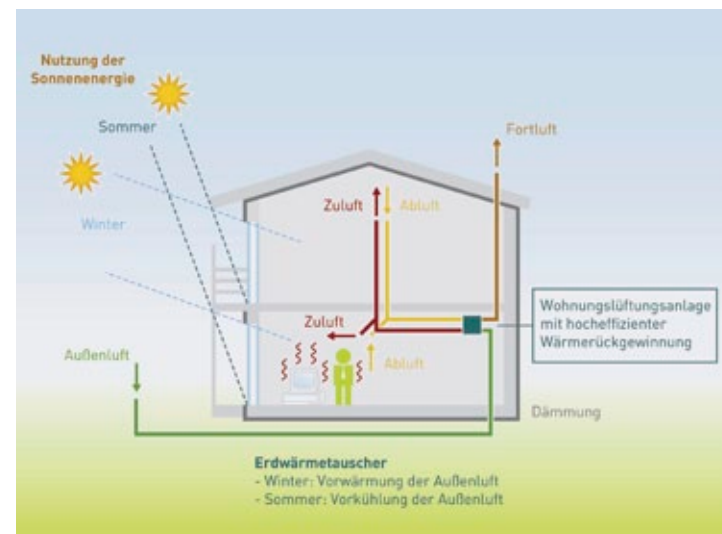


Abb. 8: Funktionsprinzip Passivhaus

Diesen Anforderungen kann ein Gebäude nur gerecht werden, wenn dessen Ausrichtung optimiert ist und es mit einer geeigneten Anlagentechnik abgestimmt wurde. Durch die optimierte Gebäudehüllfläche sinken die Transmissionswärmeverluste an Außenbauteilen, dabei steigt aber prozentual der Anteil der Wärmeverluste bei konventioneller Fensterlüftung. Um diese zu minimieren und den erforderlichen Luftaustausch zu gewährleisten, werden Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in die Gebäude integriert. Die Rückgewinnung der Abwärme muss mindestens 75 % betragen. Die Lüftungsanlage reguliert die Luftfeuchtigkeit, beugt damit Schimmelbildung vor und wird abhängig von der im Gebäude befindlichen Personenanzahl gesteuert. Die Deckung des geringen Restheizwärmebedarfs von max. 15 kWh/ (m²a) kann über unterschiedliche Wärmeversorgungskonzepte erfolgen, z. B. solarthermische Kollektoren, Wärmepumpen, Biomassekessel und Kamine oder auch durch konventionelle Gasbrennwertgeräte. Die passive Bauweise wurde anfangs nur in Wohngebäuden umgesetzt. Auf Grund der dabei gewonnenen Erfahrungen wird diese Bauweise zunehmend auch Standard bei Bürogebäuden, Kindergärten und Schulen.

Nullenergiehaus

Technisch ist das Nullenergiehaus eine Fortführung der Idee des Passivhauses. Das Nullenergiehaus braucht in der Jahresbilanz rechnerisch keine zusätzliche Primärenergie, da die hausinternen Energiegewinne und Energieverluste gleich sind. Dabei werden in der Regel die Energiegewinne mit Solarthermie und Photovoltaikanlagen realisiert.

Zentrale Elemente eines Nullenergiehauses sind in Anlehnung bzw. Fortführung des Passivhauses:

- große Fensterflächen nach Süden, die auch im Winter, bei tief stehender Sonne, unverschattet sind
- ein geringes A/V-Verhältnis (Verhältnis der wärmeübertragenden Umfassungsfläche zum beheizten Volumen)

→ Gebäude-Außenflächen (Fassaden, Dach, Fenster, Türen) mit geringem Wärmedurchgangskoeffizient

→ eine weitgehende Luftdichtheit (auch Winddichtheit genannt)

Nullenergiegebäude weisen im Gegensatz zum Plusenergiegebäudekonzept »nur« eine ausgeglichene Energiebilanz auf.

Plusenergiegebäude

Beim »Plusenergiegebäude« handelt es sich um ein Gebäudekonzept mit einem Energieüberschuss in der Bilanz. Demnach wird mehr Energie gewonnen als verbraucht. Das »Plusenergiegebäude« basiert auf den Gestaltungsgrundlagen des Passivhauses und ist somit eine Weiterentwicklung dessen.



Abb. 9: Solarsiedlung »Sonnenschiff« in Freiburg



Abb. 10: Plusenergiehaus® Heliotrop von Rolf Disch in Freiburg

Die Idee ist, ein Gebäude zu konstruieren, welches – bilanziert auf ein Jahr – mehr Energie erzeugt als es selbst für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom inklusive aller Haushaltsgeräte benötigt. In der Regel erfolgt diese Energieproduktion mittels PV-Modulen, welche auf dem Dach bzw. den Fassadenflächen installiert werden.

Die zusätzliche produzierte Energie kann im elektrischen Verbundnetz zur Verfügung gestellt werden. Bei Erzeugung dieser zusätzlichen Energie durch rein regenerative Ressourcen und ohne Ausstoß von Schadstoffen, tragen solche Konzepte zur Reduktion des anthropogenen Treibhauseffekts und einem somit nicht unwesentlichen Teil zum Klimaschutz bei. Ein Beispiel für Plusenergiegebäude-Konzepte ist das Plusenergiehaus® von Rolf Disch. Weitere Beispiele sind die Solarsiedlung »Sonenschiff« und das Heliotrop in Freiburg.

Plusenergiegebäude werden generell nach Süden ausgerichtet. Diese Seite wird noch mehr verglast, als es bei den Passivhäusern schon der Fall ist. So entstehen zum Teil fast vollständig verglaste Flächen, die die Sonnenenergie passiv zur Erwärmung der Räume nutzen. Die Produktion der »Plusenergie« durch Nutzung regenerativer Energiequellen senkt zusätzlich die Verbrauchskosten, wenn erzeugter Solarstrom in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird. Dadurch werden Einnahmen anstatt der sonst üblichen Ausgaben für Energie erwirtschaftet.

Solarthermiehauskonzept

Das Solarthermiehauskonzept ist der Versuch der Beschreibung einer Gruppe von Haustypen, welche zu einem bestimmten Anteil solarthermisch beheiztes werden. Dabei liegt hier nicht das besondere Augenmerk auf einer weiteren Reduktion des Heizwärmebedarfs, sondern bei einer Maximierung der Ausnutzung des sommerlichen Wärmeüberschusses. Je nach Größe und Anordnung der Kollektorfläche sowie der Solarspeichergröße (Schichtspeicher mit z. B. Wasser als Speichermedium) im Verhältnis zur beheizten Fläche, kann der solare Deckungsgrad 50 bis 100 % betragen. Als zweite Heizquelle dient in der Regel entweder ein wasserführender Kamin, ein Pelletofen oder auch eine Gastherme. Vor allem bei hohen Deckungsgraden über 80 % hat sich der wasserführende Kamin bewährt, da mit ihm der Restwärmebedarf bei geringen Anschaffungskosten und wenig technischem Aufwand CO₂ neutral gedeckt werden kann.

Solarthermiehaus-Kriterien:

- große solarthermische Anlagen
- großvolumiger saisonaler Speicher mit sehr guter Dämmung
- solare Deckungsraten > 50 %
- Restwärmeerzeugung verbreitet regenerativ

Entsprechend dem Deckungsanteil an Solarenergie wird von 50+, 70+ oder 90+ Solarthermiehäusern gesprochen. Eine Auslegung auf 100 % (unter Berücksichtigung jeglicher klimatischer Extreme) bei einem Einfamilienhaus mit ca. 150 m² Wohnfläche ist aufgrund des großen Aufwandes für eine sehr große Kollektorfläche (über 70 m²), einen sehr großvolumigen Speicher (über 40 m³) und einer großen Dämmstärke am Speicher (über 300 mm) derzeit noch nicht wirtschaftlich. Weiterhin können Abweichungen der mittleren Jahrestemperatur und Witterungsunbilden (z. B. längere Nebelphasen) zu Einschränkungen führen. Hier ist der geringe Mehraufwand in eine zweite Wärmequelle und die damit verbundene Sicherheit der Wärmeversorgung wesentlich effektiver.

Sonnenhaus

Sonnenhäuser sind Solarthermiehäuser, welche nach den Kriterien des Sonnenhaus-Institutes errichtet wurden.

Sonnenhaus-Kriterien (nach Sonnenhaus-Institut e.V.):

- Solarer Deckungsgrad mindestens 50 %
- Nachheizung möglichst regenerativ (Holz)
- Dämmstandard (Transmissionswärmeverlust) Neubau: H'_T max. 0,28 W/m²K (entspricht Grenzwert EnEV 2009 minus 30 %)
- Gebäudebestand: H'_T max. 0,40 W/m²K (entspricht EnEV2009-Neubaustandard)
- Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung max. 15 kWh/m²a

ENERGETIKhaus100®

Eine maximale Umsetzung des Solarthermiehauskonzepts ist das sogenannte ENERGETIKhaus100®, welches in den Jahren 2003–2005 in Sachsen entwickelt wurde. Für dieses Konzept wurde deutsches Schutz-

recht angemeldet und erteilt. Es basiert im Wesentlichen auf den 3 Hauptkomponenten: konsequente Solararchitektur, großflächige Solarthermieanlage mit Langzeitschichtspeicher und massive und ökologische Baustoffe. So ist es möglich, solare Deckungsgrade von 90–98 % zu erreichen, wobei bevorzugt im Bereich 90–95 % gearbeitet wird, da jedes Haus zusätzlich mit einem wasserführenden Kaminofen ausgerüstet ist, der den Restwärmebedarf liefern kann und zugleich als Sicherheitssystem dient. Insofern ist es auch nicht sinnvoll, alle klimatischen Bedingungen der jeweiligen Region als jährlichen Maßstab zu nehmen und die Anlage damit auf 100 % auszulegen. Das ENERGETIKhaus100® verzichtet bewusst auf zusätzliche mechanische Lüftungsanlagen, Wärmepumpen und extreme Dämmungen. Ansatz des Konzepts ist es, die Haustechnik zu »enttechnisieren« und somit die Kosten für Erstellung, Betrieb, Service und Wartung so niedrig wie möglich zu halten. Vielmehr steht die fast vollständige Nutzung der Sonnenwärme im Konzeptmittelpunkt. Damit ist das gesamte Heizenergiekonzept CO₂-frei bzw. –neutral. Die Mehrkosten gegenüber konventionellen Häusern nach heutigem Baustandard betragen ca. 5–10 % der Gesamtkosten, die sich bei derzeitigen Energiepreisteigerungen in 10–15 Jahren amortisieren.



Abb. 11: ENERGETIKhaus100®

SonnenEnergieHaus®

Die Konzeption des SonnenEnergieHauses® entstand schrittweise. Zunächst wurden für den neuen Haustyp verschiedene Berechnungen und Simulationen angestellt. Damit sollte geklärt werden, ob eine autarke Energieversorgung möglich ist. Dabei wurde festgestellt, dass eine völlig unabhängige, vom Stromnetz abgekoppelte Versorgung nicht sinnvoll ist. Der Energiebedarf eines Hauses schwankt stark, so dass vor allem während der Heizperiode Energie zugeführt werden muss. Diese Energie wird vom SonnenEnergieHaus® vorwiegend in den Sommermonaten produziert und ins öffentliche Stromnetz eingespeist, um sie dann zeitversetzt für die Verbrauchsspitzen im Winter dem Gebäude wieder zur Verfügung zu stellen. Das öffentliche Stromnetz wird beim SonnenEnergieHaus® als »Pufferspeicher« genutzt.

Je nach Größe der Photovoltaik- und Solarthermieanlage kann überschüssige Energie zur Deckung des häuslichen Strombedarfs bis hin zur »Betankung« eines Elektroautos für eine Fahrleistung von rund 15.000 Kilometern pro Jahr genutzt werden. Wer kein Elektroauto hat, speist den Strom der Photovoltaik ins öffentliche Netz ein und bekommt dafür die Einspeisevergütung für Solarstrom aus eigener Produktion.

Im SonnenEnergieHaus® sorgt modernste Technik für einen reibungslosen Ablauf bei der Gewinnung und Verteilung der Energie. Eine 5 bis 11 kW leistungsstarke Photovoltaikanlage versorgt das Gebäude mit elektrischem Strom. Desweiteren sorgt eine thermische Solaranlage mit etwa 14 bis 20 Quadratmetern effektiver Kollektorfläche und einem Pufferspeicher mit ca. 1.100 Litern für warmes Wasser in Bad, Küche und Heizung. Bei einer Photovoltaikanlage mit 11 kW_p und einer thermischen Solaranlage mit 20 Quadratmetern steht den produzierten rund 18.000 kWh Energie Ökostrom und Solarwärme pro Jahr ein Verbrauch von rund 10.000 kWh Wärme für Raumheizung und warmes Wasser und etwa 3.500 kWh Haushaltsstrom für einen Vier-Personenhaushalt gegenüber. Die verbleibenden ca. 4.500 kWh Solarstrom können ins Stromnetz eingespeist werden – oder einem modernen Elektro-Stadtauto zur Verfügung gestellt werden. Die Heizungs- und Warm-



Abb. 12: SonnenEnergieHaus®

wasseranlage im SonnenEnergieHaus® besteht aus einem Wärmespeicher mit Elektro-Heizstab und einer Pumpengruppe zum Nacherwärmen des Wassers, was die thermische Solaranlage alleine nicht schafft. Die Energiekostenbetrachtung für verschiedene Versorgungsvarianten ist in nachfolgendem Diagramm dargestellt.

