Zum Thema «Nullenergiehaus»: Fachbeitrag über mehrere Projekte

Strom-Ernte am eigenen Gebäude

Null- und Plusenergiegebäude erzeugen – aufs Jahr gesehen – so viel oder mehr Energie, wie ihre Bewohner verbrauchen. Trotzdem benötigen die meisten dieser Gebäude einen Anschluss ans Stromnetz, um überschüssigen Solarstrom ins Netz einzuspeisen (v. a. Sommer/Tag) und bei Bedarf von dort Strom zu beziehen (v. a. Winter/Nacht). Dessen ungeachtet bleibt die Abnabelung vom Stromnetz für viele Solarkraftwerkbetreiber ein Fernziel.

Benedikt Vogel, im Auftrag des BFE

Von Null- oder gar Plusenergiehäusern geht eine grosse Faszination aus. Sie stehen für das Konzept einer Stromversorgung aus dezentral sich selbst versorgenden Einheiten. Bisher wurde diese Idee vorwiegend an Einfamilien- und kleineren Mehrfamilienhäusern erprobt. «Die Idee funktioniert aber bei sehr guter Dämmung auch bei Hochhäusern und Verwaltungsbauten», sagt Monika Hall, Wissenschaftlerin am Institut Energie am Bau der Fachhochschule Nordwestschweiz in Muttenz BL. Hall bezieht ihre Zuversicht aus dem kürzlich abgeschlossenen Projekt «Grenznull». In der Studie hat die Forscherin an vier Modellgebäuden mit einem rechteckigen oder quadratischen Grundriss und zwei bis 40 Stockwerken errechnet, dass der Solarertrag bei vollflächiger Belegung von Dach und Fassade mit PV-Modulen zur Erlangung des Nullenergie-Standards ausreicht.

Je höher, desto schwieriger

Hall hat in ihrer Simulation verschiedene Parameter wie Sonnenscheindauer, Art der Wärmeerzeugung (Gas, Fernwärme, Wärmepumpe), Abstand/Höhe

Mit dem Mehrfamilienhaus am Kirchrainweg in Kriens hat Initiant und Bauherr Markus Portmann Massstäbe beim nachhaltigen Bauen gesetzt. (Foto: Emanuel Ammon)

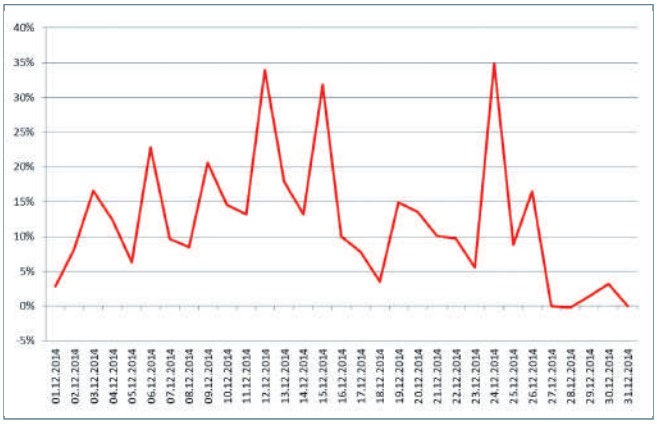
Bei Untersuchungen an diesem «PlusEnergie-Haus mit Elektromobilität» in Rupperswil AG (Setz Architektur) konnte FHNW-Forscherin Monika Hall zeigen, dass sich der Eigenverbrauch am besten steigern lässt, indem der Betrieb der Wärmepumpe in die Tagesstunden verlegt wird. (Foto: IEBau)

