

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 107 (2016)
Heft: 8

Artikel: Plusenergie-Einfamilienhaus
Autor: Rufer, Daniel / Toggweiler, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857178>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

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

Plusenergie-Einfamilienhaus

Erfahrungen und Perspektiven

In Küsnacht wurde 2010 ein einseitig angebautes Einfamilienhaus aus den 1950er-Jahren durch einen Neubau mit gleicher Grundfläche und Kubatur ersetzt. Eine Sanierung des alten Gebäudes kam u.a. aus Energieeffizienzgründen nicht in Frage. Auf dem Keller des bisherigen Hauses wurde ein Passivhaus mit PV-Anlage und Erdsonden-Wärmepumpe gebaut, das die Vorgaben des Standards Minergie-P-Eco übertrifft. Das Haus soll mehr Energie produzieren, als es verbraucht, und die eingesetzten Materialien sollen ökologischen und gesundheitlichen Anforderungen genügen.

Vergleich Altbau / Neubau

Der Energieverbrauch des Altbaus aus dem Jahr 1959 betrug 208 kWh/m² EBF, das heisst rund 30 % mehr als ein schweizerisches Durchschnittsgebäude heute. Mit dem realisierten Ersatzneubau kann der Energieverbrauch um 87 % auf 27 kWh/m² EBF gesenkt werden. Fast das Dreifache dieses Verbrauchs wird auf dem Dach als Solarstrom produziert. Beim Neubau stimmt der geplante Energieverbrauch mit einer Genauigkeit von $\pm 15\%$ mit dem effektiv gemessenen Energieverbrauch überein. Die gemessenen Jahreswerte der Solarstromproduktion liegen alle rund 18 % über dem Planwert. Der Heizenergieverbrauch des Ersatzneubaus liegt mehr als 80 % unter dem gesetzlich vorgegebenen Maximalwert. Dies zeigt das grosse Potenzial zur Verschärfung der gesetzlichen Bauvorgaben beim Wärmeverbrauch. Die bishe-

Daniel Rufer, Peter Toggweiler

Der auch in der öffentlichen Diskussion verwendete Begriff Plusenergiehaus sollte möglichst eindeutig sein. Ein Gebäude, das Energie nur in Form von Elektrizität bezieht, ist dann ein Plusenergiehaus, wenn der Stromzähler nach einem Jahr mehr Rückspeisung ins Netz als Bezug zeigt. Diese Definition ist aber nicht immer befriedigend. Die Kommission zur Revision des SIA-Merkblattes 2031 hat deshalb eine neue Definition erarbeitet. Der neue Vorschlag für das Plusenergiegebäude soll die jahreszeitliche Variabilität der Stromproduktion, wie sie typischerweise bei Photovoltaikanlagen vorkommt, insofern berücksichtigen, dass Gebäude durch gute Isolation im Winter wenig Energie verbrauchen. Zudem soll die ins Netz eingespeiste Energie weniger anrechenbar sein als die direkt verbrauchte Produktion. Dies wird mit unterschiedlichen Primärenergiefaktoren berücksichtigt.

Die Messungen mit modernen Stromzählern erfolgen in der Regel in Echtzeit, bilanziert wird anschliessend über Zeiträume von 1/4-Stunde, einer Stunde, einem Monat oder einem Jahr, je nach Bedarf.

Ergebnisse nach fünf Jahren Betrieb

Die nachstehenden Zahlen stammen aus der Periode vom 1. Januar 2011 bis 31. Dezember 2015. Mit Solarlog-Daten wurde der Betrieb laufend überwacht. Die Auswertung basiert auf Monatsdaten, abgelesen vom Stromzähler. Die Anlage funktionierte in diesen fünf Jahren ohne Betriebsstörung und ohne Intervention. Die Besonnung lag in dieser Periode

leicht über dem Durchschnitt. Auf eine Anpassung der Daten an ein Standardjahr wird hier verzichtet, weil vor Ort keine Messdaten zur Sonneneinstrahlung erfasst wurden.



E2 Management Consulting AG

Bild 1 Ansicht des Plusenergiehauses von Südwesten.