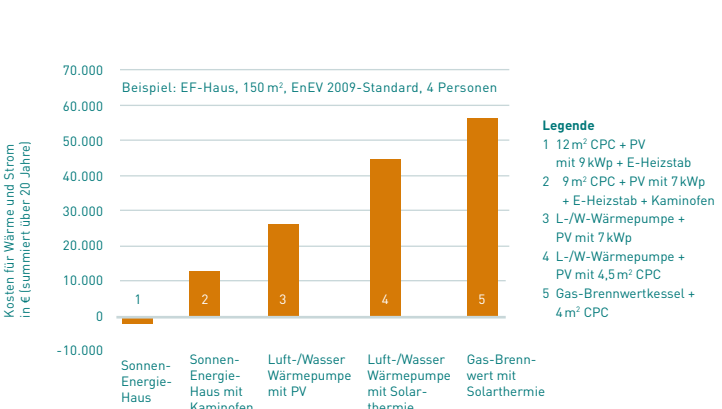


Abb. 13: Energiekostenbetrachtung im Lebenszyklus von 20 Jahren

Energieautarke Häuser

Energieautarke Häuser vereinigen Komponenten der Solarthermiehäuser mit Komponenten der Plusenergiehäuser zu einem neuen Konzept. Von einem wirklichen energieautarken Haus wird gesprochen, wenn dieses Gebäude ganz ohne Energiezufuhr von außen allen Energiebedarf selbst decken kann. Das ist der Unterschied zum Null- oder Plusenergiehaus. Wärmeautarkie beginnt sich auf dem Markt zu etablieren, aber auch stromautarke Gebäude sind ganz aktuell als Endkundenfertige Lösungen zu erwerben und nicht mehr nur als Pilotprojekte realisiert. Dabei wird der mit einer großen Photovoltaikanlage auf dem Hausdach erzeugte Solarstrom in Akkumulatoren (Blei-Säure-Akkus) zwischengespeichert und nach Bedarf an das Gebäude wieder abgegeben. Diese Speicherung ist für eine echte Stromautarkie (das heißt kein Anschluss an ein öffentliches elektrisches Versorgungsnetz) zwingend notwendig. Denn genau wie im Wärmeverbrauch eines Gebäudes sind im Stromverbrauch größtes Energieangebot und größter Strombedarf nicht immer deckungsgleich.

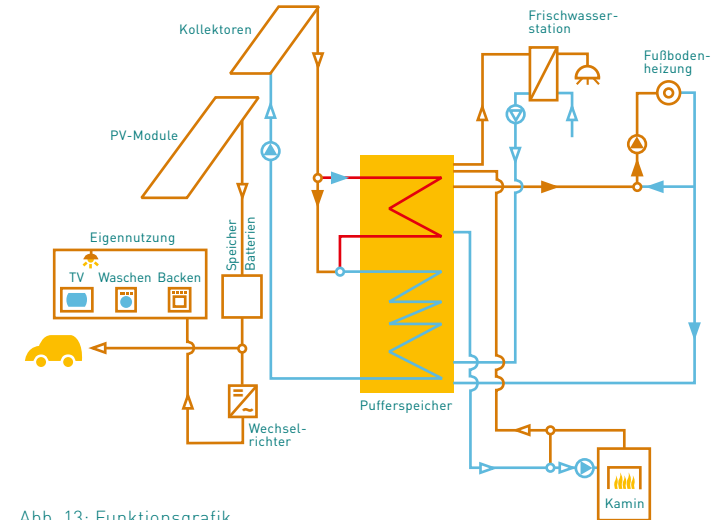


Abb. 13: Funktionsgrafik



Abb.: 15 Energieautarkes Haus in Lehrte

Ein erstes stromautarkes Gebäude wird derzeit marktfähig von einem niedersächsischen Hersteller angeboten. Mit einer Photovoltaikanlage von 58 m² (was einer Leistung von 8,19 kWp entspricht) und durch den Verzicht auf jegliche Strom(zusatz)heizungen, wie z.B. Wärmepumpen, benötigt »Das EnergieAutarkteHaus®« von HELMA weniger als 2.000 kWh pro Jahr für den Haushaltsstrom. Somit kann die Photovoltaikanlage das Haus mit einer durchschnittlichen, vierköpfigen Familie vollständig und komfortabel versorgen. Und damit der Strom auch unabhängig von der Sonneneinstrahlung permanent zur Verfügung steht, wird durch eine intelligente Anlagensteuerung ein mehrzelliger Elektroenergiespeicher (Akku) den flexiblen Anforderungen entsprechend be- und entladen. Dies ermöglicht dann auch ein »Auf-tanken« eines Elektromobils mit Sonnenstrom in den Abend- und Nachtstunden, wenn keine Sonne scheint. Der solarthermische Deckungsgrad liegt bei diesem Gebäude bei 65% (Standort im Raum Hannover). Dabei wird die fehlende Wärmeenergiemenge mittels eines Kaminofens nachgeheizt.

Als Solarthermiehäuser werden Wohn- und Nutzgebäude bezeichnet, welche zu mehr als 50 % ihren Wärmebedarf aus solarthermischen Quellen unter Zuhilfenahme saisonaler Speicher decken. Diese Speicher können in den verschiedensten Varianten ausgeführt werden. Denkbar sind Latent-Wärmespeichersysteme, chemische Speicher, Betonkernaktivierungen, Erdwärmespeicher oder wassergefüllte Schichtenspeicher. In den realisierten Projekten sind derzeit im überwiegenden Teil Schichtenspeicher mit dem Speichermedium Wasser im Einsatz. Deshalb werden in der nachfolgenden Ausführungen auch diese beschrieben.

Beim Solarthermiehaus handelt es sich aber um keinen Marken- oder Typnamen, sondern um die Beschreibung eines Baukonzepts. Grundgedanke ist dabei, die passive wie aktive Nutzung der Sonnenwärme und ganzjährige Bevorratung der sommerlichen Wärmeüberschüsse in einem Wasserspeicher. Das gut wärmeisolierte Gebäude kommt in der Regel ohne technische Lüftungsanlage und mit einer meist regenerativen Zusatzheizung aus. Dieses Gebäudekonzept ist sowohl im Neubau als auch im Gebäudebestand anwendbar.



Abb. 16: Oberburger Sonnenhaus

Ein erstmals vollständig mit Sonne beheiztes Haus wurde 1989 vom Schweizer Solarpionier Josef Jenni im Schweizer Ort Oberburg errichtet. Es gilt als der Start in ein neues solares Bauzeitalter.

Von hier aus breitete sich das Konzept aus. An der Verbreitung in Deutschland waren Akteure aus dem Südosten Deutschlands maßgeblich beteiligt. Vor allem der Sonnenhaus-Architekt Dipl.-Ing. (FH) Georg Dasch und der Planer für Heizungs- und Solartechnik Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Hilz haben von Ostbayern ausgehend das Solarthermiehausprinzip in Deutschland bekannt gemacht, unter anderem durch den Schritt zur Gründung des Sonnenhaus-Institut e.V. im Jahr 2004 im niederbayerischen Straubing.

Parallel dazu gab es bereits im Jahre 2003 realisierte Solarthermiehäuser in Sachsen in der Nähe von Chemnitz. Im Schlosspark Lichtenwalde entstand ein Mehrfamilienscheibenhaus, was einen solarthermischen Deckungsgrad von über 50% aufweist. Und die Entwicklungsarbeit blieb nicht stehen. Ab dem Jahr 2003 wurde in Sachsen aktiv im Bereich von ganzjährig solar beheizten Häusern geforscht. Zum Beispiel hatte die FASA AG mit den Partnern Solifer Solardach GmbH und Eder Ziegelwerk den Anspruch, bezahlbare, marktfähige Solarthermiehäuser mit solaren Deckungsraten zwischen 95 bis 98 % zu entwerfen. Im Jahre 2005 konnte ein erstes Musterhaus in der Nähe von Freiberg errichtet werden. Mittels umfassender Messtechnik und wissenschaftlicher Begleitung durch die TU Bergakademie Freiberg wurden die berechneten solaren Deckungsgrade in der Praxis bestätigt. Ein sächsisches Solarthermiehauskonzept war damit erfolgreich gestartet und es wurde Gebrauchsmusterschutz angemeldet.

Mittlerweile gibt es zahlreiche Solarthermiehäuser in ganz Deutschland, Österreich, Italien und der Schweiz. Zum Zeitpunkt der Gründung des Sonnenhaus-Instituts e.V. waren ausschließlich in Bayern und Baden-Württemberg 30 Sonnenhäuser gebaut. Bis zum Jahr 2011 hat sich diese Zahl deutschlandweit auf etwa 1.000 erhöht. In regelmäßigen bundesweit durchgeführten Seminaren können sich Handwerker, Architekten, Planer und Mitarbeiter von Baufirmen ausführlich über das Prinzip in-

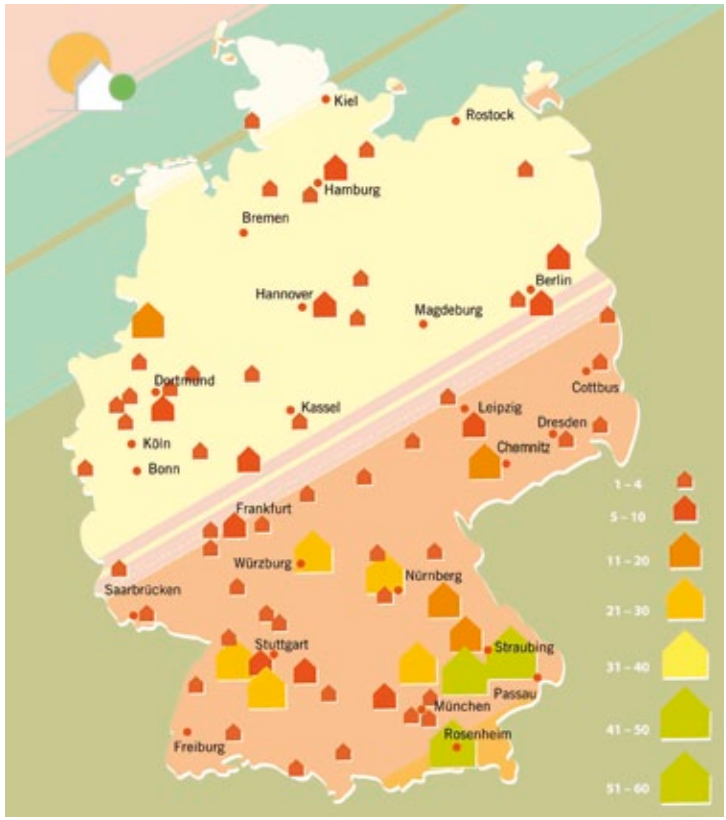


Abb. 17: Sonnenhäuser in Deutschland, Stand: Dezember 2010

formieren. Die Seminare richten sich ebenso an Menschen, die auf der Suche nach einem zukunftsfähigen Wohnkonzept für ihr Eigenheim sind. Auch wenn es um die Sanierung eines Altbaus geht, liefert das Solarthermiehauskonzept sichere Lösungen zum Energiesparen.

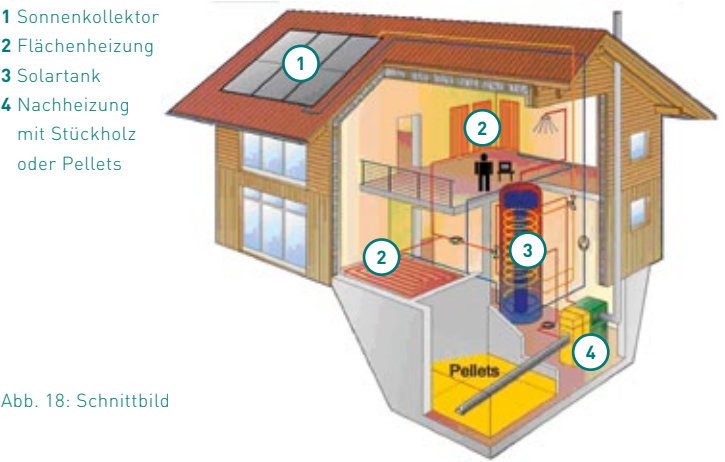


Abb. 18: Schnittbild

Das Schnittbild zeigt wesentliche Komponenten eines Solarthermiehauses:

→ Sonnenkollektoren
Die Dachfläche des Sonnenhauses orientiert sich nach Süden, um möglichst viel Sonnenstrahlung aufzunehmen. Eine steil geneigte Kollektorfläche sorgt auch im Winter für gute Erträge an Sonnenenergie. Am besten eignen sich in die Dachhaut integrierte Hochleistungskollektoren. Die verbleibende Dachfläche kann zusätzlich mit einer Photovoltaikanlage zur solaren Stromgewinnung und die eigene Mobilität bestückt werden.

→ Solarspeicher
Die Sonnenwärme wird in einem großen Pufferspeicher mit internem Trinkwasserboiler oder externer Frischwasserstation gespeichert. In diesem »Solartank« wird mit Hilfe des Mediums Wasser die Sonnenwärme über mehrere Tage oder Wochen gehalten, so dass auch an Schlechtwettertagen (Nebel, Bewölkung) für Warmwasser und Heizung gesorgt ist. Bevorzugt kommen hohe Speicher mit mehrstufiger Be- und Entladung zum Einsatz, um eine optimale Temperaturschichtung zu erreichen. An trüben Wintertagen kann bei Bedarf der obere Bereich des Speichers z. B. mit einem Kaminofen mit Wassertasche nachgeheizt werden.

