Zeitschrift: Tec21

Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

Band: 128 (2002)

Heft: 19: Haustechnik-Dialog

Artikel: Solarzellen kontra Graue Energie: Kann ein Gebäude die für die Erstellung benötigte Energie jemals zurückzahlen?

Autor: Berger, Felix / Kröni, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-80423

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Felix Berger und Robert Kröni

Solarzellen kontra Graue Energie

Kann ein Gebäude die für die Erstellung benötigte Energie jemals zurückzahlen?

Der Energieverbrauch eines Hauses – über den gesamten Lebenszyklus gesehen – ist geprägt durch die verwendeten Baumaterialien, die gewählte Haustechnik und die angestrebte Funktionalität. Ein Minergiehaus zum Beispiel schneidet trotz höherem Einsatz an Grauer Energie in der Gesamtbilanz besser ab als herkömmliche Häuser – dank dem geringen Einsatz an Betriebsenergie. Die Frage stellt sich aber, ob ein optimal geplantes Haus über die Energieautarkie hinaus sogar die zur Herstellung des Hauses benötigte Energie zurückzahlen kann.

Mit dem Solarpreis 2001 sind mehrere zukunftsweisende Bauten ausgezeichnet worden, darunter das Haus der Familie Erni in Untersiggenthal (Aargau, Bild 1). Es ist deshalb besonders aufgefallen, weil die Solaranlage einen jährlichen Stromüberschuss von 2500 kWh erzeugt und ins öffentliche Netz einspeist – diese Energie deckt den Strombedarf eines zweiten Minergiehauses. Zudem wurden beim Bau Materialien eingesetzt, die nur wenig Graue Energie benötigen. Damit ist das Haus Erni zukunftsweisend.

In neuester Zeit hat nämlich die Graue Energie als Faktor in der Energiebilanz eines Hauses einen grösseren Stellenwert erhalten. Sie ist die zuerst investierte, bisher meist vergessene Energie, die vor der eigentlichen Benützung aufgewendet wird. Laut einer Studie der Zürcher Hochschule Winterthur (ZHW)[1] macht die Graue Energie nach 30 Jahren zwischen 40 und 60 % der gesamten Energie eines Gebäudes aus. Der absolute Gesamtenergieverbrauch und die eingesetzte Technologie haben einen wesentlichen Einfluss auf die Energiebilanz – durch Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen (PV) kann der Energieumsatz eines Hauses stark gesenkt werden. Doch kann die für die Herstellung aufgewendete Graue Energie nach einer gewissen Nutzungsdauer zurückbezahlt werden? Um diese Frage zu beantworten, muss eine Energiebilanz erstellt werden.

Energiebilanzen

Der Energieumsatz eines Hauses ist ein komplexes System, das keine klar definierten Grenzen kennt. Eine Eingrenzung und Aufteilung des Systems ist wichtig, um reproduzierbare Resultate zu erhalten. Um die Energiebilanzen verschiedener Bauten zu vergleichen, müssen Wirkungsradius und Einordnung der Kenngrössen innerhalb des gesamten Gebäudezyklus bekannt sein.

Der Wirkungsradius hat eine räumliche und zeitliche Auflösung. Wesentlich ist, dass alle Werte auf die Primärenergie zurückgeführt werden, d. h. auf Rohöl, Braunkohle oder dergleichen. Das gleiche gilt auch für die verschiedenen Nutz- oder Endenergien, seien es nun Raumwärme oder Strom, der einen hohen Aufwand an Primärenergie zur Erzeugung braucht. In den vorliegenden Berechnungen werden Daten aus existierenden Studien[1] verwendet.

1

Das abgebildete Plusenergiehaus[3] wurde 2001 mit dem Solarpreis ausgezeichnet (www.solaragency.org/Solarpreis2001/d2.htm)

Folgeartikel zu «Unsichtbarer Energieverbrauch»
(ce) Ueli Kasser, Hansruedi Preisig und Judith Wydler haben am Zentrum für Nachhaltiges Gestalten, Planen und Bauen der Zürcher Hochschule Winterthur (ZHW) am Beispiel der Wohnüberbauung «In Böden» (Zürich Affoltern) die Graue Energie berechnet. Diese ist nämlich ein einfacher, praxistauglicher und zuverlässiger Indikator für den «ökologischen Rucksack» von Baustoffen, Bauteilen und ganzen Gebäuden. Zudem haben die Forscher die Betriebsenergie über die ersten 30 Jahre betrachtet und erkannt, dass die Heizwärmezufuhr bei einem konventionellen Bau bereits nach 17 Jahren die Graue Energie übertrifft. Beim Minergiebau erhöht sich zwar die Graue Energie um 8 % (Grund: höhere Dämmstoffdicke), doch selbst nach 30 Jahren ist sie noch nicht von der aufsummierten Betriebsenergie übertroffen worden. Ihre Ergebnisse präsentierten die Forscher im Artikel «Unsichtbarer Energieverbrauch» (tec21, 27-28/2001).
Jener Beitrag hat Felix Berger und Robert Kröni zum Nachdenken angeregt und dazu veranlasst, diesen Folgeartikel zu verfassen. Sie rechnen am Beispiel dreier Hausvarianten weiter als 30 Jahre und beziehen eine Renovation sowie den Einsatz einer Solaranlage mit ein. Die Rechenergebnisse zeigen drei sehr unterschiedliche Lebenszyklen von Gebäuden. Eines davon tanzt – im positiven Sinne – aus der Reihe.

