

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 138 (2012)  
**Heft:** 45: Solarstrom im Aufwind

**Artikel:** Solarstrom : fördern und fordern  
**Autor:** Denzler, Lukas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-309438>

#### **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:** 15.02.2026

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

# SOLARSTROM: FÖRDERN UND FORDERN

In die Photovoltaik werden grosse Hoffnungen gesetzt. Die Kosten für Solarstrom sind in den letzten vier Jahren massiv gesunken. Derzeit stammen etwas mehr als 0.3 TWh Strom aus Photovoltaikanlagen (0.5 % des Stromendverbrauchs). In seiner Energiestrategie 2050 hält der Bundesrat bis 2050 eine jährliche Produktion von mehr als 11 TWh Solarstrom für möglich. Das entspräche 19 % des heutigen Stromendverbrauchs. Wie rasch die Photovoltaik ausgebaut und wie sie gefördert werden soll, dazu gibt es jedoch unterschiedliche Ansichten.

«*It always seems impossible until it's done.*» An der Klimakonferenz im südafrikanischen Durban im Dezember 2011 war das Zitat von Nelson Mandela oft zu hören. Es könnte aber auch als Sinnbild für die angestrebte Energiewende dienen. Die Schweiz will mittelfristig aus der Atomenergie aussteigen; die dadurch entstehende Lücke soll mit mehr Energieeffizienz und viel Strom aus erneuerbaren Energien ausgeglichen werden. Ende September präsentierte der Bundesrat mit der Energiestrategie 2050 nun eine Vorlage und zeigte damit auf, wie er die Energiewende angehen will.<sup>1</sup> Der Ausbau der Photovoltaik spielt dabei eine zentrale Rolle. In den nächsten Monaten wird sich zeigen, ob Parlament und Bevölkerung diesen Weg einschlagen wollen.

## GESCHICHTE DER PHOTOVOLTAIK

Als im 19. Jahrhundert geeignete Materialien für Telegrafenkabel unter Wasser gesucht wurden, entdeckte man bei Selen eine verblüffende Eigenschaft: Im Dunkeln wies das Halbmetall einen elektrischen Widerstand auf, nicht aber, wenn Licht darauf schien. Wenig später baute Charles Fritts in New York die erste Solarzelle aus Selen. Ihr Wirkungsgrad war aber sehr bescheiden. Trotzdem fand Selen wegen seiner Lichtempfindlichkeit bald Verwendung als Lichtmesser für Fotoapparate.

Weshalb Selen Strom produziert, wenn man es Licht aussetzt, darüber tappte man allerdings noch im Dunkeln. Erst Albert Einstein lieferte 1905 die theoretische Erklärung für den photoelektrischen Effekt. 1922 erhielt er dafür den Nobelpreis für Physik.

1940 entdeckte Russel S. Ohl, ein Wissenschaftler der Bell Laboratories in New Jersey, dass durch die Beleuchtung einer Siliziumprobe ein Strom erzeugt wird. 1953 baute man in den Bell Laboratories die ersten kristallinen Siliziumsolarzellen mit einem Wirkungsgrad von über 4%; eine Zelle erreichte sogar 6%. Die Ergebnisse wurden am 25. April 1954 der Öffentlichkeit präsentiert und sorgten für Aufsehen, sodass die «New York Times» am nächsten Tag auf der Titelseite darüber berichtete. Am 17. März 1958 schossen die USA ihren zweiten Satelliten ins All. Dieser war neben einer Batterie mit Photovoltaikzellen ausgerüstet. In den folgenden Jahren wurden Solarzellen vorwiegend für Raumfahrtzwecke weiterentwickelt, da sie sich als ideale Stromversorgung für Satelliten und Raumsonden erwiesen.

