



Sonnenhäuser energetisch und ökonomisch bewertet

Das Solarhaus-Konzept lässt sich besonders gut mit dem Effizienzhaus-Standard KfW55 kombinieren



Mit der Energieeinsparverordnung 2016 reduziert sich der erlaubte Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf neuer Wohngebäude um ein Viertel. In Sonnenhäusern ist dies kein Problem: Sie benötigen maximal 15 kWh/(m²a) Primärenergie für Heizenergie und Hilfsstrom und liegen damit deutlich unter dem Bedarf von Passivhäusern. Den Preis für die gute CO₂-Bilanz ermittelt ein neu entwickeltes Simulationsverfahren.

Um den Wärmebedarf in Sonnenhäusern zu decken, ist sehr wenig Primärenergie erforderlich. In den gut gedämmten Gebäuden deckt eine Solaranlage typischerweise zwischen 60 und 70 % des Wärmebedarfs, den Rest übernimmt meist eine Biomasse-Heizung. Mit der Biomasse kommt dabei ein Energieträger zum Einsatz, der einen Primärenergiefaktor unter 1 hat. Dieser Anteil fällt bei der Energiebilanz nicht wesentlich ins Gewicht. Maßgeblich wird die Energie in Form der elektrischen Hilfsenergie, die z. B. für Pumpen und Stellantriebe aufgewendet wird, bilanziert. Diese ist erforderlich, um die erneuerbare Energie für die Haustechnik nutzbar zu machen. Damit sind Sonnenhäuser eine mögliche Alternative, um neben den Kriterien der Energieeinsparverordnung 2016 auch die der europäischen Gebäuderichtlinie zu erfüllen. Diese fordert, dass ab 2021 neue Gebäude nur noch als Niedrigstenergiegebäude gebaut werden dürfen.

Der geringe Primärenergiebedarf ist bei den Sonnenhäusern, auch SolarAktiv-Häuser (SAH) genannt, mit Mehrkosten verknüpft. Wie hoch diese sind, hängt vom Effizienzhaus-Standard des jeweiligen Gebäudes und der eingesetzten Solar- und Heiztechnik ab. Um die zusätzlichen Ausgaben bewerten zu können, entwickelten Wissenschaftler unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE ein Simulationsverfahren. Dieses Tool ermittelt unter anderem die auf das Jahr annualisierten Mehrkosten, die bei der Integration einer großen thermischen

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Solaranlage entstehen würden. Alle hier abgebildeten Mehrkosten beziehen sich auf ein fest definiertes Referenzmodell (Abb. 1). Sie umfassen unter anderem die Ausgaben für einen höheren Effizienzstandard (z. B. für zusätzliche Dämmschichtdicke EPS, Dreifach-Verglasung), weitere Aufwendungen für den solarthermischen Wärmeerzeuger und die jeweiligen Varianten des Zusatzwärmeerzeugers. Mehrkosten für den Wohnraumverlust durch Dämmung und Speicher wurden nicht berücksichtigt.

Mit Sonnenhäusern Primärenergiebedarf reduzieren

Die Simulationen der Wissenschaftler zeigten, dass sich das Solarhaus-Konzept besonders gut mit dem Effizienzhaus-Standard KfW55 kombinieren lässt. Hierbei handelt es sich um ein Gebäude, dass nur 55 % der Energie eines vergleichbaren Neubaus nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) verbraucht.

Ein Beispiel: Wird ein Gebäude in der Effizienzklasse KfW55 mit einem solaren Deckungsanteil von 30 % (SAH30) und einem Gas-Kessel ausgeführt, so kann damit der spezifische Primärenergiebedarf im Vergleich zur Referenz-Anlagentechnik um etwa $80 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NF}} \cdot \text{a})$ reduziert werden (Abb. 2). Bei einem solarthermischen Deckungsanteil von 60 % (SAH60) kann dieser um $105 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{NF}} \cdot \text{a})$ reduziert werden. Unter Berücksichtigung der Fördermöglichkeiten nach dem MAP ergeben sich für diese Ausführungsvariante dann bezogen auf die Referenz geringere Kosten von etwa 2 Euro pro Jahr und Quadratmeter Nutzfläche. Bei den Simulationen kristallisierte sich ein KfW55-Gebäude mit 60-prozentiger solarer Deckung als attraktivste Lösung heraus. Hier kann eine Reduktion des Primärenergiebedarfs zu relativ günstigen Mehrkosten „erkaufte“ werden kann.

In ihren Simulationen gingen die Wissenschaftler von Gas als Zusatzwärmeerzeuger aus. Mit einem Primärenergiefaktor von 1,1 weist dieser Energieträger einen höheren Wert auf als Biomasse, die üblicherweise in Sonnenhäusern zum Einsatz kommt.