In der Jahresbilanz null Energie aus fremden Quellen

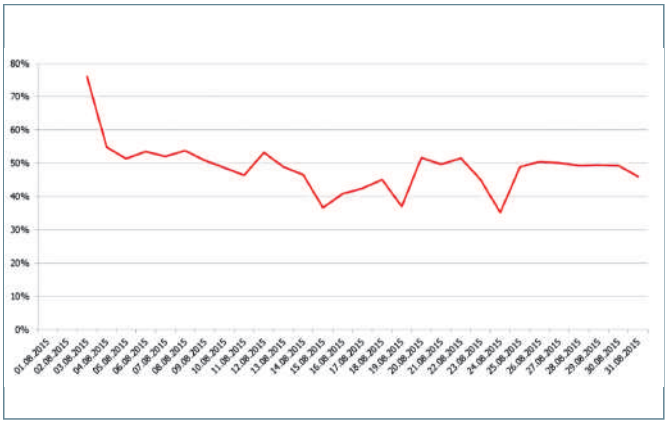
Unter einem «Null- bzw. Plusenergiegebäude» wird in diesem Fachartikel ein Gebäude verstanden, das – auf den Zeitraum eines Jahres betrachtet – mit einer hauseigenen PV-Anlage gleich viel bzw. mehr Strom erzeugt wie im Haus verbraucht werden für Heizung/Kühlung, Warmwasser, Lüftung und Betrieb (Elektrogeräte, Beleuchtung, aber auch Hilfsbetriebe wie z. B. Umwälzpumpen für die Heizung).

Vom «Nullenergiegebäude» ist das «Nullwärmeenergiegebäude» zu unterscheiden: In diesem Fall deckt der hauseigene Solarstrom – wieder aufs Jahr betrachtet – den Verbrauch für Heizung/Kühlung, Warmwasser, Lüftung und Hilfsbetriebe, nicht aber für Elektrogeräte/Beleuchtung.

Gebäude, die nach dem Standard Minergie A zertifiziert sind, sind mindestens Nullwärmeenergiegebäude, können im günstigen Fall aber sogar die Anforderungen an Nullenergiegebäude erfüllen.



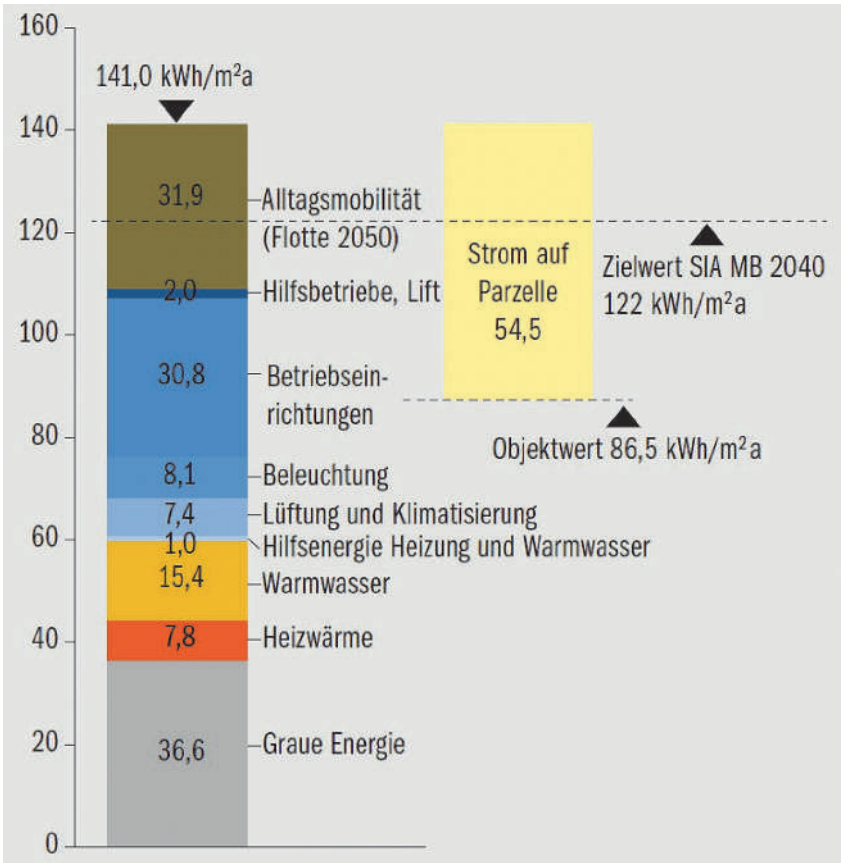
Der Eigenversorgungsgrad des Nullwärmeenergiehauses in Kriens LU schwankt im Winter (hier: Dezember 2014) zwischen 0 und 35 % bei Bilanzierungszeitraum 24 Stunden. (Grafik: e4plus)