→ Holzheizung

Während längerer sonnenarmer Perioden im Winter ist eine Biomasseheizung die ideale Ergänzung zur Wärmebereitstellung. Holz ist gespeicherte Sonnenenergie und verbrennt CO₂-neutral. Ein Kamin- oder Kachelofen mit Wassereinsatz kann für zusätzlichen Wohnkomfort sorgen. Ein Holzvergaserkessel oder eine vollautomatisch arbeitende Pellets-Zentralheizung sind Alternativen für alle, die nicht im Wohnzimmer nachheizen möchten. Doch Dank der großen Solaranlage beschränkt sich die Zuheizperiode im Solarthermiehaus auf nur wenige Tage im Winter.

→ Flächenheizung

Für das behagliche Wohnklima im Solarthermiehaus sorgen Wand- und/oder Fußbodenheizungen. Diese Niedertemperaturheizflächen sind unsichtbar in Wände und Böden integriert. Sie geben die Wärme gleichmäßig an den Raum ab, so dass die Raumtemperatur immer ideal gehalten werden kann. Niedertemperaturflächenheizungen gelten als die angenehmste und gesündeste Art der Raumheizung, da sie dem menschlichen Wärmeempfinden am ehesten gerecht werden. Außerdem ermöglichen sie eine gute Ausbeute der Solarwärme.

Primärenergiebedarf

Der Wärmeenergiebedarf von Solarhäusern mit weniger als 60 kWh/(m²a) ist sehr gering, liegt aber höher als der von Passivhäusern (15 kWh/m²a). Da der größte Anteil mittels Solarwärme, also regenerativer Wärme gedeckt wird, wirkt sich dies positiv auf den Primärenergiebedarf und somit auf den CO₂-Ausstoß aus. In der Regel erfolgt die Nachheizung mit dem nachwachsenden Rohstoff Holz, welcher in seiner CO₂ Bilanz ebenfalls als neutral einzustufen ist. Eine extreme Reduzierung der Transmissions- und der Lüftungswärmeverluste ist nicht Grundsatz des Solarthermiehausprinzips, sondern die Konsequente Nutzung von Sonnenenergie als CO₂-freie Energiequelle.

Alle haustechnischen Anlagen müssen sich im Solarthermiehaus an einem niedrigen Energiebedarf orientieren. Darüber hinaus wird auch der Stromverbrauch der eingesetzten Elektrogeräte und Beleuchtungskörper bei der Energiebilanz berücksichtigt.

Lüften im Solarthermiehaus

Freies Lüften über Fenster hat sich im Solarthermiehaus grundsätzlich bewährt. Der Einbau einer Lüftungsanlage kann aus verschiedenen Gründen sinnvoll sein, ist aber aus energetischer Sicht im Solarthermiehaus nicht zwingend erforderlich. Ansatz ist es, nicht die Lüftungswärmeverluste auf ein Minimum zu reduzieren, sondern die Wärmeverluste zum größten Teil durch den saisonalen Speicher und die solarthermische Anlage auszugleichen sowie eine Vereinfachung der Anlagentechnik zu realisieren.



Abb. 19: Fensterlüftung

Elektrische Energie

Der Bewohner eines Solarthermiehauses ist in der Regel bereits sensibilisiert für das Thema Energiesparen. So ist es für ihn fast eine Selbstverständlichkeit, hocheffiziente Elektrogeräte und energieeffiziente Beleuchtung einzusetzen. Dadurch kann der Stromverbrauch von Grund auf minimiert werden.

Auch der Stromverbrauch der für den Betrieb der Heizanlage nötigen Geräte ist sehr niedrig. Durch den Einsatz von hocheffizienten Pumpen und stromsparenden Hilfsantrieben beträgt der Stromverbrauch für die Anlagentechnik ca. 100–200 kWh im Jahr bei einem Solarthermiehaus mit ca. 140 m² Wohnfläche.

Wenn es gewünscht wird, besteht mittlerweile die Option in Solarthermiehäusern intelligente vernetzte Gebäudetechnik einzubauen. Es ist nicht zwingend erforderlich für die Realisierung des Solarthermie-



Abb. 20: intelligente Steuerung mittels smartphone



Abb. 21: Beispiele für effiziente Leuchtmittel

hausprinzips, aber dadurch wird das Gebäude noch wirtschaftlicher und effizienter – und der Nutzer hat zusätzlich noch einen deutlichen Gewinn an Sicherheit, Flexibilität und Komfort. Mithilfe der zentralen Steuerung der gesamten Haustechnik wird z.B. je nach Anwesenheit im Haus die Fußbodenheizung ein- und ausgeschaltet. Mit Abwesenheitssensoren wird erkannt, ob sich jemand im Haus befindet. Die vergessene Beleuchtung kann dann automatisch ausgeschaltet werden. Wird die Anlage zusätzlich noch über das Internet vernetzt, kann der Nutzer auf der nachmittäglichen Heimfahrt mit seinem Handy die Sauna starten. Wenn der Bewohner dann das Haus betritt, fahren automatisch die Rollläden hoch, die das Haus im Winter vor Auskühlung und im Sommer vor Überhitzung schützen. Der Markt bietet mittlerweile die verschiedensten Systeme für eine kabelgebundene oder auch kabellose Installation an. Die Bedienung und Programmierung erfolgt meist über berührungsempfindliche Bildschirme, Tablets oder ein internetfähiges Mobiltelefon (Smartphone).

Aber auch Maßnahmen, welche Stromverbraucher komplett ersetzen, werden häufiger in der Praxis umgesetzt. So ist ein Ansatz weg vom Elektroherd hin zum Gasherd in energiesparenden Gebäuden durchaus sinnvoll und möglich.

Heizen und Kühlen

Das primäre Wärmeaufkommen im Solarthermiehaus wird i.d.R. zu 50–80 % durch aktive und passive Sonnenwärmenutzung gedeckt. Das heißt, diese Häuser sind hinsichtlich Wärmebedarf und Warmwasserbereitung nahezu vollständig autark gestaltet und die möglicherweise noch erforderliche Restwärmemenge wird über einen Kaminofen mit Wärmetauscher zum Solarspeicher bereitgestellt. Die Ergebnisse mehrjähriger Evaluierungen von bisher gebauten Häusern an unterschiedlichsten Standorten zeigen, das im Durchschnitt nur wenige Prozent an Energie zugeheizt werden, was zudem auch vom Nutzungsverhalten der Bauherren abhängt.

Die großflächigen Solarkollektoren erstrecken sich auf den Süddachseiten in einem optimalen Winkel von 50° bis 75° Dachneigung. Eine senkrechte Montage an der Fassade mit 90° Neigungswinkel ist aber ebenso realisierbar. Der Flächenbedarf beträgt dabei je nach Gebäudekubertur 0,3–0,8 m² Kollektorfläche pro m² zu beheizender Wohnfläche. Der großformatige Solarspeicher mit ca. 10–30 m³ Volumen und einer Wärmedämmung von ca. 250 mm speichert die Energie der Monate März bis Oktober und stellt sie im Winter und in den Übergangsmonaten nach Bedarf wieder zur Verfügung. Eine weitere Vergrößerung des Speichervolumens zieht nicht automatisch eine Verbesserung der Energiebilanz nach sich, da dadurch die Ladungszyklen minimiert werden und geringere Temperaturen am Kollektor von 30° bis 40°C schlechter nutzbar sind. Beim Angebot von Sonnenwärme im Winter und in den Übergangsmonaten kann damit weniger gespeichert werden, weil sich noch Energie im Speicher befindet.

Als Heizsystem dient eine Niedertemperaturheizung vorzugsweise im Fußboden oder aber auch in Wandflächen integriert. Damit wird der Speichertemperaturbereich von 25° bis ca. 38°C (= Heizungsvorlauf-temperatur) genutzt.

Zukünftig wird das Thema Kühlen in Solarthermiehäusern immer mehr an Bedeutung gewinnen. Vorstellbar ist, dass zur Verfügung stehende Überangebot an Sonnenenergie in den Sommermonaten dafür



Abb. 22: Flächenkühlsystem/Bauteilaktivierung

zu nutzen. Am Markt sind Sorptionskälteanlagen in Serienreife verfügbar, die in der Lage sind, die Wärme aus der solarthermischen Anlage direkt in Nutzkälte zur Klimatisierung umzuwandeln. Dieses Prinzip ist ebenso absolut zukunftsweisend und kann in Verbindung mit der Nutzung von Überschusswärme in den Monaten März bis September für die Stromerzeugung noch weiter ausgebaut werden. Auf diesem Gebiet sind noch spannende Entwicklungen zu erwarten, die sich auch in der Preisgestaltung dieser Anlagen niederschlagen werden.

Eine Möglichkeit der Temperaturregulierung im Solarhaus ist auch die Betonkerntemperierung. Dabei wird in die Geschossdecke ein Wasserkreislauf – ähnlich dem Prinzip einer Fußbodenheizung – integriert, der überschüssige Wärme bzw. Kälte aufnehmen und verteilen kann. Es entsteht eine große Strahlungsfläche, die im Sommer kühlt und im Winter wärmt.

Bauteile

Der Wärmedurchgangskoeffizient beschreibt die Dämmeigenschaften eines Bauteils. Er wird auch U-Wert genannt und hat die Einheit W/(m²K). Er beschreibt den Dämmstandard der Außenhülle eines Gebäudes. Je kleiner der U-Wert ist, umso geringer ist der Verlust von Wärme vom beheizten Innenraum über das Bauteil zur kalten Außenluft. Ebenso bleibt bei einem kleinen U-Wert die Wärme im Sommer draußen.

Die EnEV 2009 fordert für Neubauten für die maßgeblichen Außenbauteile einen Mindest-Dämmstandard in Form eines mittleren bzw. bauteilbezogenen U-Wertes, je nach Gebäudetyp. Für das Referenzgebäude gelten Mindestanforderungen für die energetische Qualität aller wesentlichen Außenbauteile. Für Sanierungen gelten laut EnEV bauteilbezogene Mindestanforderungen für den Wärmedurchgangskoeffi-

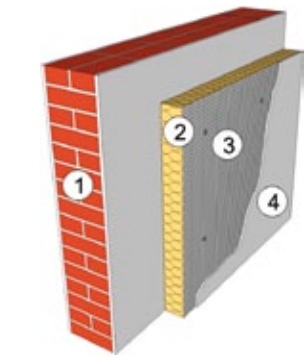
Bauteil	Richtwerte bzw. Vorgaben für Wärmedurchgangskoeffizienten verschiedener Gebäudekonzepte [W/m²K]			
	Ausführung des Referenzgebäudes lt. Anlage 1, Tabelle 1 EnEV 2009	Passivhaus	Sonnenhaus	ENERGETIK-haus®
Bodenplatte	0,35	0,10 – 0,15	0,20 – 0,24	0,25 – 0,30
Außenwand	0,28	0,10 – 0,15	0,14 – 0,18	0,18 – 0,24
Dach	0,20	0,10 – 0,15	0,12 – 0,16	0,16 – 0,20
Fenster	1,30	0,80	0,80 – 1,00	0,90 – 1,10

zient oder U-Wert. In der folgenden Übersicht werden die Mindestanforderungen an den bauteilbezogenen Mindestdämmstandard für das Referenzgebäude mit Erfahrungswerten aus dem Bau von Passiv-, Sonnen- und ENERGETIKhäusern verglichen.

Eine typische Außenwand für die o.g. Hausformen könnte wie folgt ausgeführt werden.



Abb. 23: Außenwand eines Passivhauses in Massivbauweise



- 1 Mauerwerk
- 2 Dämmplatte
- 3 Armierungsmörtel und -gewebe
- 4 Mineralischer Außenputz

Abb. 24: Außenwand nach EnEV 2009 mit WDV



Abb. 25: Ungefüllter Wärmedämmziegel für die Außenwand eines ENERGETIKhauses in Massivbauweise



Abb. 26: Gefüllter Wärmedämmziegel für die Außenwand eines Sonnenhauses in Massivbauweise

Verwendung ökologischer Baustoffe

Vor allem im Holzrahmenbau für Außenwände und auch bei der Dach- und Deckendämmung ist der Einsatz von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen immer weiter verbreitet. Je nach den Anforderungen an das zu dämmende Bauteil kommen die verschiedensten Materialien zur Anwendung z. B. Holzfasern, Kork, Hanf, Flachs, Baumwolle. Die Verarbeitung kann in Form von Platten oder Matten, als lose Schüttung oder als Einblasdämmung erfolgen. Nachteil der natürlichen Dämmstoffe ist zum einen die Anfälligkeit für Schimmel und zum anderen die leichte Entzündlichkeit. Zur Verbesserung dieser Eigenschaften werden im Herstellungsprozess z. B. Borsalze oder natürlicher Bitumen zugefügt.

Zum Beispiel kann Seegras aufgrund des hohen natürlichen Salzgehaltes ohne weitere chemische Behandlungen verwendet werden. Der Brandschutz sowie die Schimmelresistenz sind ohne Zusätze von z. B. gesundheitsbedenklichen Borsalzen gegeben.



Abb. 28: zu Dämmplatten verarbeiteter Hanf



Abb. 29: loses Seegras, gestopft als Dämmung einer Kreuzlagenholz-Fassade



Abb. 27: lose Hanffasern



Abb. 30: loses Seegras, gestopft als Zwischensparrendämmung

Umsetzung des Prinzips bei Neubau, Sanierung und denkmalgeschützten Gebäuden

Grundsätzlich ist der Einsatz von Solarthermie mit hohem solaren Deckungsgrad der Wärmeversorgung beim Neubau leichter zu erreichen. Hier können alle Erkenntnisse einfließen und ein Optimum an technischer Effizienz und Wohnkomfort erzielt werden. Die Integration eines groß dimensionierten Wärmespeichers ins Gebäude ist hier am einfachsten zu bewerkstelligen.