Die zu berücksichtigenden Kosten variieren abhängig davon, ob man in die Berechnungen eine finanzielle Förderung im Rahmen des Marktanzreizprogrammes (MAP) miteinbezieht und von welcher Steigerungsrate des Energiepreises (3 % oder 8 %) man ausgeht. Mit einem zunehmenden Anteil solarthermischer Wärmeversorgung reduziert sich die Abhängigkeit von Schwankungen des Energiepreises.

Mehrkosten für verschiedene Effizienzhäuser simuliert

Mit dem Simulationstool ist es möglich, für ein vorab definiertes Effizienzhaus das günstigste Verhältnis von Speichervolumen, Aperturfläche und solarer Deckung zu modellieren. Auch hier kristallisierte sich die Kombination mit dem KfW55-Standard als beste Lösung heraus. Um einen solaren Deckungsanteil von 60 % zu erreichen, müssen Hausbesitzer bei diesem Gebäudestandard mit Mehrkosten von etwa zwei Euro pro Jahr und Quadratmeter Nutzfläche nach EnEV rechnen (Abb. 3). Diese umfassen mit der eingebrachten Solartechnik unter anderem den finanziellen Mehraufwand (im Vergleich zum Referenzmodell) für einen $4,2 \text{ m}^3$ umfassenden Speicher und eine Aperturfläche von 27 Quadratmetern.

Möchte man bei einem Gebäude mit einem anderen KfW-Effizienzhausstandard erreichen, dass 60 % des

- Wohngebäude, Kubatur entsprechend IEA Task 44 (140 m^2 beheizte Nutzfläche, 160 Liter Warmwasser bei 45°C pro Tag), EnEV-Effizienzstandard aus dem Jahr 2014
- Versorgung: Gas-Kessel, solarthermisches System für 60 % Deckungsanteil am Trinkwasser
- Kosten für Solarthermieanlage inklusive Speicher und Montage: 5.771 Euro
- Kosten für Gaskessel: 3.873 Euro
- Für die betriebsgebundenen Kosten wurde ein Aufwand von 30 kWh an elektrischem Hilfsstrombedarf berücksichtigt

Abb. 1 Dies sind die Merkmale des Referenzmodells, auf dem die simulierten Mehrkosten basieren.

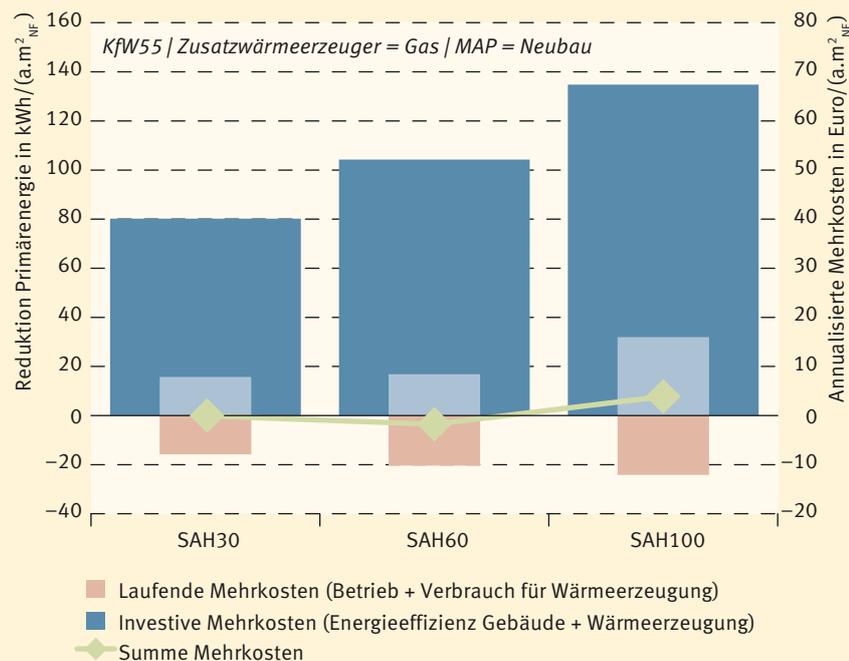


Abb. 2 Nach aktuellen Förderbedingungen des Marktanzreizprogramms wäre der hier dargestellte KfW55 Effizienzhaus-Standard mit einer solaren Deckung von 60 % kostenoptimal. Alle Werte beziehen sich auf das Referenzmodell.