Der Eigenversorgungsgrad des Nullwärmeenergiehauses in Kriens LU schwankt im Sommer (hier: August 2015) zwischen 40 bis 60 % bei Bilanzierungszeitraum 24 Stunden. (Grafik: e4plus)

der Nachbarbebauung, Eigenverschattung der Balkone oder Systemwirkungsgrad der PV-Anlage auf ihren Einfluss hin untersucht. Die Berechnungen zeigen: Die Nullenergiebilanz ist mit zunehmender Höhe des Gebäudes immer schwieriger zu erreichen, da Fassaden-Module einen geringeren Solarertrag beisteuern als Dachmodule. «Der Nullenergie-Standard für Gebäude mit den üblichen fünf bis sechs Stockwerken ist aber in vielen Fällen möglich», lautet eine Hauptaussage der Studie.

Für die Erreichung des Nullenergie-Ziels sind in der Planung laut Hall folgende Punkte prioritär: a) sehr hoher Dämmstandard, b) minimale Verbräuche beim Haushaltsstrom durch Einsatz energieeffizienter Geräte, c) Wärmeerzeugung mittels Fernwärme oder Wärmepumpe, d) grosse PV-Flächen mit hohem Systemwirkungsgrad, e) niedrige Verteil- und Speicherverluste für Heizung und Warmwasser. Nur zweite Priorität hat dagegen – weil kaum beeinflussbar und in der Auswirkung gegenüber a) bis d) gering – die Verschattung durch Nachbargebäude. Eher nachrangig sind auch der Einfluss von vorgelagerten Balkonen und die Ausrichtung des Gebäudes (Ost-West versus Nord-Süd). FHNW-Forscherin Hall hat die Werte ihrer Simulation an zwei realen Nullenergiegebäuden (Palazzo Positivo in Chiasso mit 8 Stockwerken und ein Mehrfamilienhaus in Romanshorn mit 6 Stockwerken, sowie an einer dritten Immobilie (Objekt Sihlweidstrasse in Zürich mit 17 Stockwerken) validiert.



Das Merkblatt SIA 2040 «Effizienzpfad Energie» definiert für nachhaltiges Bauen für den Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie einen Zielwert von 122 kWh/m²a (inkl. graue Energie, Mobilität). Das Mehrfamilienhaus in Kriens erreicht bei einem Energieaufwand von 141 kWh/m²a (linke Säule) und einem Energieertrag von 54,5 kWh/m²a (rechte Säule) einen Zielwert von 86,5 kWh/m²a. Damit unterschreitet das Objekt den SIA-Zielwert um fast 30 %. (Grafik: aardeplan)

Eigenverbrauch maximieren

In den vergangenen Jahren hat Monika Hall in zwei weiteren, ebenfalls vom BFE unterstützten Forschungsprojekten untersucht, wie Betreiber von PV-Anlagen ihren Eigenverbrauch maximieren können. Am markantesten kann der Eigenverbrauch beeinflusst werden, indem die Betriebszeit der Wärmepumpe in die Tagesstunden verlegt wird. Das konnte Hall an einem Plusenergiegebäude in Rupperswil AG zeigen. Bei dem Haus entfallen 16% des Stromverbrauchs auf die Wärmepumpe. Indem deren Betrieb auf den Zeitraum 10 bis 19 Uhr eingeschränkt wurde, konnten im Winter 1000 kWh von den Abend- und Nachtstunden in den Tag verlegt, und damit der Eigenversorgungsgrad mit eigenem PV-Strom von 21 % auf 34 % angehoben werden. Und dies ohne grösseren Energiespeicher.

Im Anschlussprojekt untersuchte Hall, wie stark sich die Betriebszeit der Wärmepumpe maximal einschränken liess. ➔

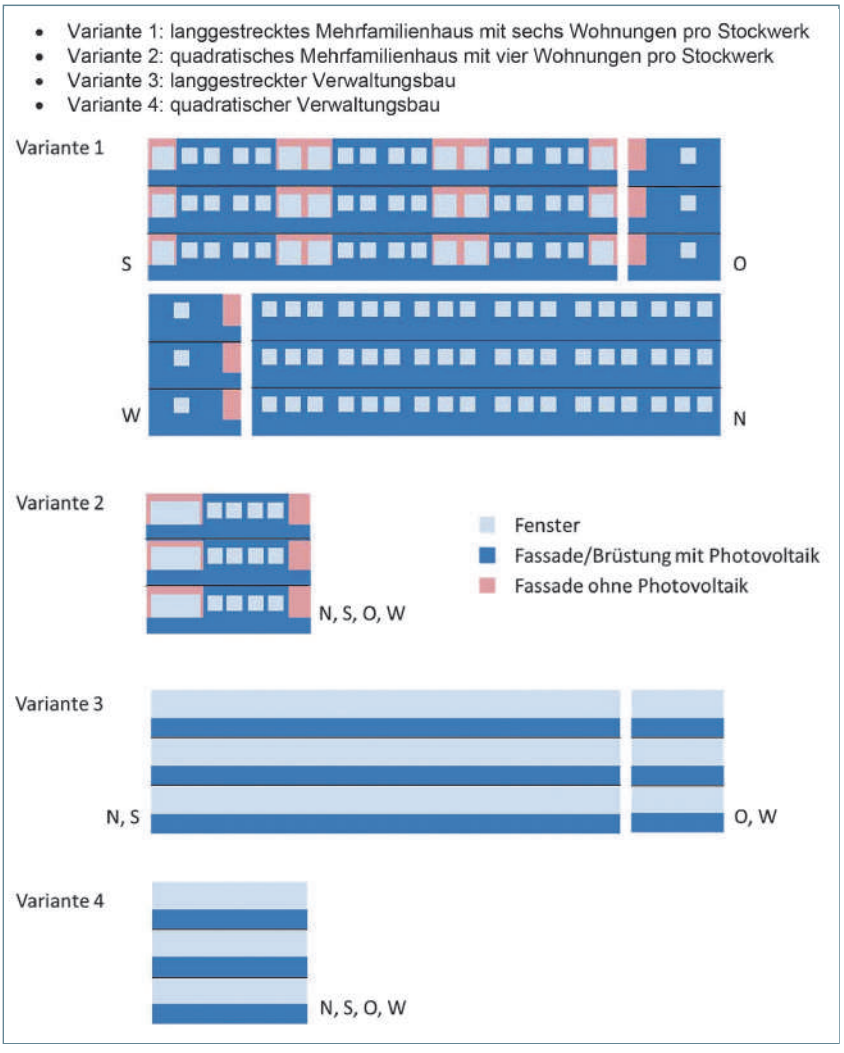
FHNW-Forscherin Monika Hall hat ihre Simulation unter anderem an diesem Hochhaus validiert: Der Palazzo Positivo in Chiasso erreicht mit einem Solarertrag von 71 100 kWh/a (Photovoltaik und thermische Solarkollektoren) eine Eigenversorgung von 114 %. (Foto: Josias Gasser Baumaterialien AG)

Mehrfamilienhaus an der Sihlweidstrasse in Zürich, das von Harder Haas Architekten saniert wurde. (Foto: Gataric)

Wurde das Zeitfenster für den Betrieb auf weniger als sieben Stunden verkürzt, wurde das Haus nicht mehr ausreichend beheizt. Für Holzbauten (Leichtbauweise) sind solche kurzen Wärmepumpen-Betriebszeiten ungeeignet, weil diese Gebäude zu wenig Wärmespeicherfähigkeit haben, wie Hall feststellte. Eine interessante Beobachtung am Rande: Obwohl die in der SIA-Norm 180 bzw. in DIN SN ISO 7730 für die Komfortklasse B festgeschriebene Mindesttemperatur (20 °C), die den Komfort der Bewohner sicherstellen soll, bisweilen nicht mehr erreicht wurde (Unterschreitung von max. 1 Grad während einiger Stunden), gab es von den Mietern keine Beschwerden. Aus diesem Umstand folgert Monika Hall: «Wir sollten die in den Komfortanforderungen festgeschriebenen Mindesttemperaturen zumindest punktuell unterschreiten können. Damit würde man Wärmepumpen flexibler betreiben können, also noch mehr in jenen Stunden, wenn PV-Strom zur Verfügung steht und direkt genutzt werden kann.»

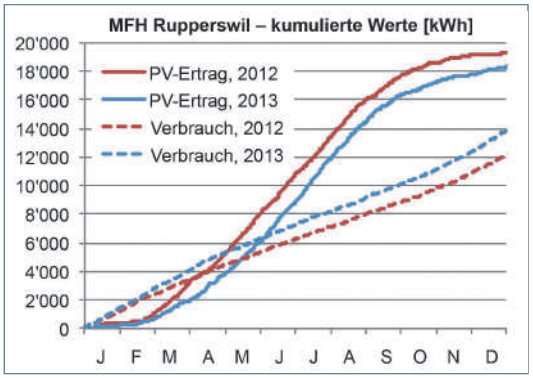
Eigenen PV-Strom konsequent nutzen

Die Wärmepumpe als Schlüssel zu einer Maximierung des Eigenverbrauchs von Solarstrom – zu diesem Schluss gelangt auch ein vom BFE und dem Kanton Luzern unterstütztes Pilot- und Demonstrationsprojekt in Kriens LU. Dort deckt ein nach dem Minergie-A-Eco zertifiziertes Haus mit fünf Wohnungen und zwei Gewerbeeinheiten mit einer PV-Anlage (29.8 kWp) 80 % des Elektrizitätsverbrauchs für Heizung, Warmwasser, Wohnraumlüftung, Allgemeinstrom und gesamten Stromverbrauch der Nutzer (auf Jahresbasis bilanziert). Der im Frühsommer 2013 bezogene Neubau ist mit einem intelligenten Gebäudemanagementsystem (KNX-Steuerung) ausgerüstet. Dieses regelt die Betriebszeiten der Luft-Wasser-Wärmepumpe sowie ausgewählte Haushaltsgeräte in den Wohnungen (Waschmaschine, Tumbler, Geschirrspüler) so, dass der Eigenverbrauch des PV-Stroms maximiert wird. Waren früher für PV-Anlagen Eigenversorgungsgrade von 25 % typisch, erreichten diese in Kriens nun im Sommer zwischen 40 % (bedecktes Wetter) und maximal 60 % (Sonnenschein), in den

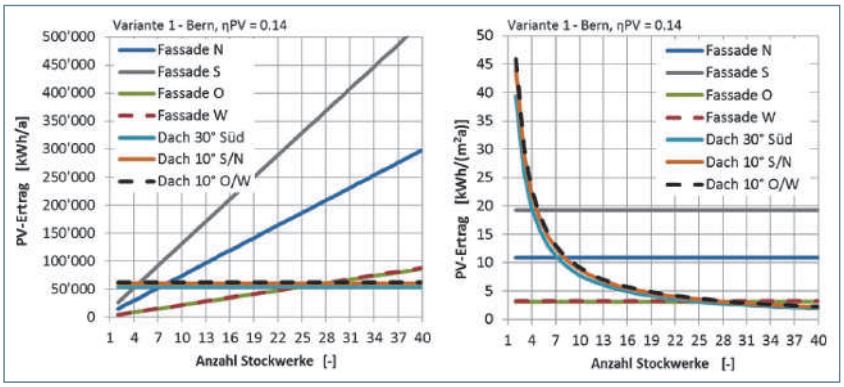


Schematische Darstellung der Fassadenansichten der vier Varianten. (Grafik: Hall/FHNW)