**Literatur:** John Perlin: *From Space to Earth – The Story of Solar Electricity*. Harvard University Press 2002.

## WAS HEUTE SCHON IST

Gemäss der schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien betrug 2011 der Anteil der Photovoltaik an der Elektrizitätsproduktion 0.25 %. Aufgrund einer Umfrage bei den wichtigsten Anbietern von Photovoltaikanlagen rechnet Swissolar, der Fachverband für Sonnenenergie, 2012 mit einem Marktwachstum von mindestens 50 % gegenüber dem Vorjahr. Bis Ende Jahr steigt die Jahresproduktion somit auf mindestens 330 GWh an, was etwas mehr als 0.5 % des Stromendverbrauch entspricht. Trotz dieser Steigerung liegt die Schweiz immer noch weit hinter Deutschland zurück, das schon heute einen Solarstromanteil von etwa 5 % hat.

Deutschland führte im Jahr 2000 das Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) ein. Es garantiert für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen feste Einspeisevergütungen. In der Schweiz wurde erst 2009 mit der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) ein analoges Fördersystem eingeführt. Die KEV garantiert je nach Technologie während 20 bis 25 Jahren einen festen Preis, der den Produktionskosten entspricht. Dem Beispiel Deutschlands folgend haben inzwischen weltweit über 60 Länder solche Fördersysteme eingeführt.

## ZÖGERLICHE SCHWEIZER FÖRDERPOLITIK

Finanziert wird die KEV über einen Zuschlag auf den Strompreis. Damit trägt jeder Endverbraucher zur Förderung der erneuerbaren Energien bei. Derzeit beträgt in der Schweiz der Zuschlag 0.35 Rp./kWh.<sup>2</sup> In Deutschland ist die entsprechende Förderabgabe viel höher. 2011 betrug die sogenannte EEG-Umlage 3.53 ct/kWh (etwa 4.24 Rp./kWh).<sup>3</sup> Dieses Jahr ist sie leicht gestiegen, und für 2013 wird mit einem massiven Anstieg auf 5.3 ct/kWh (etwa 6.4 Rp./kWh) gerechnet.<sup>4</sup> Daher wurde die Kritik am EEG in den letzten Monaten immer lauter, und die Mittel für den weiteren Photovoltaikausbau wurden begrenzt. Mit seiner ehrgeizigen Förderpolitik hat Deutschland jedoch wesentlich dazu beigetragen, dass die Stromgestehungskosten bei den erneuerbaren Energien in den vergangenen Jahren deutlich gesunken sind.



01

**01** Dünnschichtsilizium-Solarmodule auf dem Gelände des Sauber Teams in Hinwil ZH. Zusammen mit den Paneelen auf einem Dach liefert die Anlage 155 600 kWh Solarstrom pro Jahr. Wird sich die Elektromobilität dereinst auch in der Formel 1 durchsetzen?  
(Foto: Sauber Motorsport AG)

In der Schweiz herrscht derzeit eine paradoxe Situation. Für die KEV könnte anstelle von 0.35 Rp./kWh bei Bedarf nämlich schon heute ein Zuschlag von 0.6 Rp./kWh erhoben werden (ergäbe eine Fördersumme von 320 Mio. Franken pro Jahr). Dieser Zuschlag kann gemäss Parlamentsbeschluss vom Juni 2010 ab 2013 bedarfsgerecht sogar auf maximal 0.9 Rp./kWh erhöht werden (das ergäbe etwa 500 Mio. Franken pro Jahr). Doch diese Mittel können momentan gar nicht ausgeschöpft werden, weil viele Wasser- und Windkraftwerke, die KEV-Beiträge zugesprochen erhalten haben, wegen Einsprachen noch in Bewilligungsverfahren blockiert sind. Bei der Photovoltaik werden die Fördergelder hingegen voll ausgeschöpft. Ihr Ausbau ist gemäss Energiegesetz jedoch begrenzt; die Kontingente werden vom Bundesrat jedes Jahr festgelegt. Dieser sogenannte Deckel soll verhindern, dass zu viele Mittel in eine schnell realisierbare, aber noch teure Technologie fliessen.<sup>5</sup> Ohne diese Bestimmung wäre die Einführung der KEV im Parlament nicht mehrheitsfähig gewesen. Die Begrenzung des Solarstroms führte zu einer langen Warteliste bei der KEV für Photovoltaikanlagen. Eine parlamentarische Initiative will nun Abhilfe schaffen. Ein erster Entwurf der dafür zuständigen Kommission des Nationalrats (UREK-N) möchte den KEV-Zuschlag auf 1.4 Rp./kWh erhöhen, wobei energieintensive Betriebe entlastet werden sollen. Damit stünden insgesamt mehr Mittel für die erneuerbaren Energien zur Verfügung. Ziel ist es, die Warteliste von insgesamt rund 21 000 Projekten abzubauen. Im Bericht der UREK-N heisst es, mit der Aufstockung der für die KEV zur Verfügung stehenden Mittel könnten im besten Fall die Hälfte der bis April 2012 angemeldeten Photovoltaikprojekte freigegeben werden. Ob das Parlament diesem Vorschlag folgt, wird sich zeigen.