Wärmebedarfs mit Solarenergie gedeckt werden, entstehen Mehrkosten zwischen 4,48 Euro und 5,91 Euro pro Jahr und Quadratmeter Nutzfläche. Berücksichtigt man bei den Berechnungen die Fördermöglichkeiten nach dem Marktanzreizprogramm, ist die Installation der zusätzlichen Solartechnik sogar kostengünstiger als beim Referenzmodell.

Vergleich mit anderen Versorgungskonzepten

Die Wissenschaftler verglichen verschiedene CO_2 -arme Wärmeversorgungskonzepte miteinander und ordneten hier das Sonnenhaus-Konzept ein (Abb. 4). Biomasse ist primärenergetisch sehr gut bewertet. Folglich sind mit dem Einsatz von Pellets oder Scheitholz sehr hohe Einsparungen beim Primärenergiebedarf möglich. Dabei muss man berücksichtigen, dass die Anschaffungskosten für einen Pelletkessel höher liegen als die eines Gaskessels. Die jährlichen Kosten liegen ähnlich hoch wie bei einer Effizienzhaus-Ausführung mit Gaskessel. Wird, wie in Sonnenhäusern üblich, Scheitholz als zusätzlicher Energieträger eingesetzt, reduzieren sich die Kosten bei gleichbleibendem Primärenergiebedarf. Dies liegt daran, dass Feuerstätten und Brennstoff relativ kostengünstig sind.

Wird ein Gebäude mit einem niedrigen KfW-Standard (KfW40/KfW55) und einer solaren Deckung zwischen 30 und 60 % kombiniert, so sind auch mit dem zusätzlichen Energieträger Gas sehr hohe Reduktionen des Primärenergiebedarfes möglich. Bei einem solarthermischen Deckungsanteil von 60 % sind mehr als 80 kWh pro Jahr und Quadratmeter Nutzfläche realistisch.



Sonnenhäuser und SolarAktivHäuser

Nach den Richtlinien des Sonnenhaus-Instituts sollte im Sonnenhaus die Wärme zu 100 % regenerativ und mindestens zu 50 % von einer Solaranlage gedeckt werden. Ein typisches Sonnenhaus verfügt über einen kompakten, länglichen Baukörper mit einem steil nach Süden geneigtem Dach, das der Wintersonne möglichst viel Fläche bietet. Die passive Nutzung der Sonnenenergie mit energieoptimierter Anordnung von Glasflächen ist Teil des Konzepts. Im Gebäudeinneren befindet sich ein Wassertank als Wärmespeicher. Der spezifische Transmissionswärmeverlust HT^* muss bei einem Neubau den des EnEV-Referenzgebäudes um mindestens 15 % unterschreiten. Der typische Jahres-Primärenergiebedarf pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche eines Neubaus liegt bei etwa 5 bis 15 kWh. Das SolarAktivHaus-Konzept weist als Vorgabe einen Mindestanteil von 50 % Solarwärme an der Wärmebedarfsdeckung aus.



Abb. 5 Schema eines Sonnenhauses

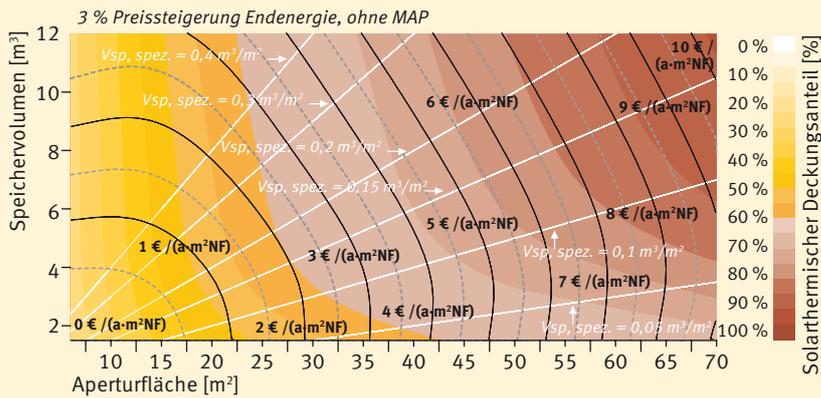


Abb. 3 Simulierte Kombinationen von Kollektor- und Speichergrößen für ein KfW55-Gebäude in Passau (140 m² beheizte Nutzfläche). Die angegebenen Kosten sind Mehrkosten im Vergleich zum Referenzmodell.

