

## Im Winter fehlt der Strom – wie gross ist das Potenzial des Solarstroms?

Ohne Photovoltaik keine Energiewende. Aber wie viel Solarstrom kann man auf Gebäudedächern überhaupt erzeugen? Eine Studie der ETH Lausanne widerspricht dem Bundesrat.

Andreas Hirstein und Paul W. Gilgen 04.07.2020, 17.30 Uhr

.Aus der Kernenergie aussteigen und gleichzeitig bis 2050 die CO<sub>2</sub>-Emission des Landes auf null reduzieren. Das ist das offizielle Ziel der schweizerischen Energie- und Klimapolitik. Ob man es erreichen kann, ist allerdings heftig umstritten.

Konsens über die politischen Lager hinweg besteht eigentlich nur in einem Punkt: Von allen erneuerbaren Energien kann nur die Photovoltaik die Kernkraftwerke ersetzen. Die Wasserkraft lässt sich kaum mehr ausbauen, die Windkraft scheitert im Inland an Einsparungen und hat im vergangenen Jahr bescheidene 150 Gigawattstunden Strom geliefert, ein Bruchteil der ursprünglichen Pläne. Und die tiefe Geothermie hat bisher vor allem durch Erdbeben von sich reden gemacht.

Die Photovoltaik muss also zum Rückgrat der zukünftigen schweizerischen Stromversorgung werden. Aber auch ihr Ausbau verläuft, gemessen an den politischen Wunschvorstellungen, zu langsam.

Denn während Kernkraftwerke vom Netz gehen, treiben Elektroautos und elektrische Wärmepumpen den Stromverbrauch in die Höhe. An die Buchstaben des Energiegesetzes, das bis 2035 eine Reduktion des Stromverbrauchs um 13 Prozent pro Person verlangt, wird sich der Strommarkt jedenfalls nicht halten.

Welche Energiemengen Solarzellen auf Schweizer Hausdächern produzieren können, ist indessen noch genauso offen wie die Frage, ob das Stromnetz mit den enormen Stromspitzen zur Mittagszeit im Sommer überhaupt zurechtkommen kann und wie teuer der Ausbau der Netze sein wird.

Zu den Optimisten zählt das Bundesamt für Energie (BFE). Rund 50 Terawattstunden (TWh) Strom könnten auf Schweizer Hausdächern erzeugt werden, teilte das Amt per Medienmitteilung vor zwei Jahren mit. Das wäre doppelt so viel wie die Schweizer Kernkraftwerke im letzten Jahr produzierten. Die Energiewende in ihrem Lauf halten weder Ochs noch Esel auf, soll das wohl heissen. Und falls doch, kann man Solarzellen auch an Fassaden schrauben, in Strassenbeläge einlassen und auf Weideflächen in den Alpen installieren - genug Platz für eine energieautarke Schweiz.

Dieselbe Position vertritt Roger Nordmann, seit 2004 SP-Nationalrat und heute Fraktionschef seiner Partei. In seinem Buch «Sonne für den Klimaschutz» beziffert er das wirtschaftlich «nutzbare» Potenzial auf Gebäudedächern mit 49,1 TWh. Als Quelle beruft sich Nordmann auf den Bericht [«Das Schweizer PV-Potenzial basierend auf jedem Gebäude»](#) des Berner

Ingenieurbüros Meteotest. Auf die gleiche Arbeit verweist auch das BFE, wenn man nach den wissenschaftlichen Grundlagen seiner Medienmitteilung fragt.

Es handelt sich um einen sechsseitigen Bericht, der in keiner wissenschaftlichen Zeitschrift publiziert wurde und der nicht von unabhängigen Experten begutachtet worden ist, wie der Erstautor Jan Remund bestätigt. Zu den beiden Co-Autoren zählt David Stichelberger, der Geschäftsführer des Lobbyverbands Swissolar. Dessen Präsident wiederum ist Roger Nordmann.

Die von Meteotest geschätzten rund 50 TWh Solarstrom müssen deswegen nicht falsch sein. Sie liegen aber deutlich über den Werten aus anderen Studien, die sich teilweise anderer Berechnungsmethoden bedienen. Meteotest stützt sich auf einen detaillierten Solarkataster, der die Grösse, Orientierung und Sonneneinstrahlung auf sämtlichen Dachflächen in der Schweiz umfasst. Das sind fast 10 Millionen Flächenelemente, ein Detaillierungsgrad, der weltweit vermutlich einzigartig ist.

Auch Alina Walch von der ETH Lausanne (EPFL) nutzt diesen Solarkataster. Für das Solarstrompotenzial kommt sie aber zu einem anderen Ergebnis. Die Wissenschaftlerin ist Doktorandin in der Gruppe von Jean-Louis Scartezzini und hat Anfang des Jahres eine eigene Analyse in der Wissenschaftszeitschrift [«Applied Energy»](#) veröffentlicht. Die EPFL-Forscher schätzen das schweizerische Solarstrom-Potenzial auf Gebäudedächern auf 24 TWh, halb so hoch wie Roger Nordmann und das BFE.

Walch berücksichtigt in ihrer Untersuchung nicht nur die Grösse und räumliche Ausrichtung jeder der rund 10 Millionen Dachflächen, sondern auch ihre genaue Form. «Auf sehr engen Dachsektoren mit einer Breite unter einem Meter installiert man zum Beispiel keine Solarmodule», sagt Alina Walch. Verschattungen durch Kamine und Dachaufbauten sind weitere Faktoren, die eine Photovoltaik-Anlage unwirtschaftlich machen. Entsprechende Dächer müssen in einer realistischen Potenzialberechnung daher ausgeschlossen werden.

Exakt funktioniert das derzeit nur im Kanton Genf, weil nur dort die entsprechend genauen Gebäudedaten vorliegen. Walch und ihre Kollegen nutzen deshalb Algorithmen des maschinellen Lernens, um die Genfer Werte auf Gebäude in anderen Kantonen mit vergleichbarer Grösse und Dachform zu übertragen. Frei von Fehlern sind solche Verfahren nicht, aber das gilt grundsätzlich für jede Potenzialabschätzung: Wie viel Strom man auf einem Dach erzeugen kann, weiss man erst, wenn die Anlage gebaut ist.

Immerhin ist die EPFL-Studie derzeit die einzige, die alle potenziellen Unsicherheitsquellen der Analyse ausweist: Das tatsächliche Solarstrompotenzial könnte von den 24 TWh demnach um  $\pm 9$  TWh abweichen.

Jan Remund von Meteotest hält die EPFL-Schätzung für «eher zu negativ», seine eigene Arbeit für «eher zu positiv». Walch und ihre Kollegen berücksichtigten zum Beispiel nicht, dass eine Photovoltaikanlage auch auf nördlich ausgerichteten Dächern wirtschaftlich sein könne, solange deren Neigung weniger als 20 Grad betrage. In der mittelfristigen Schätzung lägen beide Studien eng beieinander. «In 10 bis 20 Jahren rechnen wir ebenfalls mit einem Potenzial auf Gebäuden, das eher bei 25 als bei 50 TWh liegen dürfte», sagt Remund, der bis vor kurzem auch Co-Präsident der Grünen im Kanton Bern war.

Das Bundesamt für Energie hält die EPFL-Studie für zu pessimistisch, wie die Mediensprecherin Marianne Zünd mitteilt. Der Algorithmus filtere sehr viele Dächer heraus, die er für zu klein oder zu inhomogen hält. Längerfristig werde es durch technische Fortschritte möglich, auch solche Flächen wirtschaftlich zu nutzen.

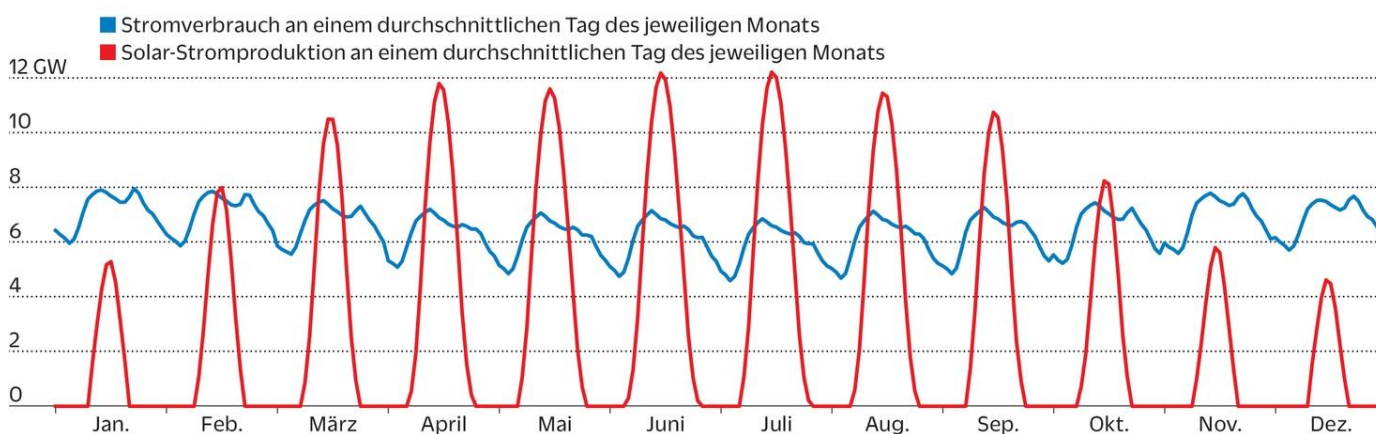
Ihre Annahmen seien eher konservativ, sagt Alina Walch. «Wenn man zum Beispiel auf Flachdächern den Abstand zwischen den Solarmodulen verkleinern würde, könnte man schweizweit 3 bis 5 TWh mehr Strom erzeugen», sagt sie. Wichtiger als der Gesamtertrag sei ohnehin etwas anderes: Welche Dächer genau sind am besten geeignet und sollten als erste

genutzt werden? Ihre Analyse zeigt zum Beispiel, dass dies vor allem die grossen Flachdächer sind. «Wenn man rund 11 Prozent der besten Dächer nutzt, schöpft man bereits 50 Prozent des Gesamtpotenzials aus», sagt Walch.

Der Blick auf jährliche Produktionsmengen, wie er im Buch von Nordmann vorherrscht, führt ohnehin in die Irre. Eine ebenso grosse Herausforderung ist es, die Stromproduktion und den Verbrauch jederzeit aufeinander abzustimmen. Solarzellen erzeugen Strom nur, wenn die Sonne scheint. Nachts oder bei bewölktem Himmel liefern sie keine oder wenig Energie. Durchschnittlich erreichen sie in der Schweiz daher nur rund 900 Volllaststunden in den insgesamt 8760 Stunden eines Jahres. Bei Kernkraftwerken liegt dieser Wert bei 8000 Stunden. Das bedeutet: Die Photovoltaik produziert die meiste Zeit nur wenig Strom und in wenigen Stunden sehr hohe Stromspitzen.

## Zu wenig Elektrizität im Winter, zu viel im Sommer

### Stromverbrauch und Stromproduktion mit Solarzellen



Quelle: «Applied Energy», Bd. 262 (2020)

Wollte man in den nur 900 Stunden 50 TWh Solarstrom auf Schweizer Dächern erzeugen, müsste das Stromnetz im Sommer mit gigantischen Stromspitzen zur Mittagszeit zurechtkommen. Rund 30 Gigawatt Leistung würden dann an einem schweizweit wolkenlosen Tag in das Netz gepumpt.

Über die Kosten des Netzausbaus verliert die Photovoltaik-Branche aber selten ein Wort. Lieber schwärmt sie von den fallenden Preisen für Solarmodule. Dabei ist die Internalisierung der Kosten eigentlich der wichtigste Imperativ der Umweltökonomie und der eigentliche Grund, warum man die Wirtschaft dekarbonisieren will: um die Kosten der Klimaerwärmung zu begrenzen.