#### HALBIERUNG DER KOSTEN FÜR SOLARSTROM

Zurzeit ist Photovoltaik immer noch die teuerste Produktionsart der erneuerbaren Energien. In den letzten Monaten sanken die Kosten jedoch in einem Ausmass, wie es kaum jemand vorausgesehen hatte. Die Kostenreduktion wurde möglich dank der technischen Entwicklungen bei der Herstellung der Module sowie der Massenproduktion. Zudem ist der Konkurrenzdruck gestiegen, weil in Asien immer mehr Solarzellen kostengünstig produziert werden. Inzwischen ist China weltweit der grösste Produzent von Solarzellen. Unter Druck gekommen ist wegen der Überkapazitäten vor allem die europäische Solarindustrie, aber auch diejenige der USA. Der Preisverfall spiegelt sich auch in den fallenden Vergütungsansätzen für Solarstrom (Abb. 03, S. 31) wider. In der Energieverordnung (EnV) ist bei der Photovoltaik eine jährliche, automatische Absenkung der KEV-Vergütung um 8 % vorgesehen. Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) reduzierte die Vergütungsansätze zusätzlich per 1. März 2012 um durchschnittlich 10 % und per 1. Oktober 2012 um weitere 15 %. Damit sank der durchschnittliche KEV-Vergütungssatz für Neuanlagen auf 31 Rp./kWh. 2009 hatte er noch 63 Rp./kWh betragen. Somit haben sich die Kosten für Solarstrom in den letzten vier Jahren ungefähr halbiert.

Für die Zukunft rechnet David Stickelberger von Swissolar zwar mit weiteren Kostenreduktionen bei den Solarmodulen, aber nicht mehr im Ausmass der vergangenen Jahre. Damit

#### ERTRAG VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN

Der Ertrag von Photovoltaikanlagen wird in kWh/kWp angegeben (Jahresertrag/Spitzenleistung der Anlage). Der Jahresertrag einer Anlage hängt vor allem von der Sonneneinstrahlung ab und variiert damit von Ort zu Ort. Der Durchschnittswert der Anlagen in der Schweiz liegt laut Bundesamt für Energie (BFE) bei 820 kWh/kWp, wobei neuere Anlagen selbst im Mittelland bis 1000 kWh/kWp erreichen können. Für einen Ertrag von 1000 kWh Strom wird eine Modulfläche von etwa 8 m<sup>2</sup> kristalliner Solarzellen benötigt.

Der durchschnittliche Strombedarf eines Haushalts beträgt 4500 kWh/Jahr. Er lässt sich mit einer Fläche von rund 36 m<sup>2</sup> kristalliner Solarzellen decken.