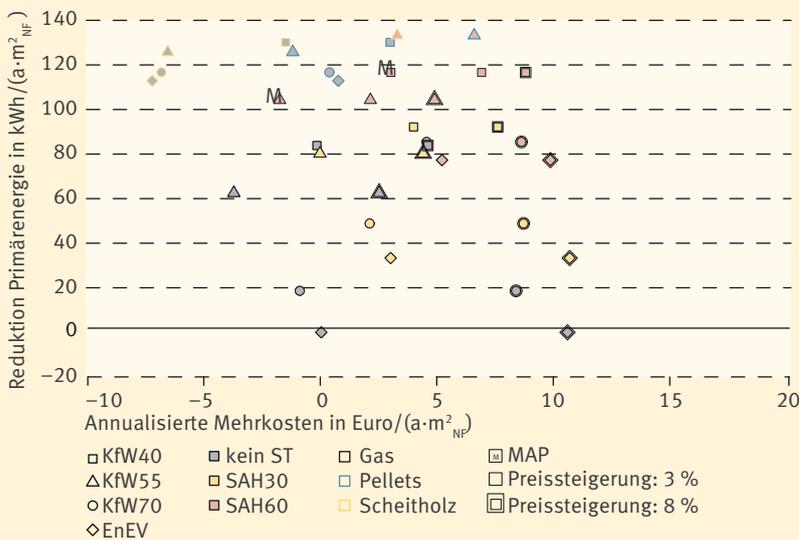


Abb. 4 Sonnenhäuser weisen einen sehr niedrigen Primärenergiebedarf auf.

Systeme mit Wärmepumpe und Photovoltaikanlage aber ohne Solarthermieanlage zeigten in Kombination mit hohem Dämmstandard ebenfalls eine kostengünstige Möglichkeit, den jährlichen Primärenergiebedarf deutlich zu reduzieren. Da Strombedarf und Strombereitstellung aus PV zeitlich nicht immer deckungsgleich sind, ist hier eine primärenergetische Bewertung auf Basis von Jahreswerten nicht zielführend und es müssen weitere Evaluierungsverfahren entwickelt werden.

Wärmeüberschüssen entgegenwirken

Die Ausgangsbasis für die Entwicklung des Simulationsverfahrens bildeten Untersuchungen an konzeptionell unterschiedlichen Sonnenhäusern. Dabei handelt es sich um drei Mehrfamilien- und sechs Einfamilienhäuser, welche die Wissenschaftler über mehrere Heizperioden vermessen haben. Aus den gesammelten Betriebserfahrungen und Monitoring-Ergebnissen leiteten sie verschiedene Optimierungsvorschläge ab.

Nur mit relativ großen Kollektorflächen können über ein Jahr hohe solare Erträge erzielt werden. In Zeiten hohen Wärmebedarfs werden diese genutzt. Im Sommer führt dies zu Wärmeüberschüssen, die zur Stagnation der Anlage führen, wenn sie nicht abgeführt werden, z. B. mit Verfahren wie Nachtabkühlung. Eine Alternative ist eine steilere Anordnung der Kollektoren (Titelbild: Sonnenhaus in Rottenburg). Hier wurden die Kollektoren in die Fassade integriert. Im Sommer ist ein Teil der Kollektoren durch einen Dachüberstand verschattet, bei niedrigem Sonnenstand im Winter trifft die Solarstrahlung im optimalen Winkel auf die Kollektorfläche. Dadurch

werden die Probleme mit Stagnation der Anlage minimiert. Zusätzlich können fassadenintegrierte Kollektoren als Wärmedämmung dienen.

Alternativen bei Speicher möglich

Hohe solare Deckungsanteile sind nur mit großen Speichern möglich. Mit diesen können Zeiten geringer solarer Einstrahlung überbrückt werden.

Üblicherweise befinden sich die Speicher im Treppenhaus der Wohngebäude. Im Winter kann deren Abstrahlung bis zu 20 % des Raumwärmebedarfs decken und somit einen signifikanten Beitrag zur Gebäudeheizung liefern. Da im Gegenzug im Sommer das Problem der Überhitzung besteht, empfehlen die Wissenschaftler auf eine ausreichende Speicherdämmung zu achten. Aktuell wird die Gefahr der Überhitzung durch Belüftungssysteme oberhalb der Speicher vermieden. Zukünftig wären auch alternative Speichertypen denkbar. Dazu zählt etwa ein vakuumgedämmter Speicher, der sehr geringe Wärmeverluste hat. Eine weitere Alternative sind sogenannte thermochemische Speicher, die über eine höhere Speicherkapazität verfügen. Beide Speicherentwicklungen finden am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik an der Universität Stuttgart statt.