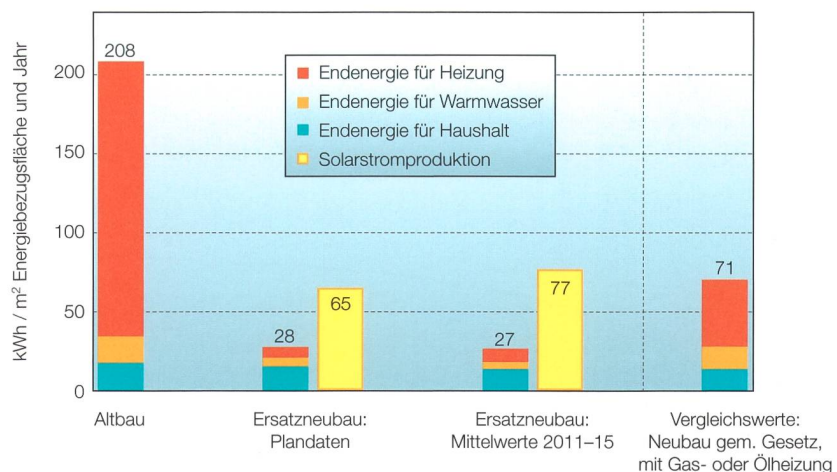


Bild 2 Der Ersatzneubau senkt den Energieverbrauch um 87 % und produziert rund dreimal mehr Solarstrom, als verbraucht wird.

E2 Management Consulting AG

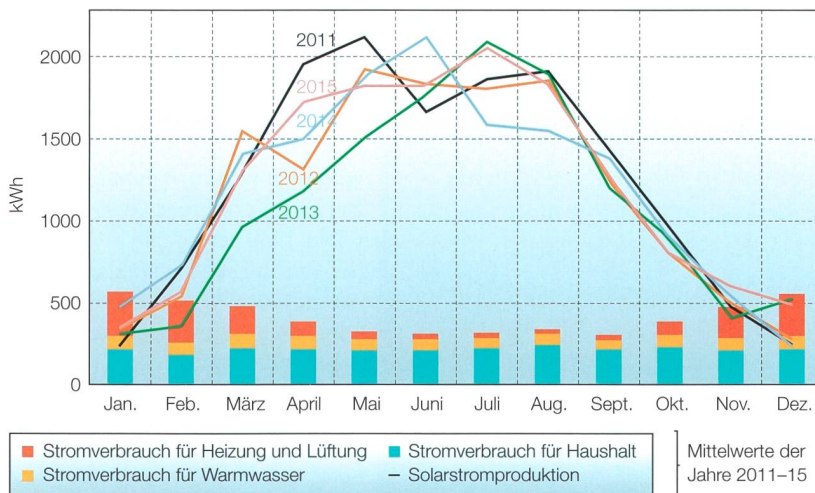


Bild 3 Der Solarstrom des Gebäudes deckt den Eigenverbrauch weitgehend auch in der Heizperiode.