In einer Bilanzrechnung werden die Kenngrössen drei Energie verbrauchenden Phasen zugeordnet: In der ersten Phase, dem Bau (oder später Umbau), liegt die Graue Energie vor. In der zweiten, der Nutzungsphase, präsentiert sich die Betriebsenergie. Diese besteht aus Heizungsenergie, Warmwasserenergie und Haushaltsstrom. Betrachtet wird häufig nur die Heizenergie [1]. Der Energieverbrauch für Warmwasser und die Haushaltenergie werden weggelassen. Grund: der Wirkungsradius des Architekten geht nur bis zur Heizenergie, die übrige Betriebsenergie ist vom Nutzer abhängig. In der letzten Lebensphase, dem Abbruch, fällt die für den Rückbau aufzuwendende Energie an. Weil sich der Lebenszyklus eines Gebäudes über hundert oder mehr Jahre erstrecken kann, ist eine Quantifizierung dieser Energie problematisch und wird hier vernachlässigt. Auch die Sommer/Winter-Zyklen werden aufgrund der langen Betrachtungszeit von fünfzig und mehr Jahren vernachlässigt.

Fallbeispiele

In den folgenden Fallbeispielen gehen wir von einem fiktiven Einfamilienhaus für vier Personen aus. Dieses Gebäude besitzt ein Satteldach mit Ost-West-Giebel, hat eine Energiebezugsfläche von 140 m² sowie eine Grundfläche von 70 m². Es ist bestückt mit einer Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser. Drei Ausführungsvarianten fliessen in die Energiebilanz ein:

	Strom Variante 1	Strom Variante 2
Haus Variante A	A1	A2
Haus Variante B	B1	B2
Haus Variante C	C1	C2

	Variante A	Variante B	Variante C
Graue Energie Haus kWh	197 000	206 000	206 000
Graue Energie PV-Anlage kWh	–	–	98 000
Nettoinhalt Graue Energie kWh	197 000	206 000	304 000

	Variante A1	Variante A2	Variante B1	Variante B2	Variante C1	Variante C2
Nutzenergiebedarf Heizung brutto (kWh/a)	8170	8170	3310	3310	3310	3310
Leistung PV-Anlage (kW)	–	–	–	–	5,5	5,5
Strombedarf Heizung (kWh/a)	2330	2330	940	940	940	940
Primärenergiebedarf Wärmepumpe (kWh/a)	8490	4660	3400	1890	3400	1890
Stromproduktion PV-Anlage (kWh/a)	–	–	–	–	– 4800	– 4800
Primärenergiesubstitution PV-Anlage (kWh/a)	–	–	–	–	– 17 500	– 9600
Saldo Primärenergie (kWh/a)	8490	4660	3400	1890	– 14 100	– 7700

2–4

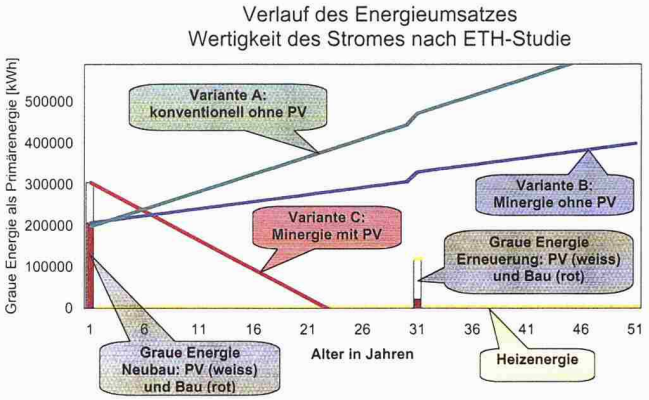
Für die Berechnungen wurden Zahlen aus der Literatur [4] (Strom Variante 1) oder Werte, die für die Minergienachweise verlangt werden (nämlich Faktor 2 für den Strom [2]: Strom Variante 2), verwendet (oben). Als Basis wird der aus der Studie der ZHW [1] ermittelte Wert an Grauer Energie angenommen (Mitte). Für die Erhebung der betriebsenergetischen Werte wird auf die im Text erwähnten baulichen Kenngrössen zurückgegriffen. Aus diesen Vorgaben ergeben sich die in der unteren Tabelle dargestellten technischen Kennwerte