Zusätzlich den Strombedarf decken

Es gibt viele weitere Ansätze zusätzlich zum Wärme- auch den Strombedarf mit Sonnenenergie zu decken. In sogenannten energieautarken Gebäuden soll die Strom- und Wärmeversorgung zu 100 % autark erfolgen, das heißt weitestgehend unabhängig von öffentlichen Versorgungssystemen. Hierbei wird primär auf Sonnenenergie gesetzt. Im Rahmen eines Monitoring-Projektes der Technischen Universität Bergakademie Freiberg untersuchen Wissenschaftler ein solches energieautarkes Gebäude. Hier sorgen eine 46 Quadratmeter große Kollektorfläche und ein neun Kubikmeter großer Langzeitwärmespeicher für eine 65-prozentige solare Deckung des Wärmebedarfs. Den Restwärmebedarf deckt ein Kaminofen. Eine 8 kWp-Photovoltaik-Anlage ist in das Dach integriert. Mit entsprechenden Akkus soll eine komplette Deckung des Strombedarfs erreicht werden. Überschüssige elektrische Energie kann etwa zum Betanken eines Elektroautos verwendet werden.

Um das technische und wirtschaftliche Potenzial der thermischen und elektrischen Solarenergienutzung allgemein bewerten zu können, führten Wissenschaftler an der Technischen Universität Braunschweig eine Simulationsstudie durch. Im Forschungsprojekt „future:solar – Systemanalyse zur solaren Energieversorgung“ untersuchten sie, welche Rolle die Solarenergie bei einer 50- oder 100-prozentigen lokalen, erneuerbaren Energieversorgung spielen kann. Die Ergebnisse für einen Standard-Neubau zeigten, dass bis zu einem 50-prozentigen Anteil erneuerbarer Energie am Gesamtenergiebedarf die Kombinationen Solarthermie/Gasbrennwertkessel/PV und Wärmepumpe/PV wirtschaftlich gleichwertig sind. Wird eine 100-prozentige erneuerbare Energieversorgung angestrebt, hätte die Variante Wärmepumpe/PV Vorteile.

Alternative Möglichkeiten der Wärmespeicherung in Sonnenhäusern untersucht aktuell das Institut für Solarenergieforschung in Hameln. Hier entwickelten Wissenschaftler ein Sonnenhaus, bei dem das Gebäude selbst als Wärmespeicher und Heizelement dient. Sie kombinieren einen etwa einen Kubikmeter großen Wärmespeicher mit direkt solarthermisch betriebener Bauteilaktivierung von Massivdecken im Gebäude. Aktuell evaluieren sie das Konzept anhand eines Gebäude-Prototyps.

Projektbeteiligte

- » **Projektleitung:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, Gerhard Stryi-Hipp, gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de
- » **Projektbearbeitung:** Solar- und Wärmetechnik Stuttgart, Sven Kobelt, kobelt@swt-technologie.de
- » **Projektbearbeitung:** Technische Universität Ilmenau, Jürgen Bühl, juergen.buehl@tu-ilmenau.de
- » **Projektbearbeitung:** Sonnenhaus-Institut e.V., Straubing, Peter Rubeck, peru@sonnenhaus-institut.de

Links und Literatur

- » www.diesolarheizung.info » www.sonnenhaus-institut.de

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Weyres-Borchert, B.; Kasper, B.-R.: Solare Wärme. Technik-Planung-Hausanlage. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verl., 2015. 168 S., ISBN 978-3-8167-9149-2, 29,80 Euro (Print), 23,80 Euro (E-Book), BINE-Fachbuch
- » Bollin, E.; Huber, K.; Mangold, D.: Solare Wärme für große Gebäude und Wohnsiedlungen. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verl., 160 S., ISBN 978-3-8167-8752-5, 29,80 Euro (Print), 23,80 Euro (E-Book), BINE-Fachbuch
- » Vakuumtank speichert Wärme. BINE-Projektinfo 14/2014
- » Null- und Plusenergiegebäude. BINE-Themeninfo II/2015
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info/Projektinfo_09_2016

BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Impressum

Projektorganisation
Bundesministerium
für Wirtschaft und Energie (BMWi)
11019 Berlin

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Peter Donat
52425 Jülich

Förderkennzeichen
0325971A

ISSN
0937-8367

Herausgeber
FIZ Karlsruhe · Leibniz-Institut
für Informationsinfrastruktur GmbH
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autorin
Birgit Schneider

Urheberrecht
Titelbild: ECONSULT Lambrecht
Jungmann Partner, www.solaroffice.de
Abb. 1–4: Fraunhofer ISE
Abb. 5: Sonnenhaus-Institut
Eine Verwendung von Text und
Abbildungen aus dieser Publikation ist
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion
gestattet. Sprechen Sie uns an.

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44
kontakt@bine.info

BINE Informationsdienst
Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197
53113 Bonn
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages