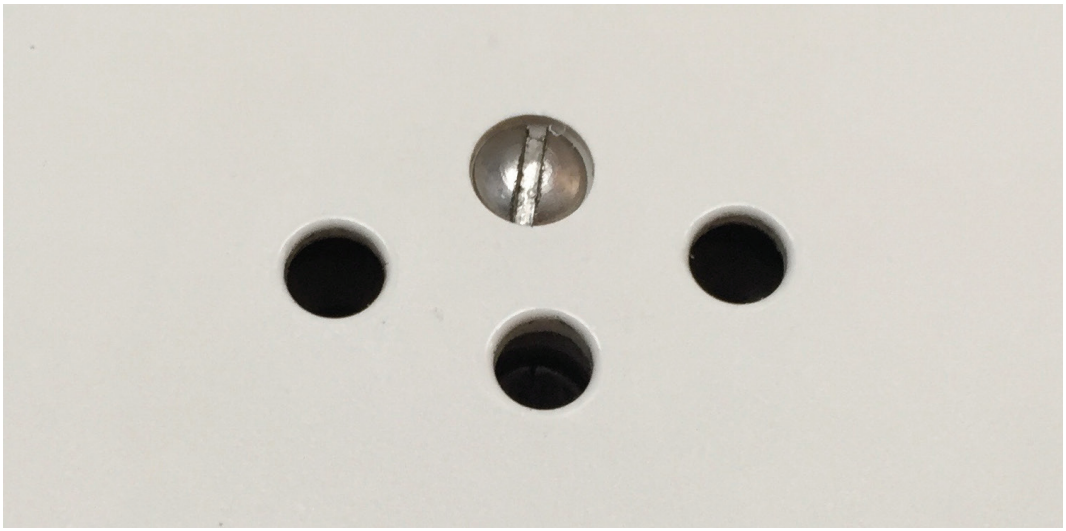
Strom aus eigener Herstellung

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 und bei Bedarf von dort Strom zu beziehen. Dessen ungeachtet bleibt die Abnabelung vom Stromnetz für viele Solarkraftwerkbetreiber ein Fernziel.



Null- und Plusenergiegebäude produzieren den Strom, der aus der Steckdose kommt, selber – so zumindest die Grundidee. Foto: B. Vogel

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Eine Errungenschaft des 20. Jahrhunderts war, dass praktisch jedes Haus ans Stromnetz kam. Im 21. Jahrhundert könnte die Errungenschaft darin bestehen, wieder ohne Netzanschluss auszukommen. Denn die dezentrale Stromproduktion mit Photovoltaik (PV) und grosse Fortschritte bei der Wärmedämmung von Gebäuden haben die Vision eines energetisch autarken Gebäudes in greifbare Nähe rücken lassen. In Brütten (ZH) wird die Vision zur Zeit sogar schon Realität: Dort erstellt der Energiepionier Walter Schmid ein Mehrfamilienhaus, das keinen Anschluss ans Strom- und Gasnetz mehr hat. Das Haus deckt seinen Energiebedarf dank PV-Modulen und saisonalen Speichern jederzeit selber.

Die energetisch autarke Liegenschaft in Brütten ist heute noch eine absolute Ausnahme. Im Gegensatz zu diesem Vorzeigeprojekt verfügen andere Null- und Plusenergiegebäude nach wie vor über einen Anschluss ans Stromnetz und könnten die Autarkie nur mit einem grossen zusätzlichen Aufwand erreichen. Zwar produzieren diese Häuser mit der eigenen PV-Anlage übers Jahr hinweg so viel oder mehr Strom, wie die Bewohner für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Elektrogeräte/Beleuchtung verbrauchen. Trotzdem benötigen sei den Netzanschluss. Um überschüssigen Strom einspeisen und bei ungenügendem

Fachbeitrag zu den Erkenntnissen aus zwei Forschungsprojekten und einem P+D-Projekt im Bereich Gebäude und Städte, die vom Bundesamt für Energie finanziell unterstützt wurden. Der Beitrag wurde unter anderem im Fachmagazin TEC 21 (Ausgabe 16/2016) publiziert.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

Solarertrag Strom aus dem Netz beziehen zu können, stehen sie in einem regen Austausch mit dem Stromnetz.