## Zu kleine Pumpspeicher

Ein weiteres Problem: Kein Verbraucher im In- und Ausland würde die zu den mittäglichen Spitzenzeiten produzierte Energie abnehmen. Elektrische Energiespeicher wird es in dieser Grössenordnung ebenfalls nicht geben. Die Schweizer Pumpspeicher können nach ihrem geplanten Ausbau nur maximal 4 Gigawatt aufnehmen.

Wie gross die Herausforderung selbst bei einer Solarstromproduktion von jährlich 25 TWh wäre, zeigt eine Berechnung des Forschungsinstituts Empa in Dübendorf. In ihrem Szenario gehen Urs Elber und seine Kollegen davon aus, dass elektrische Wärmepumpen 80 Prozent des Wärmebedarfs von Gebäuden bereitstellen und Batterieautos 20 Prozent des gesamten Strassenverkehrs abwickeln (Personen und Güter). Verglichen mit dem Ziel einer vollständigen Dekarbonisierung der Schweiz, ist dieses 25-TWh-Szenario also durchaus bescheiden.

Trotzdem resultiert aus diesen konservativen Annahmen ohne zusätzliche Effizienzmassnahmen im Gebäudebereich (Dämmung) und im Stromverbrauch ein jährliches Stromdefizit von 16 TWh, das durch Stromimporte kompensiert werden müsste. Und dabei ist sogar noch vorausgesetzt, dass man kurzzeitige Stromüberschüsse, die auch in diesem Szenario noch auftreten, vollständig zwischenspeichern könnte, eine nur theoretische Option. Denn konkret ginge es um einen Leistungsüberschuss - mittags im Sommer - von bis zu 15 Gigawatt, was die Pumpspeicher in der Realität ebenfalls überfordern würde.

## Weniger rentabel

Als Ausweg bliebe nur noch, die grössten Stromspitzen nicht in das Netz zu speisen, die Solarzellen also abzuregeln. Wegen der fehlenden Speicher müsste dann in den Wintermonaten mehr Strom importiert werden.

Die Exportfähigkeit der Nachbarländer nimmt zukünftig jedoch ab, schreibt die eidgenössische Elektrizitätskommission (Elcom) in einem Grundlagenpapier vom Februar dieses Jahres. Überall in Europa werde die steuerbare Stromproduktion durch die fluktuierende Erzeugung aus Wind- und Sonnenkraft ersetzt.

Sinken würde durch das Abregeln die Rentabilität der Photovoltaikanlagen, steigen dagegen der Treibhausgasausstoss, weil der aus Europa importierte Strom wegen der dort noch vorhandenen Kohlekraftwerke eine höhere CO<sub>2</sub>-Last trägt als der heutige Schweizer Strommix. Die Treibhausgasemission aus der Herstellung der Solarzellen würde sich zudem auf eine geringere Zahl von produzierten Kilowattstunden verteilen.

Die Elcom plädiert daher für eine gezielte Steigerung der Winterproduktion aus erneuerbaren Energien. Peter Richner, der stellvertretende Direktor der Empa, sieht es ähnlich. Daneben werde es auch Möglichkeiten der saisonalen Speicherung von Energie brauchen, um Überschüsse aus dem Sommer in den Winter zu transferieren. «Im Sommer müssen wir Wärme unterirdisch in Erdsondenfeldern speichern, um sie im Winter mit Wärmepumpen zu nutzen», sagt er.

Und was machen wir mit dem überschüssigen Solarstrom? «Wir müssen überschüssigen Solarstrom nutzen, um durch die Elektrolyse von Wassermolekülen Wasserstoff und zusammen mit CO<sub>2</sub> aus der Luft synthetisches Methan herzustellen», sagt Richner. Das auf diese Weise hergestellte Gas liesse sich auch über Monate hinweg speichern.

Ohne die Photovoltaik liessen sich die Ziele der Energiepolitik nicht erreichen. In Anbetracht ihres gegenwärtig noch bescheidenen Beitrags zur Stromversorgung der Schweiz von rund 2 TWh sei die Schweiz noch weit entfernt von den zu erwartenden Netzproblemen, die in einem Szenario einer Jahresproduktion von 25 oder 50 TWh unvermeidlich werden.