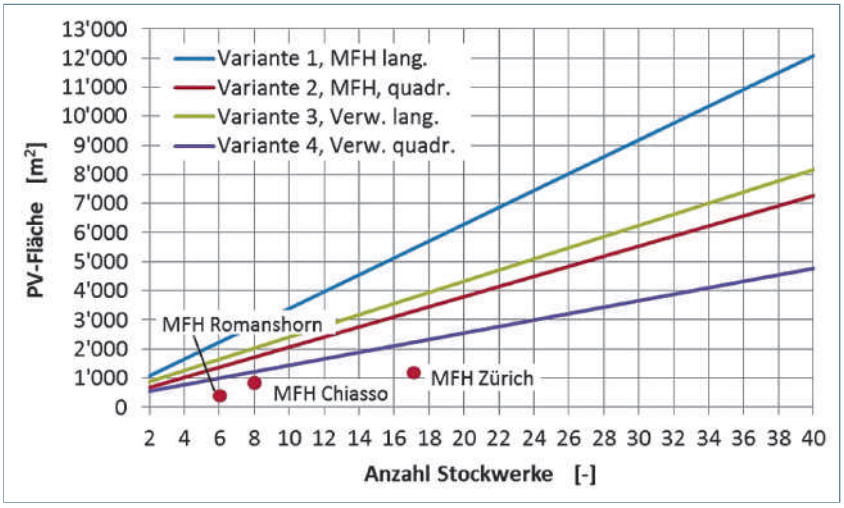
Wintermonaten zwischen 0 % (schneebedeckte PV-Module) und 35 % (Sonnenschein), bilanziert jeweils über einen Zeitraum von 24 Stunden.
So das Ergebnis der zweijährigen Messkampagne von Mitte 2013 bis Mitte 2015. «Die Auswertungen zeigen, dass der Eigenverbrauch deutlich gesteigert werden kann, ohne dass die Bewohner dadurch im Komfort beeinträchtigt werden», hält der kürzlich veröffentlichte Schlussbericht fest. Der grösste Beitrag zur Steigerung des Eigenverbrauchs stammt von der Wärmepumpe: Sie heizt das Gebäude tagsüber, wenn PV-Strom zur Verfügung steht, läuft dann in der sonnenarmen Zeit dank der Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes auf Minimalbetrieb. Die zeitliche Abstimmung der Wärmepumpe auf die PV-Anlage lohnt sich. Weniger günstig ist die Bilanz bei den elektrischen Haushaltsgeräten, die zur höchsten Effizienzklasse gehören und einen entsprechend geringen Strombedarf haben: «Der Aufwand für die Einbindung steht in keinem Verhältnis zur Einsparung», stellt der Schlussbericht nüchtern fest. ■



Das Plusenergiehaus in Rupperswil AG produziert über das Jahr hinweg mit der PV-Anlage mehr Strom als von seinen Bewohnern verbraucht wird. Die Grafik bezieht sich auf den zweijährigen Untersuchungszeitraum 2012 und 2013. (Grafik: Hall/FHNW)



PV-Ertrag für ein Hochhaus mit dem Grundriss eines langgestreckten Rechtecks (links: PV-Ertrag pro Jahr; rechts: PV-Ertrag pro Quadratmeter Energiebezugsfläche). Die Grafik rechts macht deutlich, dass der PV-Ertrag des Dachs mit zunehmender Höhe des Gebäudes an Bedeutung verliert. (Grafik: Hall/FHNW)



FHNW-Forscherin Monika Hall hat in ihrer Simulation vier Gebäudetypen untersucht (vgl. auch Schema Fassadenansichten): Mehrfamilienhäuser und Verwaltungsgebäude, je mit einem langgestreckten oder quadratischen Grundriss. Alle Gebäude sind auf dem Dach und an den Fassaden komplett mit PV-Modulen belegt. Die Grafik zeigt für die vier Gebäudetypen die Grösse der PV-Fläche in Abhängigkeit von der Anzahl Stockwerke. Zum Vergleich drei grosse/hohe Gebäude mit starker PV-Nutzung in Romanshorn, Chiasso und Zürich. (Grafik: Hall/FHNW)

Weitere Informationen zu den Forschungsprojekten des Instituts Energie am Bau der FHNW unter: www.fhnw.ch/habg/iebau

Den Schlussbericht zum Projekt «Grenznull» der FHNW findet man unter: www.bfe.admin.ch/forschunggebaeude/02107/02134/index.html?lang=de&dossier_id=06530

Schlussbericht zum Krienser Projekt (Plusenergie-Mehrfamilienhaus mit produktionsoptimiertem Verbrauch): www.bfe.admin.ch/forschunggebaeude/02107/02139/index.html?lang=de&dossier_id=05812

Datenbank mit Plusenergiegebäuden: www.energie-cluster.ch/peg-datenbank

Weitere Auskünfte zu den Projekten erteilt Rolf Moser (moser@enerconom.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte: www.bfe.admin.ch/CT/gebaeude.

Siehe auch Artikel zu «Netto-Nullenergiegebäuden» (nZEB) in HK-Gebäudetechnik Extra 7/16, S. 26–30.