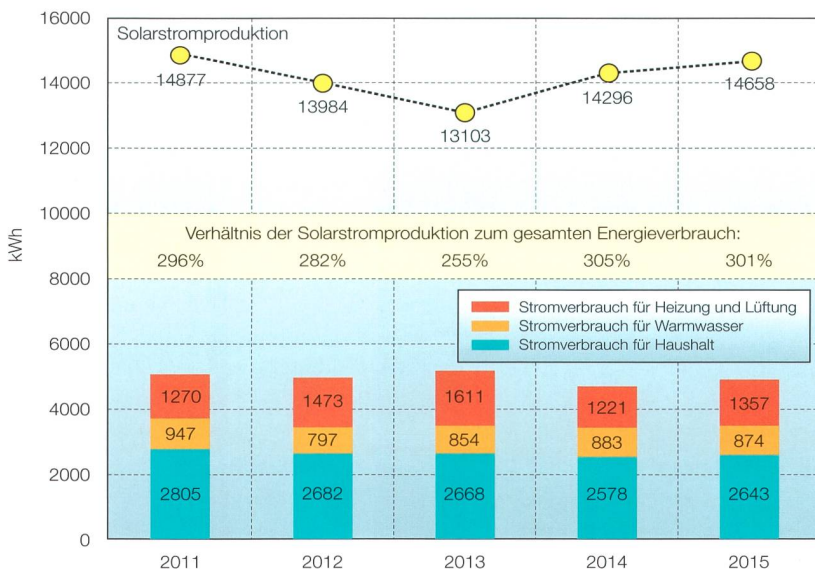


Bild 4 Die Solarstromproduktion des Gebäudes beträgt zwischen 255% und 301% des gesamten Energieverbrauchs.

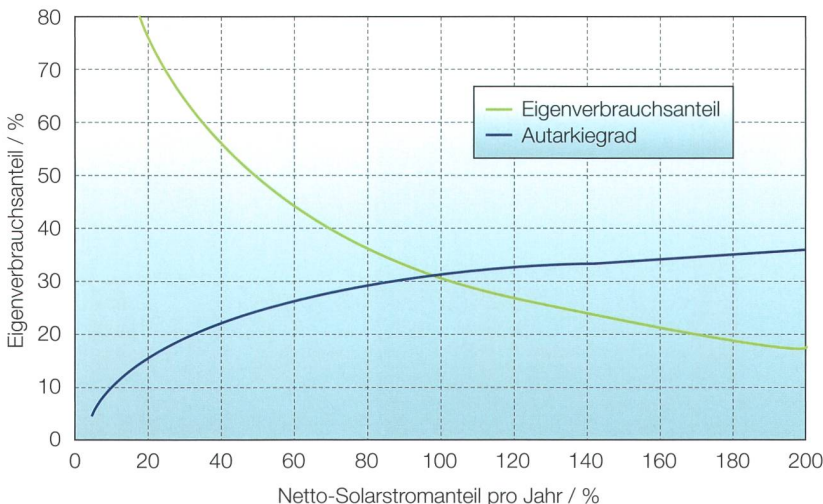


Bild 5 Verlauf des Eigenverbrauchsanteils in Bezug auf den Netto-Solarstromanteil.

rige Baupraxis, welche nur die gesetzlichen Vorgaben einhält, benötigt fast dreimal mehr Energie, als gemäss Baustandard Minergie-P nötig wäre.

Zeitlicher Verlauf

Die monatliche PV-Produktion unterscheidet sich von Jahr zu Jahr, vor allem im Frühjahr. Die Unterschiede in den Wintermonaten hängen wesentlich davon ab, ob und wie lange die PV-Module wegen des Schnees keinen Strom produzieren. Hier stellt sich die Frage, ob generell das Abrutschen des Schnees ermöglicht werden kann oder nicht. Bei Anlagen an Fassaden ist das kein Problem. Im Mittel der Jahre sind es nur die Monate Januar und Dezember, in welchen die Solarstromproduktion den Energieverbrauch des Hauses nicht vollständig, sondern zu 64% resp. zu 60% deckt. Die gute Wärmedämmung und die grosse PV-Fläche ermöglichen, dass die Solarstromproduktion die Energieversorgung des Gebäudes weitgehend auch während der Heizperiode sicherstellt. Stromwirtschaftlich besteht die Herausforderung nicht über ein ganzes Winterhalbjahr, sondern nur in den Monaten Dezember und Januar. Dazu kommt zunehmend die Frage, wie der Sommerstromüberschuss künftig genutzt werden soll. Hierzu sind Lösungen schon eingeführt oder in der Pilotphase. Kurzzeitige Leistungsbegrenzungen sind bei PV-Anlagen technisch einfach realisierbar. Andere Systeme wie «Power to Gas», Wasserstoffproduktion oder grosse thermische Speicher sind erst in der Pilotphase.