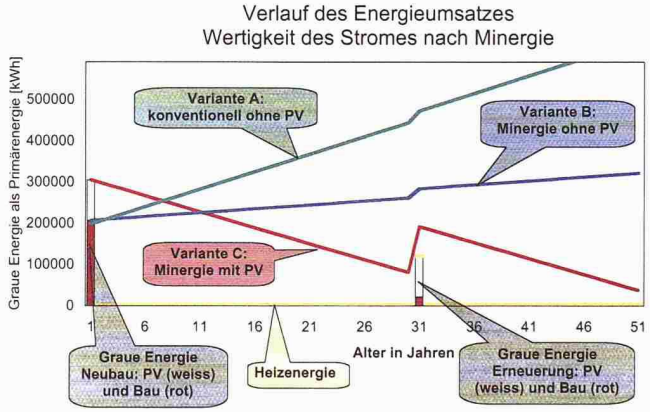
Variante A entspricht einem konventionellen Haus (SIA 380/1; 222 MJ/m²a) mit einer Wärmepumpe, aber ohne PV-Anlage. *Variante B* ist ein Minergiehaus (85 MJ/m²a) mit einer Wärmepumpe, jedoch ohne PV-Anlage. *Variante C* stellt ebenfalls ein Minergiehaus dar, das aber sowohl eine Wärmepumpe als auch eine PV-Anlage besitzt, die auf der 45 m² grossen Südfläche des Satteldaches steht. Die fiktive Anlage erreicht auf dieser Fläche eine Leistung von 5,5 kW (Bilder 2–4).
Ob das System die Energie zurückzahlt, die im Lebenszyklus des Hauses aufgewendet wird, hängt vom Faktor Zeit ab. Nach 30 Jahren muss die Solarstromanlage nämlich ersetzt werden. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass zum selben Zeitpunkt das Haus eine Sanierung erfährt. Bei diesen Renovationsarbeiten fallen 10 % der beim Neubau des Hauses gebrauchten Grauen Energie erneut an.

Fazit

Da die Varianten A und B nicht auf die aktive Nutzung einer erneuerbaren Energiequelle ausgerichtet sind, kann die beim Bau verbrauchte Energie logischerweise nicht zurückgezahlt werden. Der Energieumsatz bei diesen beiden Varianten steigt daher kontinuierlich an. Bei der Variante C, einem Minergiehaus mit kombinierter PV-Anlage, kann tatsächlich die für den Bau investierte Graue Energie und die benötigte Betriebsenergie im Verlauf des Lebenszyklus abgebaut werden (Bilder 5 und 6). Die Rückzahlung erfolgt bestenfalls schon nach weniger als 30 Jahren (Berechnungsverhältnis nach ETH[4]) oder erst nach etwa 55 Jahren (Berechnungsverhältnis nach Minergie[3]). Beide Werte liegen innerhalb einer realistischen Lebensdauer eines Hauses. Die Frage nach der möglichen Energierückzahlung kann für ein optimal geplantes Haus daher positiv beantwortet werden. Abhängig vom Erreichen dieses Ziels ist aber auch der variable Umgang mit der Warmwasserenergie und dem Haushaltstrom. Beide Grössen wurden in diesem Beitrag weggelassen, primär um die Vergleichbarkeit mit den Werten aus der Literatur[1] zu gewährleisten. Wer aber bewusst damit haushaltet, wird mit dem Konzept, das hinter der Variante C steht, Erfolg haben. Bedingung dafür ist, dass das Haus möglichst lange bestehen bleibt und dem Minergie- bzw. Passivhausstandard genügt. Eine ungünstige Dachform oder ein nach Norden abfallendes Pultdach vereiteln den Versuch der Energierückzahlung. Ein Flachdach hingegen ist durchaus brauchbar.
Die Frage stellt sich, ob sich Variante C statt mit einer Wärmepumpe auch mit einer konventionellen Heizung plus thermischer Solaranlage realisieren liesse. Die Antwort ist ein klares Nein, weil ein allfälliger Energieüberschuss nicht weitergegeben werden kann. Nur mit der Kombination von Photovoltaik und Wärmepumpe ist das Ziel erreichbar. Mit den heutigen Standardsystemen ist dies technisch machbar, nur der finanzielle Aufwand für die PV-Anlage ist noch relativ hoch.

Felix Berger und Robert Kröni, Enecolo AG,
Lindhofstrasse 52, 8617 Mönchaltorf





5/6

Die beiden Diagramme veranschaulichen die Bauvarianten A, B und C in jeweils beiden Berechnungsverhältnissen (nach ETH oben, nach Minergie unten). Die Betriebsenergie präsentiert sich in Form einer Summenkurve, die auf dem Niveau des Nettoinhaltes der Grauen Energie beginnt

Literatur

1 Kasser U., Preisig H., Wydler J.: Unsichtbarer Energieverbrauch. Neuste Erkenntnisse über die Graue Energie von Gebäuden, tec21, 27-28/2001, S. 6–11.
2 http://www.minergie.ch/standards-3.1.htm#, 9.10.2001.
3 Sonderheft über die Solarpreisverleihung 2001, Beitrag über das Haus Erni, 2001, S. 16.
4 Bundesamt für Energiewirtschaft, Ökoinventare für Energiesysteme, ETH Zürich und PSI Villigen, 1996.