Auch die wärmetechnisch optimale Gestaltung der Kollektorfläche als Bestandteil des Hauses in maximaler Größe und optimaler Schräge bzw. Ausrichtung ist beim Neubau leichter zu realisieren.

Trotzdem gibt es für die Sanierung von Bestandsgebäuden mit Integration von Solarthermie erste Erfahrungen und Erfolge.

Das Konzept der solarthermischen Versorgung mit Deckungsraten > 50 % kann bei Beachtung der Besonderheiten auch im Bestandsgebäude erreicht werden. Jedoch wird es nicht immer möglich sein, die optimale Dachneigung von 50–75° für die größtmögliche Ausnutzung der Wintersonne zu realisieren, weil das bestehende Dach oder auch denkmalschutzrechtliche Auflagen dem entgegen stehen. Auch die Ausrichtung nach Süden kann im Bestandsgebäude in der Regel nicht mehr verändert werden. Trotzdem können durch Optimierungen im Dämmstandard und der Wärmespeicherung Solarthermiehauskonzepte verwirklicht werden.

Durch die demografische Situation und die erforderliche Erhaltung von Bausubstanz in innerstädtischen Lagen werden in Zukunft Sanierungen einen immer höheren Stellenwert einnehmen. Daher sind Sanierungskonzepte, die eine saisonale Wärmespeicherung beinhalten, außerordentlich interessant. Nicht nur die Vermeidung von CO₂-Emis-

sionen in der Stadt oder in Wohngebieten, sondern auch der Ausbau der Solarwärmenutzung bis zu Wärmenetzen sind hier sinnvoll umsetzbar. Da aber die Größe und Ausrichtung der hier zur Verfügung stehenden Dachflächen nicht immer optimal sind, müssen Kompromisse eingegangen werden. Weiterhin ist auch durch die Auflagen des Denkmalschutzes die Erreichung des gesetzlichen Dämmstandards nicht immer machbar. Die verbleibende Differenz an Wärmeversorgung kann durch gasbetriebene BHKW ausgeglichen werden, welche den Vorteil der bedarfsgerechten Energielieferung von Strom und Wärme ermöglichen. Aber auch CO₂-neutrale Formen der Nachheizung sind möglich, wie zum Beispiel Kaminöfen und Pelletheizkessel.

Die energetische Sanierung von Mehrfamilienhäusern im Bestand bringt auch den Vorteil mit sich, dass hier z. B. in Treppenhäusern Wärmespeicher über größere Höhen und große Volumina einbaubar sind, die eine exzellente physikalische Schichtung erreichen.



Abb. 31: Dachansicht mit Solarfeld



Abb. 32: Einheben des Großspeichers

Solararchitektur

Ein Gebäude nach dem Solarthermiehauskonzept »lebt« von und mit der Sonne. Eine wichtige Grundvoraussetzung hierfür ist eine Architektur, die zu allen Jahreszeiten dem Sonnenstand angepasst ist. Dabei gilt es besonders im Winter das Sonnenenergieangebot aktiv wie passiv optimal zu nutzen. Und im Sommer gilt es Überhitzungen im Gebäude durch eine intelligente Architektur zu vermeiden.

Eine Überhitzung des Gebäudeinneren durch die hoch stehende Sommersonne wird zum einen durch bauliche Maßnahmen (Verschattung) vermieden. Zum anderen trägt die Ausrichtung des solarthermischen Kollektors zusätzlich zur Verschattung bei.

Tiefstehende Wintersonne gelangt durch große Fensterflächen im Süden ins Gebäude und steht optimal senkrecht zum Einfallswinkel des Kollektors.

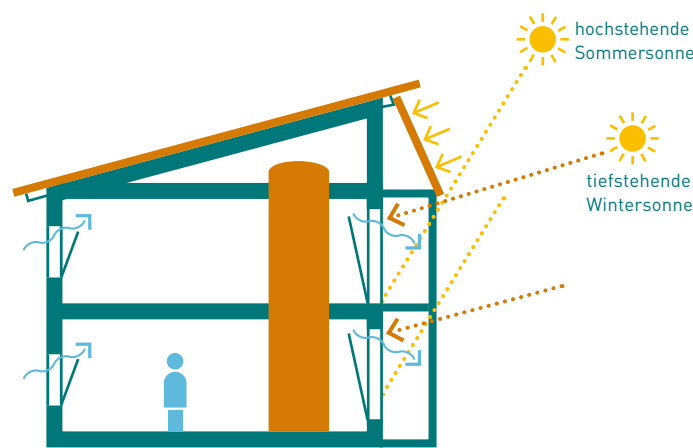


Abb. 33:
Schnitt durch ein Solarthermiehaus

Unerlässlich ist bei der Wahl des Standortes eine verschattungsfreie Südausrichtung. Bei der Positionierung des Gebäudes im Baugrundstück sollten auch zukünftig neuerichtete Nachbargebäude berücksichtigt werden, da diese eine starke Verschattung des eigenen Hauses verursachen könnten. Hier sind dann gewisse Mindestabstände einzuhalten, um die Kollektorfläche verschattungsfrei zu halten.

Weiterhin bestimmen neben dem Breitengrad die klimatischen Bedingungen eines bestimmten Gebietes, die Ausrichtung, der Winkel und der Aufbau die nutzbare Energie eines thermischen Kollektors.

Die meteorologischen Daten müssen wie auch die Globalstrahlungsdaten in die Berechnung des solaren Deckungsgrades einer solaren Wärmeversorgung einbezogen werden. In ungünstigen Lagen kann das zu Einbußen bis zu 30 % führen. Vor allem bei der Wahl des Umfangs und der Art der Abdeckung des Restwärmebedarfs ist das zu berücksichtigen. Gute Wärmeübertragung, vollständiger Wärmeab-

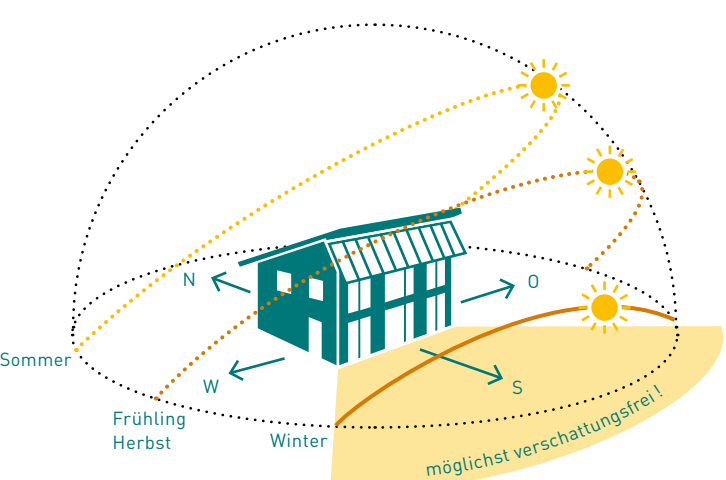


Abb. 34:
Grundprinzip der Ausrichtung eines Gebäudes nach dem Solarthermiehauskonzept

transport, geringe Reflexion und intelligente Nutzung von Schichttechnologien sind hier einige wesentliche Grundprinzipien bei der Planung.

Bei der effektiven Nutzung der Solaren Wärme in solarthermischen Anlagen sind folgende Kriterien zu beachten:

- Reduzierung der thermischen Verluste durch sehr gute Dämmung, kurze Übertragungswege (z.B. bautechnische Integration der Anlage ins Haus) und intelligenter Betrieb der Speicherbe- und Entladung (gute Ausnutzung der thermischen Schichtung).
- Vermeidung von Stagnation im Kollektor in den Sommermonaten, da hier extreme Beanspruchungsprozesse (Temperatur, Druck, chemische Zersetzung usw.) in der Anlage entstehen können.
- Vereinfachung der Regelungstechnik durch einen Anlagenaufbau, der mehr Mischprozesse als Regelprozesse nutzt. Dadurch werden die Anlagenzuverlässigkeit und die Verfügbarkeit erhöht.
- Effektives Verhältnis von Kollektorfläche zur Speichergröße. Der Kollektor muss die Möglichkeit haben, den Speicher mindestens einmal vollständig zu beladen. Wobei eine zu große Kollektorfläche im Verhältnis zur Speichergröße die Stagnationsanfälligkeit verstärkt.
- Möglichst gute Ausrichtung der Kollektorfläche in Richtung Süden bei einem Winkel von möglichst 50° bis 75° als Fassadenkollektor bis max. 90°.

Anhand dieser Kriterien wird sichtbar, welchen Einfluss eine effektive solarthermische Anlage auf den Baukörper des Hauses und die gesamte Architektur hat.

Zyklische Energielieferung

Die Sonne scheint am stärksten im Sommer und nur tagsüber. Der Wärmebedarf im Haushalt ist aber im Winter am höchsten, insbesondere abends und frühmorgens. Sonnenwärme lässt sich wirtschaftlich speichern und verlustarm nutzen. In unserer Klimazone ist viel gewonnen, wenn die Solarthermie nicht nur im Sommer, sondern auch in den wechselhaften Zeiten des Frühjahrs und Herbstes den Wärmehaushalt bedient und dazu noch an sonnigen Wintertagen einen Beitrag zum Energiesparen leistet. Die folgende Grafik stellt den Wärmeenergiebedarf und den möglichen solaren Anteil eines typischen Einfamilienhauses im Bestand dar. Mit den neuen gesetzlichen Anforderungen aus der Energieeinsparverordnung (EnEV) ändert sich die Grafik für Neubauten. So wird der Anteil des Wärmebedarfs für das Warmwasser im Verhältnis zum Heizwärmebedarf immer größer.

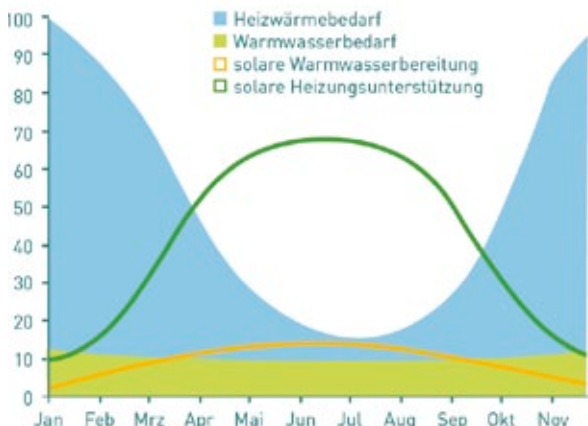


Abb. 35: Sonnenwärmeangebot und Wärmebedarf in Wohngebäuden

Passive Nutzung der Sonnenwärme

Überlegungen zur Nutzung der Sonnenenergie wurden bereits vor rund 2.500 Jahren durch den griechischen Philosophen Sokrates (469–397 v. Chr.) angestellt. Seine Aufzeichnungen zeigen hierzu einfache, aber überlegte Prinzipien des solaren Bauens auf. Der Baukörper ist kompakt angelegt und öffnet sich nach Süden trichterförmig zur Sonne. Sowohl die Wände als auch der Steinfußboden sind aufgrund der Wärmespeicherung massiv ausgebildet und sorgen für entsprechenden Temperatenausgleich. Ebenso sind auch die Dachflächen und Wände so gestaltet, dass bei niedrigem Sonnenstand (im Winter) die Sonnenwärme ausgenutzt wird, bei hohem Sonnenstand jedoch nicht wirksam wird.

Diese ersten Gedanken der passiven Sonnenergienutzung greift das Konzept des Solarthermiehauses auf. So versorgen transparente Bauteile (Fenster, ggf. auch Wintergärten) das Gebäudeinnere mit Licht und Wärme. Sie stellen jedoch auch Wärmeverlustquellen dar,

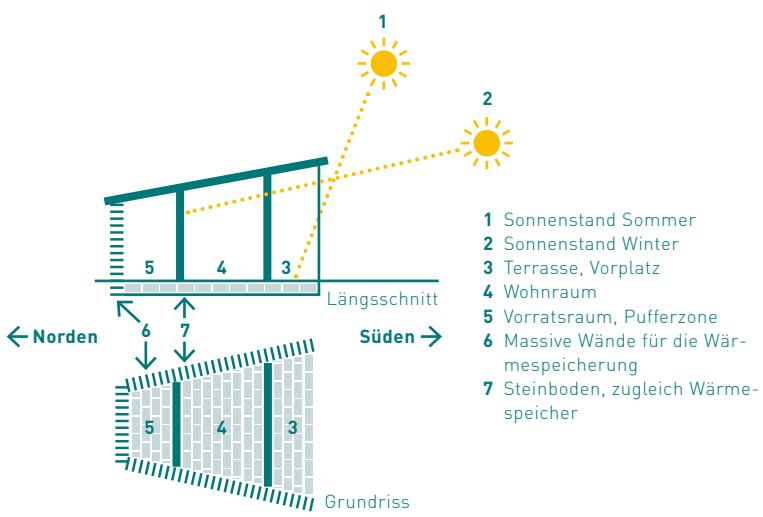


Abb. 36: Sonnenhaus des Sokrates

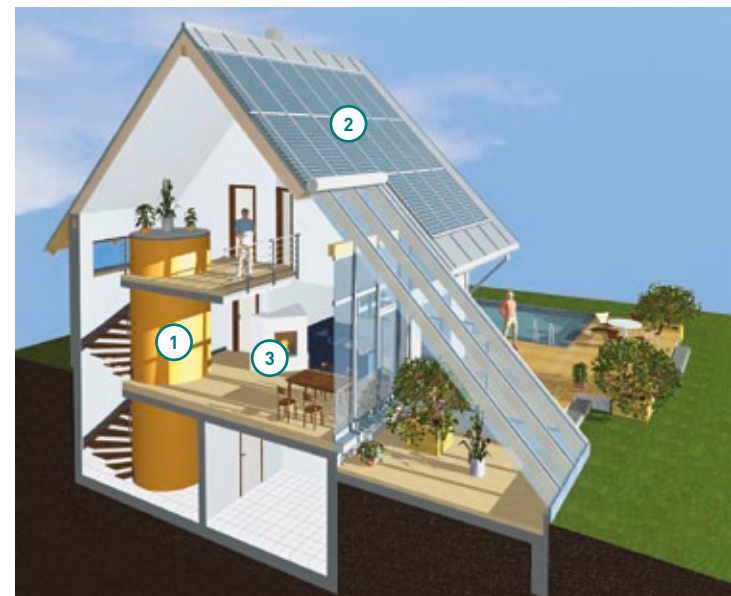


Abb. 37: 3-D Schnitt durch ein Sonnenhaus

- 1 Pufferspeicher
- 2 Solarkollektoren
- 3 Kaminofen

wenn die Sonne nicht scheint. Selbst der U-Wert von einem Dreifach-Wärmeschutzglas ist etwa viermal so hoch wie der einer gut gedämmten Außenwand. Neben der thermischen Qualität von Verglasung und Rahmen (viel Energiedurchlass bei möglichst geringem Wärmeverlust) kommt es auch auf eine adäquate Dimensionierung des Fensteranteils an der Fassade an, abhängig von der Himmelsrichtung und von der Speicherfähigkeit des Gebäudes. Um eine Überhitzung der Räume zu vermeiden, muss ein entsprechender Sonnenschutz durch Dachüberstände oder außenliegende Rollos vorgesehen werden.

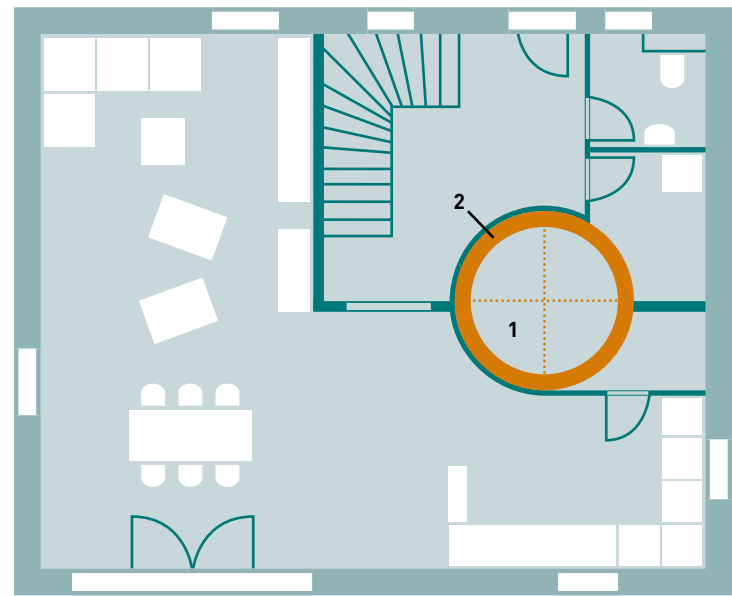


Abb. 38: Grundriss eines Solarthermiehauses mit eingetragenen Komponenten

- 1 Pufferspeicher
- 2 Wärmedämmung

Scheint die Sonne, kommt ein Sonnenhaus auch an kalten Tagen häufig ohne aktive Heizung aus. Die passive Sonnenenergienutzung konkurriert jedoch nicht mit der aktiven, weil die durch die Kollektoren geerntete Solarstrahlung im Pufferspeicher über mehrere Tage oder Wochen zwischengespeichert werden kann.

Das Solarthermiehauskonzept setzt auf komplette Identifikation des Bauherrn mit den Effekten der Solarwärmenutzung. Schon die Integration des Schichtspeichers ins Hausinnere und das Sichtbarwerden der runden Struktur vermittelt eine enge Beziehung.

So ist es nur konsequent, dieses Baukonzept nicht eng zu typisieren, sondern individuell mit höchster Flexibilität nach den Wünschen des Bauherrn zu gestalten. Über die Jahre haben sich natürlich Vorzugsvarianten herausgebildet, die effektiv sind.

Der Winkel der Kollektorfläche ist mit ca. 70° optimal eingestellt, aber auch Abweichungen von +/- 20° ergeben relativ geringe Verluste durch eine größere Strahlungsreflexion.

Außerdem muss in Betracht gezogen werden, dass heutige Bebauungspläne teilweise sehr restriktiv sind, so dass Kompromisse eingegangen werden müssen. Dem wird bei der Planung entsprechend Rechnung getragen.

Durch den veränderten Stellenwert der Energieerzeugung mit einer effektiveren Nutzung der erneuerbaren Energien ist in den nächsten Jahren ein Wandel in der Gebäudearchitektur zu erwarten.

Seit einiger Zeit gibt es bereits in einigen Städten »Solarkataster«, die nach Süden ausgerichtete Immobilien ausweisen und deren Wert schon jetzt kontinuierlich steigt. Auch bei der Bewertung der Kreditwürdigkeit werden Solarthermiehäuser wegen der geringen laufenden Unterhaltungskosten und der damit geringeren finanziellen Belastung der Bauherren in der Regel von Banken besser eingestuft als ein Standardhaus.

Eine neue Aufgabe in der Architektur ist die Umsetzung einer konsequenten Solararchitektur, welche in Verbindung mit einer angepassten Gebäudehülle, auch die Integration eines großen Solarspeichers berücksichtigt und dabei die Verwendung ökologischer Baumaterialien integriert.

Die speziellen Kriterien eines Solarthermiehauses bedürfen natürlich auch spezieller Anforderungen an die Anlagentechnik. Diese beschränken sich in der Regel bei diesen Haustypen auf eine Sonnenwärmanlage mit geeigneter Nachheizung, aber auch hier sind wichtige Eckpunkte zu beachten.

Um eine solare Wärmeversorgung von 50 bis fast 100 % für ein modernes Einfamilienhaus zu sichern, werden ca. 25 bis 70 m² Kollektoren erforderlich. Hier sollten Systeme gewählt werden, welche eine Zusammenführung als Großflächenkollektor ermöglichen. Dadurch wird die umlaufende Oberfläche im Vergleich zu Einzelkollektoren reduziert und dies führt zu geringeren Wärmeverlusten und damit zu besseren Wirkungsgraden der Kollektoranlage.

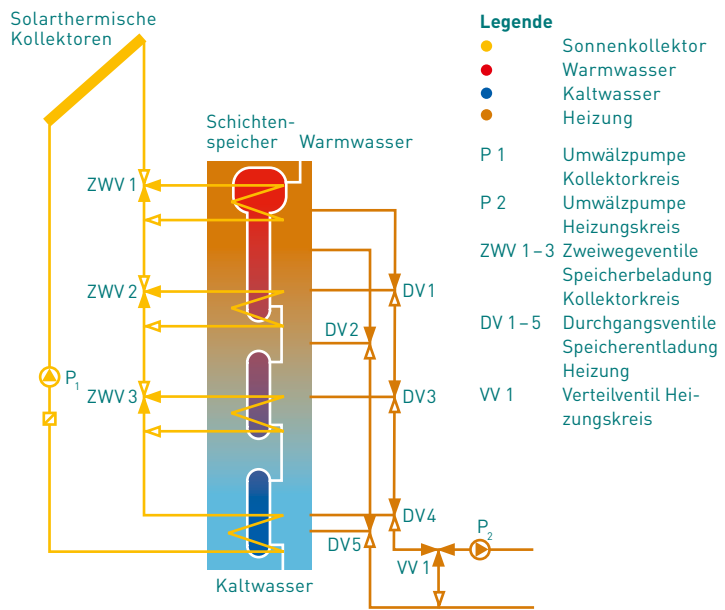


Abb. 39: Schichtpufferspeicher mit 3-stufigen internen Wärmeübertragern (Glattrohrwärmetauscher)

Auch eine Integration in die Dachhaut vermindert die Wärmeverluste an der Kollektoroberfläche und stellt im Neubaubereich in der Regel die optisch ansprechendere Lösung dar.

Ebenso wichtig, wie der Kollektor zur Wärmeengewinnung auf dem Dach, ist der Langzeit-Pufferspeicher für die Wärmespeicherung im Haus. Hier sind zur Erfüllung der Solarthermiehauskriterien 150 bis 300 Liter pro m² Kollektor erforderlich. Das bedeutet, dass die Speicher, welche die Wärme für Warmwasser und Heizung bereitstellen, eine Größe von 7.500 bis ca. 30.000 Litern aufweisen. Bei 100 Prozent solar beheizten Häusern werden Speichergrößen von bis zu 40.000 Litern erforderlich. Dabei ist es wichtig, dass die Speicher in einer möglichst schlanken Bauform ausgeführt werden um eine gute Temperaturschichtung auszubilden. Bevorzugt kommen Speicher mit zweistufiger Be- und Entladung zum Einsatz. Die Beladung kann durch interne oder externe Wärmeübertrager erfolgen.

Die Bereitung von Trinkwarmwasser für Duschen, Baden und Waschen erfolgt dabei in der Regel mit externen Frischwasserstationen. Die saisonale Speicherung erfordert eine Dämmdicke der Speicherisolation von möglichst 20 bis 30 cm, um die Wärmeverluste so gering wie möglich zu halten.

Die Aufstellung des Speichers mitten im Gebäude, meist angrenzend an die Wohnbereiche, ermöglicht einen nahezu verlustfreien Betrieb, da die geringe Speicherabwärme fast vollständig der Raumheizung zugute kommt.

Funktionsweise solarthermischer Anlagen

Die solarthermische Anlage besteht aus Kollektoren und der Systemtechnik, also Speicher, Wärmeübertrager und einem Regler für Pumpen und Ventile, sowie dem Zusatzheizgerät (Kaminofen). Die Kollektoren fangen das Licht der Sonne ein, wandeln es in Wärme um und reichen sie an den Speicher über einen Wärmeübertrager weiter. Dieser kann extern als Platten-Wärmeübertrager außerhalb des Speichers liegen oder als Glattrohr-Übertrager direkt im Speichermedium eingetaucht sein. Der Regler steuert den Austausch sowie die Nutzung der Speicherwärme, die Nachheizung und die Erhitzung des Trinkwassers. Er sorgt für die optimale Nutzung aller Energiequellen im System. Es müssen drei wesentliche Flüssigkeiten unterschieden werden. Die Kollektoren erhitzen die Solarflüssigkeit. Diese besteht aus Wasser und einem Frostschutzmittel. Die Pufferflüssigkeit im Speicher zählt zum Kreislauf des »toten Wassers« in den Heizkörpern oder den Heizschlangen der Flächenheizung. Das Trinkwasser kommt mit beiden Flüssigkeiten nicht in Berührung.

Kennwerte

Mehrere Kennwerte beschreiben die Leistungsfähigkeit einer Anlage. Der solare Deckungsgrad gibt an, welcher Anteil des Wärmebedarfs für Heizung und Trinkwasser durch solare Nutzwärme gedeckt wird (in Prozent). Der spezifische Solarertrag gibt die Energiemenge im Jahr an, die von den Kollektoren in den Speicher gelangt, bezogen auf den Quadratmeter Kollektorfläche (kWh/m²a). Der Systemnutzungsgrad gibt an, wieviel von der eingestrahltten Solarenergie in Nutzwärme umgewandelt wird (in Prozent). Der Systemnutzungsgrad besagt, wie die solare Wärme verwertet wird. Er ist bei den kleinen, nur zur Warmwasserbereitung genutzten Anlagen besonders hoch. Zugleich besagt er, wie gut Wärmeverluste, insbesondere am Speicher, verhindert oder durch geschickte Regelung vermieden werden können.

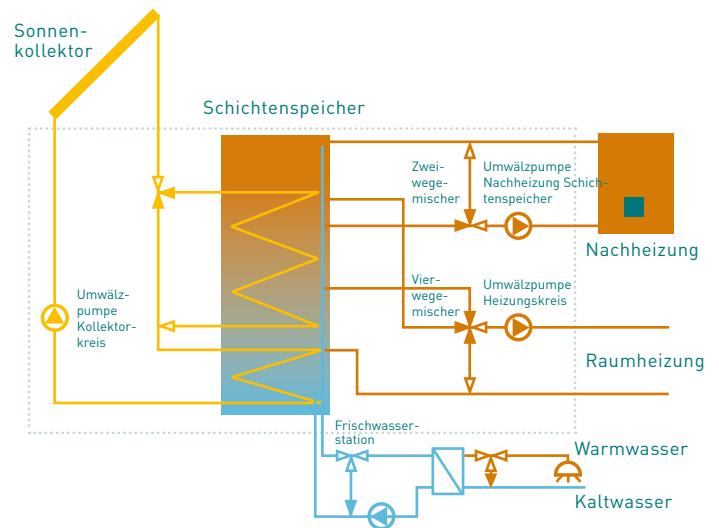


Abb. 40: Hydraulikschema einer Heizungsanlage in einem Solarthermiehaus

Komponenten der Anlage

1. Sonnenkollektor

Der eigentliche und hauptsächliche Wärmeerzeuger im Solarthermiehaus ist der Sonnenkollektor. Dieser ist möglichst steil und nach Süden auszurichten, damit auch im Winter gute solare Erträge erzielt werden können. Wichtig ist vor allem ein weitgehend verschattungsfreier Standort besonders in den Monaten Oktober bis April, um genügend Sonnenenergie für die Nachladung des Speichers bereitzuhalten. Am besten eignen sich große zusammenhängende Kollektorflächen, welche in das Dach oder die Fassade integriert werden können. Auf diese Weise wird sowohl eine ansprechende Optik als auch ein guter Witterungsschutz erreicht. Die verbleibende Dachfläche kann mit einer Photovoltaikanlage zur solaren Stromgewinnung bestückt werden.

2. Solarspeicher

Das 2. wesentliche Element des Solarthermiehauskonzeptes ist ein großvolumiger Wärmeakkumulator – auch Wärmespeicher genannt – der die im Sommer reichlich vorhandene Sonnenwärme bis in die Heizperiode hinein bevorratet. Die Kapazität ist dabei so groß, dass in Kombination mit der großflächigen solarthermischen Anlage mindestens 50 Prozent des Jahreswärmebedarfs eines Gebäudes eingelagert werden können. Günstig für eine gute Temperaturschichtung ist eine schlanke Form.

Ein großer Schichten-Pufferspeicher speichert die Solarwärme für Heizung und Warmwasser über mehrere Tage oder sogar Wochen. Das Speichermedium ist dabei Heizungswasser und das Speichervolumen wird bei Solarthermiehäusern mit einem solaren Deckungsgrad von 50 bis 80 % mit 150 bis 250 Liter/m² installierter Kollektorfläche ausgelegt. Bei 100 Prozent solarbeheizten Einfamilienhäusern werden größere Volumina benötigt. Günstig für eine gute Temperaturschichtung ist eine schlanke Form. Bevorzugt kommen zweigeschossige Kombispeicher mit zweistufiger Be- und Entladung zum Einsatz. Die Beladung erfolgt dabei meist durch interne Wärmetauscher. Die Aufstellung des Speichers im Wohnbereich ermöglicht einen nahezu verlustfreien Betrieb der Solaranlage, da die Speicherabwärme voll der Raumheizung zugute kommt. Dennoch sollte die Dämmdicke der Speicherisolation möglichst 20 bis 30 cm betragen.

3. Nachheizung

Um den Restwärmbedarf des Gebäudes zu decken, hat sich beim Solarthermiehaus eine Biomasseheizung als Vorzugslösung etabliert. Wie bereits erwähnt kann die Nachheizquelle in Form eines Kamin- oder Kachelofens mit Wassereinsatz direkt im Wohnraum angeordnet sein. Es gibt jedoch ebenso Lösungen, bei denen der Restwärmbedarf z. B. durch Gasbrennwertkessel, Wärmepumpen oder andere Heizsysteme abgedeckt wird.

Dank der großen Solaranlage beschränkt sich diese Zuheizperiode auf nur wenige Tage im Winter. Um bei manuell betriebenen Nachheizge-

räten (Kaminofen) in Verbindung mit großen Pufferspeichern optimale Ergebnisse zu erzielen, ist es wichtig, dass das Verhältnis von wasserseitiger und raumseitiger Heizleistung stimmt. Ziel ist es, mit geringer Wärmeabgabe in den Raum eine große Wärmeabgabe in Richtung Pufferspeicher zu erreichen. Dabei sollte die Gesamtheizleistung des Gerätes bei Einfamilienhäusern mit Deckungsgraden von 90 % nicht unter 10 kW liegen. Wird der solare Deckungsanteil kleiner, so empfiehlt es sich, die Leistung des Kamins zu erhöhen. Typisch ist es, bei 70 % solarem Deckungsanteil mit ca. 25 KW Heizleistung des Kaminofens zu arbeiten.



Abb. 41: Kaminofen zur Restwärmeabdeckung

4. Regelung

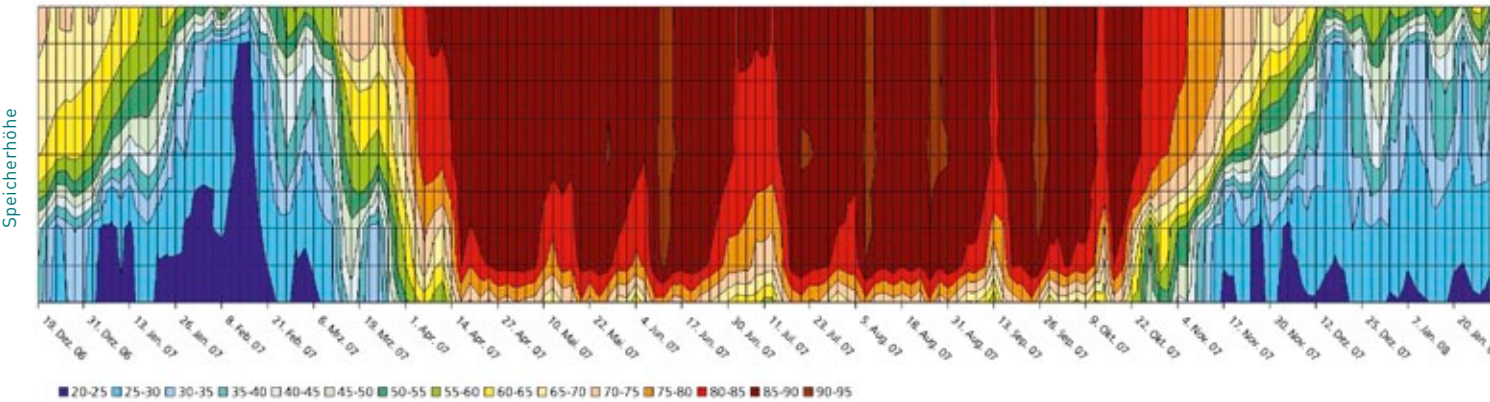
Die Regelung steuert das gesamte Haus und den Fluss aller wärmetechnischen Prozesse, den Solarertrag der Kollektoren, die temperaturgerechte Beladung des Schichtpufferspeichers, die gradgenaue Erhitzung des Frischwassers, die wärmeschichtgerechte Entnahme von Heizwasser aus dem Pufferspeicher zur Raumheizung sowie die Nutzung der Zusatzwärmequellen, etwa eines Pelletkessels, damit Sonnenenergie nach Möglichkeit zuerst genutzt wird. Das moderne System ist frei programmierbar und zeichnet auch die Daten aller Prozesse auf. Das erleichtert die Diagnose und Feinjustierung der Anlage.

Alle Prozesse werden auf den Touchpanels, dem Handy oder einem anderen geeignetem Gerät visualisiert.



Abb. 42: Bedienpaneel einer freiprogrammierbaren Steuerung

Abb. 43: Temperaturverlauf in °C im Langzeitspeicher eines ENERG innerhalb eines Beispieljahres; Temperaturfühler T Speicher 09 auf 7 Meter Höhe (Speicherkopf) und T Speicher 01 auf 0 Meter (Speicher Fuß))



Die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudekonzeptes hängt unter der Voraussetzung eines identischen Nutzungskomforts vom Verhältnis der Investitionsmehrkosten zu den laufenden Betriebskostenreduzierungen ab. Weitere wesentliche Rahmenbedingungen sind die Größenordnung der zu erwartenden Energiepreissteigerungen, der Betrachtungszeitraum sowie die für die Investition anzusetzenden Basis-kriterien für den Kredit. Weiterhin ist zu beachten, dass die regionalen und lokalen Unterschiede bei den Baukosten erheblich sind, so dass eine globale Aussage zur Wirtschaftlichkeit für diesen oder jenen energetischen Standard bzw. energetisches Konzept kaum sinnvoll ist. Bei der Verwendung regionaler Kennziffern wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung belastbarere Ergebnisse liefern. In diesem Zusammenhang wurden als Vergleichs- bzw. Bezugsdaten die Bauwerksherstellungskosten (KG 300, 400 und 700) sächsischer Objekte aus dem Jahr 2010 verwendet. Verglichen wurden die spezifischen Bauwerksherstellungskosten von nach EnEV gebauten Ein- und 2-Familienhäusern lt. BKI-Kosten aus dem Jahr 2010 mit Regionalfaktor, von Passivhäusern und von Solarthermiehäusern aus Sachsen mit verschiedenen solaren Deckungsgraden.

Die relativ großen Bandbreiten der Bauwerksherstellungskosten resultieren aus den erheblichen regionalen Unterschieden zwischen baulichen Konzepten verschiedener energetischer Standards, die bezogen auf Sachsen bis zu 20 % betragen können. Aus nachfolgender Grafik ist sehr gut ersichtlich, dass es bereits ohne weiteres möglich ist, Passivhäuser zu EnEV-Baukosten zu errichten. Die bisher verbreitete Auffassung, dass Passivhäuser gegenüber dem gesetzlichen Mindestbaustandard Standard in der Regel Mehrkosten von 5–10 % aufweisen kann pauschal nicht mehr gelten. Die Gründe hierfür sind vielschichtig. Als Hauptursache sind jedoch die regelmäßigen Verschärfungen der Energiesparverordnung zu benennen, in deren Ergebnis der Abstand des gesetzlichen Mindeststandards zum hocheffizienten Bauen immer geringer wird. Eine identische Entwicklung ist für das Konzept der Solarthermiehäuser zu verzeichnen. Wie aus nachstehender Grafik ersichtlich ist, sind Einfamilienhäuser, die einen Großteil Ihres Heizwärmebedarfs aus solaren Quellen decken, durchaus nicht mehr teurer als der gesetzliche Mindeststandard.

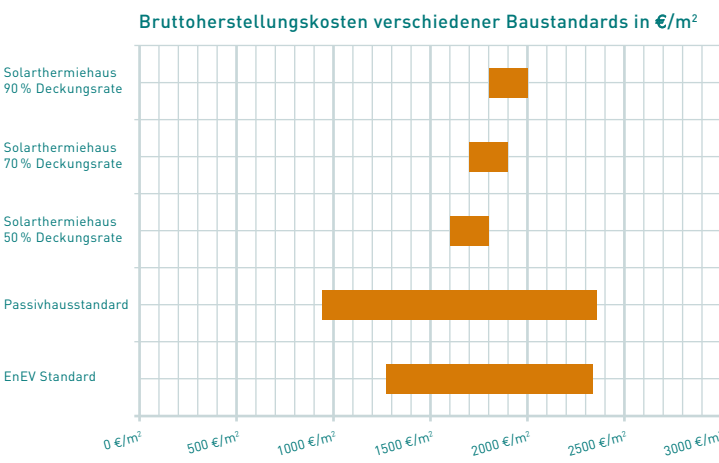


Abb. 44: Bruttoherstellungskosten verschiedener Baustandards in €/m2

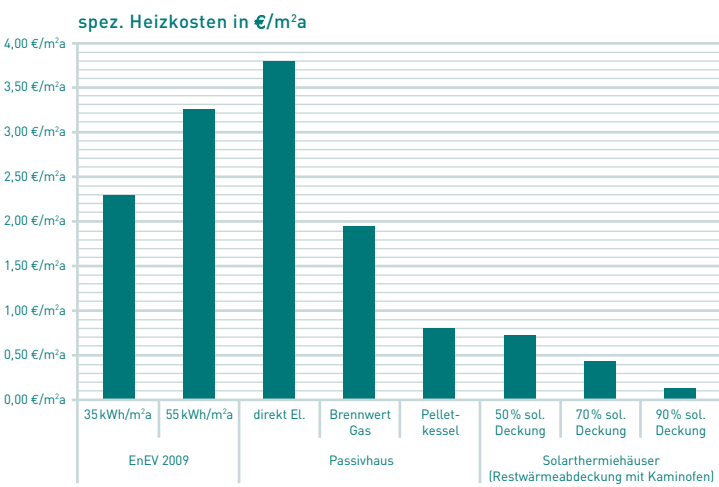


Abb. 45: spezifische Heizkosten verschiedener Gebäudekonzepte

Für die spezifischen Heizkosten für verschiedenen Baustandards wurden als Bezugsbasis das Neubauniveau nach EnEV 2009 mit dem Referenzheizsystem Öl-Brennwerttechnik und solarer Brauchwasserbereitung als Bandbreitenbetrachtung angesetzt.

Da die mittleren Bruttoherstellungskosten für Solarthermiehäuser mit solaren Deckungsraten von bis zu 70 % nicht höher liegen als die mittleren Herstellungskosten für den EnEV-Standard wurde untersucht, zu welchem Zeitpunkt sich die Mehrkosten für ein Solarthermiehaus mit 90 % solarer Deckung gegenüber dem EnEV-Standard amortisiert haben werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird davon ausgegangen, dass ein möglicher Bauherr einen Kredit bei der Bank aufnehmen muss, um sein Vorhaben realisieren zu können. Dieser Kredit wird üblicherweise als Annuitätendarlehen vergeben. Dabei handelt es sich um ein Darlehen, bei dem die zu zahlenden Raten über die gesamte Kreditlaufzeit konstant bleiben. Die Annuitätenrate besteht aus einem Tilgungs- und einem Zinsanteil. Der Zinssatz bleibt über einen vorher festgelegten Zeitraum konstant und kann dann neu verhandelt werden.

Die Berechnung des konstanten Kapitaldienstes (Zins und Tilgung) basiert auf folgenden Festlegungen:

Je nach der Größenordnung der Mehrkosten für einen höheren energetischen Standard werden sich ebenfalls die Kapitaldienste für den Kredit über die Laufzeit erhöhen. Gleichzeitig werden die jährlichen Heizkosten für den höheren energetischen Standard unter denen des Referenzszenarios liegen. Während die Zahlungen für den Kreditbetrag über die Kreditlaufzeit konstant bleiben, werden sich die jährlichen Zahlungen für Heizenergie durch die jährlichen Energiepreissteigerungen erhöhen. Der Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen gesetzlichem Mindeststandard und dem Solarthermiehaus mit 90 % solarer Deckung wird für einen Nutzungszeitraum von 50 Jahren dargestellt durchgeführt, dass überprüft wird, zu welchem Zeitpunkt die jährlichen Zahlungen und die Gesamtzahlungen für den höheren energetischen Standard unter denen des gesetzlichen Standards liegen werden. Wirtschaftlichkeit für einen vom Referenzszenario abweichenden energetischen Standard besteht dann, wenn in der Lebensdauer die kumulierten Kosten der untersuchten Variante unter denen der Referenzvariante liegen.

Die generellen Rahmenbedingungen für die Berechnung lauten.

Betrachtungszeitraum:	50 Jahre
Kreditlaufzeit:	30 Jahre
konstanter Zinssatz über die gesamte Kreditlaufzeit:	3,0 %
Energiepreissteigerung:	5 %p.a.
Gebäudenutzfläche:	150 m²
Bruttoherstellungskosten EnEV-Standard (KRG 300, 400 und 700):	270.300,00 Euro
Bruttoherstellungskosten Solarthermiehaus 90 % solare Deckung:	285.000,00 Euro

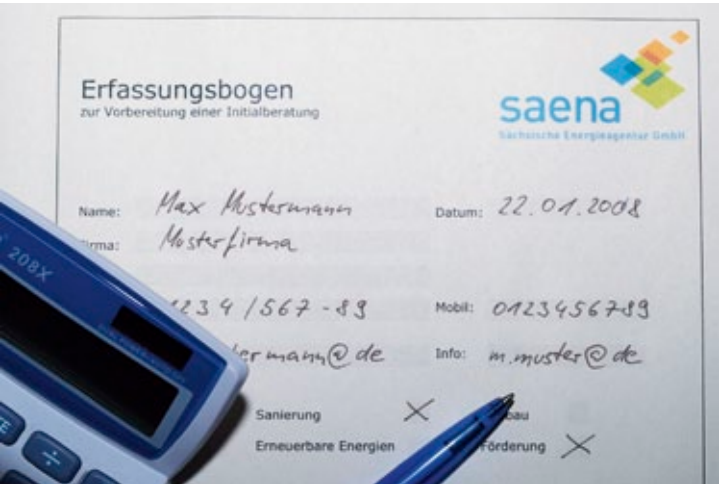


Abb. 46: Wirtschaftlichkeitsvergleich EnEV Standard/Solarthermiehaus 90 % sol. Deckung



Im Ergebnis der Betrachtung ist festzuhalten, dass die jährlichen Zahlungen für Kapitaldienst und Heizenergie beim Solarthermiehaus mit einer solaren Deckungsrate von 90 % ab dem 15. Jahr unter denen des aktuellen EnEV Standards liegen werden. Die summierten Gesamtkosten liegen ab dem 27. Betrachtungsjahr unter den Kosten des EnEV-Standards. Das heißt, dass für den betrachteten Fall bereits nach 15 Jahren jährlich weniger zu zahlen ist als beim aktuellen EnEV-Stan-

dard. Innerhalb von 50 Jahren liegen die Kosten für ein Gebäude mit 150 m² Nutzfläche, welches nach dem Solarthermiehausprinzip konzipiert wurde ca. 53.000 Euro unter denen des aktuellen EnEV-Standards.

Solarthermiehäuser mit Deckungsraten unter 90 % sind wie bereits beschrieben zu Preisen erhältlich, die z.T. unter dem EnEV-Niveau liegen und sind somit vom 1. Jahr an wirtschaftlich.



Dreifamilien-Haus
Freiberg/Sachsen



Abb. 47: Einheben des Speichers



Abb. 48: Innenansicht

Bauherr	Prof. Dr. U. Hinzen
Planer	Architekturbüro Gerschler Freiberg, FASA AG Chemnitz
Fertigstellung	2011
Baukosten	630.000 €
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	220 m²
Jahresheizwärmebedarf	25.300 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	23.400 Liter
Solarkollektoren	62,4 m²
Solare Deckung	ca. 75% (berechnet)
Nachheizung	Holzkamine, Gastherme
Besonderheiten	denkmalgeschützter historischer Stadtkern von Freiberg, Gebäude aus dem 16. Jahrhundert



Abb. 49: Ansicht Solarkollektoren/Dachterasse

Bürogebäude
Chemnitz/Sachsen



Abb. 50: Innenansicht während der Bauphase



Abb. 51: Außenansicht Bestandsgebäude

Bauherr	FASA AG
Planer	Architekturbüro furoris x art Chemnitz, FASA AG Chemnitz
Fertigstellung	2011
Baukosten	1,2 Mio Euro
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	1200 m²
Jahresheizwärmebedarf	48.400 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	110.000 Liter
Solarkollektoren	281 m²
Solare Deckung	ca. 92% (berechnet)
Nachheizung	wasserführender Kaminofen
Besonderheiten	errichtet als Rechenzentrum, Komplett- entkernung, Erhalt des Stabwerks im Dach, ökologische Dämmstoffe



Abb. 52: fertiggestellte Fassade mit Solarkollektoren

Wohngebäude CUBE
Oberwiesenthal/Erzgebirge



Abb. 53: Außenansicht



Abb. 54: Außenansicht

Bauherr	k.A.
Planer	Architekturbüro Rainer Kiehl; FASA AG Chemnitz
Fertigstellung	2010
Baukosten	k.A.
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	100 m²
Jahresheizwärmebedarf	9.000 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	12.000 Liter
Solarkollektoren	52 m²
Solare Deckung	ca. 85% (berechnet)
Nachheizung	wasserführender Kaminofen
Besonderheiten	höchstgelegenes Ganzjahressolarhaus Deutschlands in Gebirgslage (ca. 900m ü. NN)



Abb. 55: Außenansicht

Wohngebäude Sonnenhaus
Bargfeld-Stegen, Schleswig-Holstein



Abb. 56: Außenansicht



Abb. 57: Einheben des Speichers

Bauherr	k.A.
Planer	HELMA Eigenheimbau AG; Wolfgang Hilz; Solifer Solardach GmbH
Fertigstellung	2009
Baukosten	k.A.
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	255 m²
Jahresheizwärmebedarf	10.209 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	7.300 Liter
Solarkollektoren	42 m²
Solare Deckung	ca. 51% (berechnet)
Nachheizung	wasserführender Kaminofen (Natur- zugholzvergaser)
Besonderheiten	Solarthermiehaus mit typisch verklein- erter Fassade und Friesengiebel



Abb. 58: Einheben des Speichers

Wohngebäude und Bürotrakt
Straubing, Niederbayern



Abb. 59: Speichermontage



Abb. 60: Außenansicht

Bauherr	Georg Dasch
Planer	Architekturbüro Dasch; Solog GmbH
Fertigstellung	2003
Baukosten	k.A.
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	235 m²
Jahresheizwärmebedarf	17.000 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	4.700 Liter (kellergeschweißt)
Solarkollektoren	40 m²
Solare Deckung	ca. 50%
Nachheizung	Gas-Brennwerttherme, wasserführender Kaminofen (Naturzugholzvergaser)
Besonderheiten	Wärmedämmung der Außenwände mit Kork-Thermohaut, Heizkörper im Niedertemperaturbetrieb



Abb. 61: Montage Kollektoren

Musterhaus Wohngebäude »Das Energie
AutarkeHaus« Lehrte/Hannover



Abb. 62: Außenansicht



Abb. 63: Außenansicht mit Akku und Ladestation

Bauherr	HELMA Eigenheimbau AG
Planer	HELMA Eigenheimbau AG; Timo Leukefeld Freiberg; SunStrom GmbH Dresden
Fertigstellung	2011
Baukosten	ab 363.000 Euro
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	161 m²
Jahresheizwärmebedarf	9.300 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	9.300 Liter
Solarkollektoren	46 m²
Solare Deckung	65% (berechnet für den Standort Lehrte)
Nachheizung	wasserführender Kaminofen (Naturzugholzvergaser)
Besonderheiten	Stromautarkes Gebäude, Stromverbrauch ≤ 2000 kWh/a, 8,19 kWp (58 m²) Solarstromanlage, Batterie-Speichersystem, intelligente Gebäudeautomation



Abb. 64: Innenansicht

Mehrfamilien-Wohngebäude
Oberburg, Bern/Schweiz



Abb. 65: Gebäude im Bau mit aufgestelltem Speicher



Abb. 66: Aufstellen des Speichers

Bauherr	Jenni Liegenschaften AG
Planer	Aeschlimann+Willen GmbH Burgdorf; Jenni Energietechnik AG
Fertigstellung	2007
Baukosten	ca. 3 Mio. Schweizer Franken (ohne Grundstück)
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	1230 m²
Jahresheizwärmebedarf	9.300 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	205.000 Liter
Solarkollektoren	276 m²
Solare Deckung	100% (berechnet)
Nachheizung	keine
Besonderheiten	erstes 100% solar beheiztes Mehrfamilien-Wohnhaus Europas



Abb. 67: Außenansicht

Naturpark-Informationshaus
Zwiesel/Bayrischer Wald



Abb. 68: Außenansicht



Abb. 69: Außenansicht

Bauherr	k.A.
Planer	Architekturbüro Dasch; Wolfgang Hiltz; Soleg GmbH
Fertigstellung	2001
Baukosten	k.A.
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	763 m²
Jahresheizwärmebedarf	8.400 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	21.000 Liter
Solarkollektoren	110 m²
Solare Deckung	ca. 51% (berechnet)
Nachheizung	keine
Besonderheiten	erstes 100% solar beheiztes Funktionsgebäude Europas



Abb. 70: Speicher im Innenbereich

Wohnhaus- Umbau zum Sonnenhaus,
Leuchtenberg/Oberpfalz



Abb. 71: Außenansicht nach Sanierung



Abb. 72: Außenansicht Bestand

Bauherr	k.A.
Planer	Thomas Dirschedl, Soleg GmbH
Fertigstellung	2006
Baukosten	k.A.
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	273 m²
Jahresheizwärmebedarf	kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	4.400 Liter (kellergeschweißt)
Solarkollektoren	42 m²
Solare Deckung	55% (berechnet)
Nachheizung	Ölkessel und Kachelofen
Besonderheiten	Wohngebäude von 1980 mit ca. 5900 Litern Heizölverbrauch vor dem Umbau zum Sonnenhaus – danach 650–700 Liter und ca. 5 Raummeter Holz



Abb. 73: Speichermontage

Einfamilienhaus-
SonnenEnergieHaus®



Abb. 74: Ansicht Musterhaus – Variante



Abb. 75: Außenansicht Variante

Bauherr	Weberhaus
Planer	Gerd Schallenmüller Resys AG
Fertigstellung	2010
Baukosten	k.A.
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	153,04 m²
Jahresheizwärmebedarf	10.645 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	1100 Liter Paradigma Espresso
Solarkollektoren	16,33 m² (CPC-Vakuum-Röhren) Para- digma
Solare Deckung	60%, Soll: 6.315 kWh/a, Ist: 6.421 kWh/a
Nachheizung	wasserführender Kaminofen; Elektroheizstab, wasserführender Kaminofen als Option
Besonderheiten	große Photovoltaikanlage (11 kWp), Stromüberschuss im Sommer, öffentli- ches Netz als Speicher

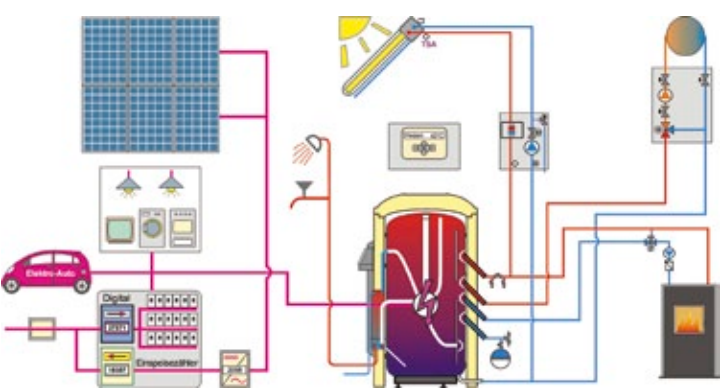


Abb. 76: Prinzipschaltbild

Einfamilienhaus Sonnenhaus
Freital/Dresden



Abb. 77: Außenansicht im fertiggestellten Zustand



Abb. 78: Ansicht Bauphase

Bauherr	k.A.
Planer	HELMA Eigenheimbau AG; Solifer Solardach GmbH
Fertigstellung	2010
Baukosten	k.A.
technische Daten	
Wohn-/Nutzfläche	204,2 m²
Jahresheizwärmebedarf	7563 kWh/a (berechnet)
Pufferspeicher	7.300 Liter
Solarkollektoren	36 m²
Solare Deckung	60% (berechnet)
Nachheizung	wasserführender Kaminofen (Naturzugholzvergaser)
Besonderheiten	zweigeschossiges Wintergartenelement zur optimalen Nutzung der Sonnenenergie



Abb. 79: Speichermontage

Amortisationszeiten

Dauer eines Prozesses, in dem die anfänglichen Aufwendungen für ein Objekt durch Erträge, die durch das Objekt entstehen, gedeckt werden. Amortisation bedeutet »tilgen«. Der Begriff wird sowohl im wirtschaftswissenschaftlichen als auch im energietechnischen Kontext gebraucht.

Blower-Door-Test

Drucktest, der die Luftdichtheit eines Gebäudes kontrolliert. Er misst die verbleibende Gesamtleckage. Noch bestehende Undichtigkeiten können aufgespürt und nachgedichtet werden. Besonders effiziente Gebäude wie Passivhäuser müssen einen hohen Luftdichtheitsbeiwert (nx) besitzen, da sonst unkontrollierte Luftströmungen zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

Heizwärmebedarf (Qh)

Wärme, die das Heizsystem für die Gesamtheit der beheizten Räume in einem Jahr bereitzustellen hat. Für die Berechnung wird nicht die gesamte Fläche des Hauses, sondern nur die Grundfläche der beheizten Räume zugrunde gelegt.

Endenergiebedarf

Energiemenge, die zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird. Ermittelt wird der Wert an der Systemgrenze des jeweiligen Gebäudes. Die Energiemenge wird berechnet unter genormten Bedingungen (z.B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, angenommene innere Wärmequellen oder zu erreichende Innentemperatur), die für Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (nur in Wohngebäuden) zu erwarten sind. Die ermittelte Größe dient der ingenieurtechnischen Auslegung des baulichen Wärme-

schutzes von Gebäuden und ihrer technischen Anlagen für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung sowie dem Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden.

Jahresnutzungsgrad

Der Jahresnutzungsgrad ist objektiv betrachtet die einzig relevante Größe mit der Heizanlagenbetreiber die Effizienz ihrer Heizanlage bewerten können. Er gibt an, wie viel der eingesetzten Energie tatsächlich in Form von Raumwärme und Warmwasser zur Verfügung steht bzw. effektiv genutzt werden kann. Der Jahresnutzungsgrad kann bei Heizanlagen genau ermittelt werden, wenn in den einzelnen Heizungssträngen und bei der Warmwasserbereitung Wärmemengenzähler installiert sind. Dazu wird die in der Wärmeverteilung gemessene Wärmemenge ins Verhältnis zur insgesamt eingesetzten Energiemenge gesetzt. In der Praxis liegt der Jahresnutzungsgrad oftmals deutlich unterhalb 70 %, da die Systematik der Wärmeverteilung und Parametrierung der Regelungstechnik eher selten optimal gelöst ist.

Photovoltaik

Eine Photovoltaikanlage (PV) besteht aus mehreren Solarmodulen, in denen zahlreiche Solarzellen elektrisch verschaltet sind. Typische Anlagen auf Gebäuden liegen in einem Leistungsbereich von 2 bis 10 kWp (kWp = Peak-Leistung oder Spitzenleistung, d.h. die maximal mögliche Leistungsausbeute eines Solargenerators bei Standardbedingungen). Generell wird zwischen Photovoltaikanlagen unterschieden, die als In-selsystem ausgeführt sind und solchen, die über einen Netzanschluss verfügen und den umweltfreundlichen Strom ins öffentliche Stromnetz einspeisen. Um die PV-Anlage auf dem Dach, an einer Fassade oder auf einer Freifläche zu installieren, wird ein Montagesystem benötigt. Die Vielfalt an Dacheindeckungen und Dachformen ist groß. Befestigungslösungen gibt es für Aufdach oder Inddach, Schrägdach, Flachdach oder Montagen im Freien. Für Freiflächen stehen auch nachgeführte Systeme zur Verfügung, die bis zu 35% mehr Stromertrag liefern. Damit der erzeugte Solarstrom in das Stromnetz eingespeist

werden kann, werden ein Wechselrichter, ein Netzanschluss und ein zweiter Stromzähler benötigt. Wechselrichter werden entsprechend den elektrischen Parametern der Solarmodule ausgewählt. Neben der Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom erfüllen sie noch eine Reihe weiterer Funktionen. Sie überwachen das Stromnetz und trennen die PV-Anlage bei Störungen vom Netz. Außerdem schützen sie diese vor Überspannung und Fehlerströmen.

U-Wert

Der Wärmedurchgangskoeffizient {U-Wert} gibt den Wärmestromdurchfluss durch einen Quadratmeter eines Bauteils bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin zwischen innen und außen an. Je kleiner der U-Wert (in W/m²K), desto besser die Wärmedämmeigenschaften eines Baumaterials und umso geringer die Heizkosten. Für die Außenbauteile sollte bei einem Passivhaus ein U-Wert kleiner 0,15 W/(m²K) erreicht werden und für das komplette Fenster ein Uw-Wert kleiner 0,80 W/(m²K). > 30 31 <

Wärmebrücken

Örtlich begrenzte Schwachstellen in den Außenbauteilen, an denen mehr Wärme nach außen gelangt (Transmission) als bei angrenzenden Flächen oder Bauteilen. Eine Wärmebrücke entsteht bauartbedingt (z.B. an Kanten, Ecken) aber auch aufgrund von Anschlüssen und Durchdringungen oder durch ungedämmte Betonpfeiler, Ringanker, Betonsturzträger oder Balkonplatten. Wärmebrücken lassen sich unterteilen in konstruktive Wärmebrücken, die meist durch Mängel in der Planung und Bauausführung entstehen, und geometrisch bedingte Wärmebrücken. Die Folge der Wärmebrücken sind höhere Wärmeverluste und somit eine niedrigere Oberflächentemperatur auf der Rauminnenseite, wodurch die Gefahr von Tauwasserausfall und Schimmelbildung besteht. Neben den hygienischen Problemen besteht gleichzeitig die Gefahr von Bauschäden durch Schwitzwasserbildung.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist ein Parameter für die Effektivität der Umwandlung einer Energieform in eine andere. Mathematisch ist der Wirkungsgrad das Verhältnis von abgegebener Leistung zur aufgenommenen Leistung, in Prozent.

Thermische Hülle

Gebäudehülle, die durch die wärmedämmenden Bauteile gebildet wird. Sie stimmt nicht immer mit der tatsächlichen Gebäudehülle überein. Oft haben Häuser einen Spitzboden oder Dachräume, die Dämmung liegt aber auf der Geschossdecke. Die thermische Hülle muss geschlossen sein, um Wärmeverluste zu vermeiden.

Thermografien

Sichtbarmachung von Durchlässigkeiten oder Lecks, die durch fehlerhafte Bauausführung oder technische Mängel von Bauteilen und Bauwerken verursacht werden. Die Oberflächentemperatur eines Gebäudes wird dabei mit einer Infrarotkamera gemessen. Dadurch lassen sich thermische Verluste der Gebäudehülle erkennen. Aus der Analyse der Aufnahmen können nach einer Auswertung konkrete Maßnahmen zur Sanierung der Schadensquellen abgeleitet werden. Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, sollte die Außenlufttemperatur möglichst niedrig sein, damit die Differenz zwischen Wärmebrücken und kalten Außenoberflächen so groß wie möglich ist. Die Infrarot-Kamera kann als ergänzendes Werkzeug bei einem Blower-Door-Test eingesetzt werden, um fehlerhafte Bauteilanschlüsse oder Durchdringungen zu lokalisieren. Vor allem Wärmebrücken können mit thermografischen Bildern dargestellt werden. Hierbei werden bei Außenaufnahmen eines Gebäudes die wärmeren Stellen meist rot dargestellt. Bei Innenaufnahmen zeigen die kälteren Stellen die Abkühlung durch die Außenluft an und sind meist blau dargestellt.

Transmissionswärme

Wärmestrom, der aufgrund von Temperaturunterschieden durch die Außenbauteile eines Gebäudes fließt. Die dabei entstehenden Verluste werden Transmissionswärmeverlust genannt. Nach einer Sanierung mit Passivhauskomponenten ist es möglich, den Verbrauch auf 30 kWh und weniger zu senken.

Primärenergie

Energieträger, die in der Natur vorkommen und technisch noch nicht umgewandelt sind. Unterschieden wird zwischen unerschöpflichen (erneuerbaren) Energien und endlichen Energien (Erdöl, Kohle, Kernbrennstoffe, Erdgas). Der Primärenergiebedarf ist die Energiemenge zur Deckung des Jahres-Heizenergiebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs. Berücksichtigt wird dabei die zusätzliche Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze »Gebäude« bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entsteht. Die Primärenergie kann als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien wie die CO₂-Emission herangezogen werden, da damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudebeheizung betrachtet wird. Im Jahres-Primärenergiebedarf sind der Jahresheizwärmebedarf, der Nettowarmwasserbedarf, die Energieverluste des Wärmeversorgungssystems, der Hilfsenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung sowie der Energieverbrauch für die Bereitstellung der Energieträger enthalten. Hauptsächlich auf den Jahres-Primärenergiebedarf QP zielt die Energieeinsparverordnung (EnEV).

Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG)

Wärmeleitfähigkeitsgruppen wurden zur besseren Klassifizierung von Dämmstoffen anhand ihrer Wärmeleitfähigkeit eingeführt. Die Einteilung erfolgt in 5er-Schritten. So gehören beispielsweise alle Dämmstoffe mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,02 ≤ 0,025 W/mK zur Wärmeleitfähigkeitsgruppe 025.

Absolute Luftfeuchtigkeit

Als absolute Luftfeuchtigkeit wird der Wasserdampfgehalt der Luft bezogen auf 1 kg oder 1 m³ Trockenluft bezeichnet. Als Maseinheit wird g/kg bzw. g/m³ verwendet.

Relative Luftfeuchtigkeit

Das Verhältnis aus tatsächlich vorhandenem und maximal möglichem Wasserdampfgehalt in der Luft wird als relative Luftfeuchtigkeit bezeichnet. Sie wird in Prozent angegeben und ist u.a. abhängig von der Lufttemperatur sowie dem Luftdruck. Um das Auftreten von Schimmelpilzen zu vermeiden, sollte die relative Luftfeuchtigkeit an den Wandoberflächen 70 % nicht übersteigen.

Taupunkttemperatur

Sinkt die Temperatur der Luft, sinkt damit auch ihre Wasseraufnahmefähigkeit. Die relative Luftfeuchtigkeit steigt an bis die Luft mit Wasserdampf vollständig gesättigt ist und beträgt dann 100 % wobei flüssiges Kondensat als Tauwasser ausfällt. Findet der Vorgang im Material statt, wird dieses auch als überhygroskopische Feuchte bezeichnet.

Konvektion

Bei der Konvektion wird Wärme von einem Ort zum anderen übertragen. Dies ist stets mit einem Stofftransport verbunden. Transportiert werden dabei Teilchen von Gasen oder Flüssigkeiten aufgrund von Temperatur- bzw. Dichteunterschieden. Von baupraktischer Bedeutung sind Wärmetransportprozesse durch Luftkonvektion in Räumen und in Bauteilen (luftdurchströmte Wände und Dächer bei großen Temperaturunterschieden).

Titelbild	Helma Musterhaus in Lehrte, Prof. Timo Leukefeld
Abb. 1–9:	SAENA
Abb. 10:	Rolf Disch
Abb. 11:	Sonnenhaus-Institut, Prof. Timo Leukefeld
Abb. 12:	Weber Haus, Paradigma, Gerd Schallenmüller ReSys AG
Abb. 13, 14:	SAENA
Abb. 15:	HELMA Eigenheimbau AG
Abb. 16:	Jenni Liegenschaften AG
Abb. 17:	Sonnenhausinstitut e.V.
Abb. 18:	Sonnenhausinstitut e.V.
Abb. 19:	Brunner Holzsolarhaus
Abb. 20:	ACX GmbH
Abb. 21:	NARVA
Abb. 22–24:	SAENA
Abb. 25–30:	FASA AG
Abb. 31, 32:	Architekturbüro Gerschler Freiberg, FASA AG Chemnitz
Abb. 33–36:	SAENA
Abb. 37:	Sonnenhausinstitut e.V.
Abb. 38:	SAENA, FASA AG
Abb. 39:	SAENA, Hydraulisches Konzept Jenni Energietechnik AG
Abb. 40:	SAENA, Konzept FASA AG
Abb. 41:	FASA AG
Abb. 42:	ACX GmbH
Abb. 43:	FASA AG, ENERGETIKhaus100®
Abb. 44–46:	SAENA
Abb. 47–49:	Architekturbüro Gerschler Freiberg, FASA AG Chemnitz
Abb. 50–55 (S. 35):	FASA AG
Abb. 56–58:	HELMA Eigenheimbau AG; Wolfgang Hiltz; Solifer Solardach GmbH
Abb. 59–61:	Georg Dasch
Abb. 62–64:	HELMA Eigenheimbau AG; Timo Leukefeld Freiberg; SunStrom GmbH Dresden
Abb. 65–67:	Jenni Liegenschaften AG
Abb. 68–70:	Architekturbüro Dasch; Wolfgang Hiltz; Solog GmbH
Abb. 71–73:	Thomas Dirschedl, Solog GmbH
Abb. 74–76:	Weberhaus; Paradigma; Gerd Schallenmüller Resys AG
Abb. 77:	Jörg Hohlfeld
Abb. 78–79:	HELMA Eigenheimbau AG; Solifer Solardach GmbH



Pirnaische Straße 9
01069 Dresden

Geschäftsführer:
Christian Micksch und Harald Herter

Telefon: 0351 49103179
Telefax: 0351 49103155

E-Mail: info@saena.de
www.saena.de

Weitere Informationen unter:

www.bau-nachhaltig.de
www.keds-online.de
www.gewerbeenergiepass.de
www.sachsen-spart-energie.de
www.energieportal-sachsen.de

Herausgeber
Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Redaktion
Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH
FASA AG
www.fasa-ag.de

Gestaltung/Layout
Sandstein Kommunikation GmbH
www.sandstein.de

Druck
Stoba-Druck GmbH, Lampertswalde