Grosse Null- und Plusenergiebauten

Mit oder ohne Netzanschluss: Von Null- oder gar Plusenergiehäusern geht eine grosse Faszination aus. Sie stehen für das Konzept einer Stromversorgung aus dezentral sich selbst versorgen 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 Dr. 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.

Hall hat in ihrer Simulation verschiedene Parameter wie Sonnenscheindauer, Art der Wärmeerzeugung (Gas, Fernwärme, Wärmepumpe), Abstand/Höhe 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. Und: „Ohne eine gute Planung, einen sehr effizienten Betrieb und grosse PV-Flächen mit einem hohen PV-Ertrag wird die Realisierung von grossen Nullenergiegebäuden schwierig.“

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/8 Stockwerke und ein Mehrfamilienhaus in Romanshorn/6 Stockwerke) sowie an einer dritten Immobilie (Objekt Sihlweidstrasse in Zürich/17 Stockwerke) validiert.

Dr. Monika Hall (FHNW) hat in einer Studie gezeigt, dass auch Nullenergiegebäude im grossen Massstab realisierbar sind. Foto: Geissler/Tuchschmid

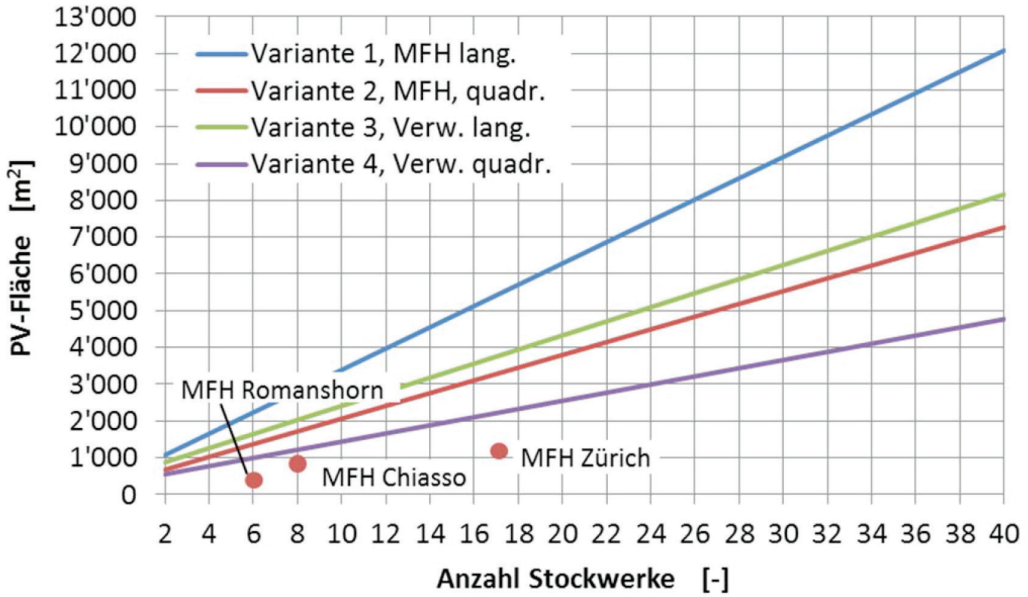
Eigenverbrauch maximieren

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 kann, 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 - 19 Uhr eingeschränkt wurde, konnten im Winter 1000 kWh von den Abend- und Nachtstunden in den Tag verlegt und damit der Eigenversorgungsgrad mit ei-

FHNW-Forscherin Dr. Monika Hall hat ihre Simulation an drei Gebäuden validiert, die grossflächig Photovoltaik zur Stromerzeugung einsetzen: Palazzo Positivo in Chiasso (l.), Mehrfamilienhaus in Romanshorn (M.), Hochhaus an der Sihlweidstrasse in Zürich (r.). Fotos: Josias Gasser Baumaterialien AG/Viridén + Partner AG, Zürich/Gataric

genem PV-Strom von 21% auf 34% angehoben werden (und dies ohne Einbau eines grösseren Energiespeichers).

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



Dr. Monika Hall hat in ihrer Simulation vier Gebäudetypen untersucht: Mehrfamilienhäuser mit langgestrecktem oder quadratischem Grundriss sowie Verwaltungsgebäude mit einem langgestreckten oder quadratischen Grundriss. Alle Gebäude sind auf dem Dach und 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 Gebäude mit starker PV-Nutzung in Romanshorn, Chiasso und Zürich. Grafik: Hall/FHNW

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:

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

„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 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.

Quartierweit denken

Markus Portmann, Inhaber des Energieberatungsbüros e4plus AG, hat mit dem Krieser Projekt Massstäbe beim nachhaltigen Bauen gesetzt, unter anderem durch konsequente Nutzung regionaler Rohstoffe wie der Luzerner Weisstanne. Mit 86,5 kWh/m^{2}a liegt der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie um 30% unter dem Zielwert nach Merkblatt SIA 2040 „Effizienzpfad Energie".

Portmann musste im Zuge des Projekts grosse und kleine Hürden überwinden. Hartnäckige Verhandlungen mit dem lokalen Stromversorger waren nötig, um die Wärmepumpe in den Mittagsstunden mit eigenen PV-Strom betreiben zu dürfen (das Elektrizitätswerk sperrt Wärmepumpen gewöhnlich mit einem Rundsteuersignal, um die Mittagsspitze zu brechen). „Völlig unbefriedigend" war für Portmann die Effizienz der eingesetzten Wärmepumpe (JAZ bei lediglich 2.2 bis 2.5 in den Sommermonaten). Portmanns Fazit: „Einstufige Wärmepumpen eignen sich für diese Betriebsart aus unserer Sicht nicht. Es sollten entweder Inverter-Anlagen oder mindestens zweistufige Geräte eingesetzt werden."

Markus Portmann fühlt sich durch die technologische Entwicklung der letzten Jahre bestätigt. Die Steuerung der Wärmepumpe, die er in seinem Projekt pionierhaft ausprobiert hat, ist heute vielerorts technischer Standard. Auch ist der Eigenverbrauch von Solarstrom seit April 2014 gesetzlich anerkannt. Allerdings begegnet Markus Portmann der Idee des energieautarken Nullenergiehauses doch mit einer Portion Skepsis. „Viele Gebäude produzieren temporär Überschüsse. Will man nicht zu wenig nachhaltigen Batterien Zuflucht nehmen, sollten diese Überschüsse in Nachbargebäuden genutzt werden. Deshalb ist es sinnvoller, die Maximierung des PV-Eigenverbrauchs nicht für das einzelne Gebäude, sondern auf Quartierebene anzustreben."

- Weitere Informationen zu den Forschungsprojekten des Instituts Energie am Bau der FHNW unter: www.fhnw.ch/habg/iebau
- Schlussbericht zum Projekt 'Grenznull' der FHNW unter: http://www.bfe.admin.ch/forschunggebaeude/02107/02134/index.html?lang=de&dossier_id=06530
- Den Schlussbericht zum Krienser Projekt ('Plusenergie-Mehrfamilienhaus mit produktionsoptimiertem Verbrauch') finden Sie unter: http://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[at]enerconom.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte.
- Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte unter: www.bfe.admin.ch/CT/gebaeude

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

Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH- 3063 Ittigen, Postadresse: CH-3003 Bern
Telefon +41 (0)58 462 56 11, Fax +41 (0)58 463 25 00
cleantech@bfe.admin.ch, www.bfe.admin.ch

04/2016