Jährliche Produktionsschwankungen

Die jährliche Solarstromproduktion schwankt aufgrund des Wetters um rund $\pm 6\%$. Die Schwankungen von $\pm 5\%$ beim Energieverbrauch beruhen auf unterschiedlich langen Ferienabwesenheiten. Der Heizwärmebedarf kann nicht mit veröffentlichten Werten verglichen werden, weil die vorliegenden Auswertungen jeweils per 31. Dezember abgeschlossen wurden. Andere Werte werden über die Heizperiode von Oktober bis Mai im Folgejahr abgerechnet.

Die Solarstromproduktion beträgt je nach Jahr zwischen 255% und 300% des gesamten Energieverbrauchs im Gebäude, das eine für die Schweiz durchschnittliche Lage und Dachausrichtung hat. Gründe für den hohen Stromüberschuss:

- Baustandard Minergie-P (Passivhausstandard mit guter Wärmedämmung),
- Architektonische Gestaltung mit Maximierung der Dachfläche für PV,

Plusenergiehaus bisher	Der gesamte Elektrizitätsbedarf / Energiebedarf des Gebäudes liegt im Jahresdurchschnitt tiefer, als die vor Ort nachhaltig produzierte Elektrizität.
Plusenergiegebäude (PEG), gemäss neuem Entwurf zum SIA 2031: Energieausweis für Gebäude	Gebäude, das die folgenden Kriterien erfüllt: • Der jährliche Heizwärmebedarf ist niedriger als der Grenzwert Q_{H,i} gemäss SIA 380/1. • Der jährliche Primärenergiebedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasser und installierte Beleuchtung und Geräte, ermittelt nach SIA 380, ist kleiner als der Referenzwert gemäss SIA 380, 5.2.1. • Die gemäss Entwurf SIA 2031 bestimmte Primärenergiekennzahl ist negativ.
Energieautarkes Gebäude, gemäss neuem Entwurf SIA 2031, Energieausweis für Gebäude	Gebäude, welches seinen gesamten energetischen Bedarf jederzeit mittels erneuerbarer Energie innerhalb des Bilanzperimeters nach SIA 380, Ziffer 4.4, deckt.
Eigenverbrauch	Summe der vor Ort ab Eigenproduktion zeitgleich verbrauchten Energie.
Eigenverbrauchsanteil	$= \text{Eigenverbrauch total} / \text{Produktion total}$ Der Eigenverbrauchsanteil beschreibt den Anteil des erzeugten Solarstroms, der entweder zeitgleich durch die Stromverbraucher oder zur Ladung der Batterie genutzt wird.
Netto-Solarstromanteil	$= \text{Produktion total} / \text{Verbrauch total}$
Autarkiegrad	$= \text{Eigenverbrauch total} / \text{Verbrauch total}$ Der Autarkiegrad gibt den Anteil des Stromverbrauchs an, der durch das PV-Speichersystem versorgt wird. Hierzu trägt entweder der zeitgleiche Direktverbrauch des Solarstroms oder die Entladung des Batteriespeichers bei.

Tabelle 1 Rund um Solarhäuser sind in letzter Zeit viele neue Begriffe aufgetaucht, welche unterschiedlich genutzt werden. Einige der hier vorgestellten Definitionen sind noch nicht etabliert und auch in keiner Norm festgelegt.

Gebäude	Einfamilienhaus als Ersatzneubau
Architektur	Bauatelier Metzler GmbH, 8500 Frauenfeld
Technische Planung PV-Anlage	Basler & Hofmann AG, 8032 Zürich
Standort	8700 Küsnacht ZH, 522 m ü. M.
Solarmodule	Monokristalline Si-Solarzellen von Sun Power
Nennleistung bei STC:	13,2 kW
Indachsystem	Solrif von Ernst Schweizer Metallbau, 8908 Hedingen
Wechselrichter	Fronius IG Plus, mit 12 kW AC-Nennleistung
Kalkulierter Energieertrag	12 000 kWh pro Jahr (im ersten Betriebsjahr)

Tabelle 2 Informationen zum Projekt.

■ PV-Module mit hohem Wirkungsgrad.

Bei jedem Ersatzneubau eines Einfamilienhauses kann eine Solarstromproduktion von 200 % bis 300 % des Verbrauchs erreicht werden. Bei Sanierungen und bei Mehrfamilienhäusern liegt die erzielbare Stromproduktion erfahrungsgemäss zwischen 50 % und 200 %.

Dies kann durch energieeffiziente Geräte und v.a. durch minimalen Heizwärmebedarf bei Neubauten und mittels Sanierungen der bestehenden Bausubstanz erzielt werden. Plusenergiebauten haben auch deshalb höchste Priorität, denn sie werden in der Regel im Standard Minergie-P gebaut. Die Zielsetzung «Starke Senkung

des Treibhausgas-Ausstosses in der Schweiz» erfordert, dass nicht-fossile Heizsysteme wie Elektro-Wärmepumpen mit Erdsonden eingesetzt werden. Auch dies wird durch Plusenergiebauten erfüllt. Folglich sind starke Anreize zum Erstellen von Plusenergiebauten sinnvoll und nötig für die Umsetzung der Energiestrategie 2050. Über das laufende Gebäudeprogramm und die neuen Energiestandards der revidierten kantonalen Muster Vorschriften im Energiebereich (Muken), den Minergie- und SIA-Normen sind entsprechende Prozesse im Gang.

Wie es mit Lenkungsmaßnahmen zur PV-Förderung weitergehen soll, ist momentan in Diskussion. Sehr wenige Projekte der KEV-Warteliste erhalten eine Zusage, und für Neuanmeldungen ist die KEV blockiert. Auch die Einmalvergütung ist stark begrenzt und es besteht auch hier eine Wartefrist. Die massiv gesunkenen Kosten für den selber produzierten Solarstrom erlauben oft den rentablen Betrieb von PV-Anlagen für den Eigenverbrauch. Wie **Bild 4** zeigt, ist der Eigenverbrauchsanteil bei Wohnbauten mit kleinen Anlagen deutlich höher. Besonders bei EFH führt das zur unerwünschten Situation, dass nur eine Teilfläche auf dem Dach genutzt wird, statt die gesamte Dachfläche. Wirkungsvolle Lenkungsinstrumente für die Realisierung von Solaranlagen, welche die ganze Dachfläche nutzen, sind unumgänglich. Insbesondere sind die Tarife so zu gestalten, dass sowohl die effiziente Nutzung des Stroms als auch die lokale Produktion von Solarstrom gefördert wird.

Autoren

Daniel Rufer, Dr. sc. techn. ETH, MBA, ist Partner bei der E2 Management Consulting AG.

E2 Management Consulting AG, 8057 Zürich

Peter Toggweiler arbeitet als Senior Experte bei Basler & Hofmann.

Basler & Hofmann AG, 8032 Zürich
peter.toggweiler@baslerhofmann.ch

Diskussion und Ausblick

In der Botschaft des Bundesrates zur Energiestrategie 2050 werden Plusenergiebauten explizit erwähnt, denn sie spielen eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung der Strategie. Die Zielsetzung «Ersatz des Atomstroms mehrheitlich durch Solarstrom» erfordert, dass in den nächsten Jahrzehnten bei möglichst vielen Ersatzneubauten und Neubauten ein Plusenergiebau entsteht. Dazu ist die Energienachfrage in den Monaten Dezember und Januar möglichst niedrig zu halten.

Résumé

Maison individuelle à énergie positive

Expériences et perspectives

À Küsnacht, une maison individuelle jumelée construite dans les années 50 a été remplacée, en 2010, par une nouvelle construction avec une surface au sol et un volume identiques. La rénovation de l'ancien bâtiment devait être écartée pour des raisons d'efficacité énergétique et de bilan écologique. Sur le sous-sol de l'ancienne maison a été construite une maison passive avec installation photovoltaïque et pompe à chaleur géothermique dépassant les exigences du standard Minergie «P-Eco». Il a été constaté que chaque nouvelle construction remplaçant une maison unifamiliale pouvait atteindre une production d'énergie solaire de 200 % à 300 % de la consommation. Pour les assainissements et les immeubles collectifs, l'expérience a prouvé que la production d'électricité réalisable se situe entre 50 % et 200 %.

No