**1 TWh = 1000 GWh = 1 Mio. MWh = 1 Mrd. kWh**

### INSTALLIERTE PHOTOVOLTAIKLEISTUNG

Ausgewählte europäische Länder im Vergleich

Land	Neu im Jahr 2010/11 (MW)	Gesamt-kapazität Ende 2011 (MW)	Installierte Leistung Ende 2011 (W pro Kopf)
D	7411/7500	24820	303
I	2321/9304	12803	211
E	392/345	4260	92
F	719/1634	2831	43
B	-/963	2000	183
GB	40/899	976	16
CH	37/100	211	27
A	43/92	187	22
NL	21/43	131	8

02

rückt die sogenannte Netzparität immer näher. Diese ist erreicht, wenn Solarstrom den gleichen Preis hat, wie ihn die privaten Haushalte für den Strom aus dem Netz zu bezahlen haben. Die Solarbranche glaubt, dass dies ab 2015 der Fall sein wird. Die Gestehungskosten bei Grossanlagen der neuesten Generation liegen bereits heute bei 20 Rp./kWh. Nicht berücksichtigt in dieser Rechnung sind allerdings die Netzkosten, die vom durchschnittlichen Strompreis von 20 bis 25 Rp./kWh ungefähr die Hälfte ausmachen. Und momentan sind die Haushalte noch auf einen Netzanschluss angewiesen, damit sie den überschüssigen Solarstrom ins Netz einspeisen und während der Nacht Strom aus diesem beziehen können. Je genauer die eigene Stromproduktion mit dem eigenen Bedarf übereinstimmt, desto weniger wird das Netz beansprucht.

### EHRGEIZIGE ZIELE BIS 2050

Laut dem «Erläuternden Bericht zur Energiestrategie 2050»<sup>6</sup>, der vom UVEK Ende September mit der Gesetzesvorlage in die Vernehmlassung geschickt wurde, liegt das nachhaltig nutzbare Potenzial der erneuerbaren Energien (ohne Wasserkraft) bis 2050 bei geschätzten 24.22 TWh. Auf die Photovoltaik entfällt dabei der Löwenanteil von 11.12 TWh (das entspricht knapp einem Fünftel des aktuellen Stromendverbrauchs von 59 TWh). Die Basis für diese Schätzung bildeten die technischen Potenziale, die zwischen 2004 und 2006 im Rahmen der breit abgestützten Energieperspektiven 2035 erarbeitet worden waren. Die Energieperspektiven 2035 wurden für die Energiestrategie 2050 vom Bundesamt für Energie (BFE) aktualisiert.

In der im Herbst 2011 veröffentlichten Studie «Energiezukunft Schweiz» der ETH Zürich sind ähnliche oder sogar leicht höhere Photovoltaikpotenziale aufgeführt.<sup>7</sup> Die Autoren gehen bis 2050 von 10 bis 20 TWh Solarstrom aus; der realistische Wert wird mit 14 TWh angegeben. Bis 2020 wird mit 1.4 TWh Solarstrom gerechnet. Bei den Zwischenzielen ergeben sich somit Unterschiede, denn laut der nun vorgeschlagenen Gesetzesvorlage strebt das UVEK für 2020 einen Richtwert von lediglich 0.6 TWh an. Das entspräche nur etwa 1 % des heutigen Stromendverbrauchs. Nach den Vorstellungen des UVEK soll der Zubau der Photovoltaik im Unterschied zu den anderen erneuerbaren Energien weiterhin mit Kontingenten beschränkt werden. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung der Branche, eines kontinuierlichen Zubaus der Kapazität und einer Begrenzung der Gesamtkosten sei es nicht angezeigt, unbeschränkt finanzielle Mittel zur Verfügung zu stellen, so die Begründung des UVEK. Bei Anlagen mit einer Leistung von weniger als 10 kWh sollen zudem keine KEV-Beiträge mehr gezahlt werden; an ihre Stelle sollen einmalige Investitionshilfen treten (vgl. Kasten).

### WIE STROM AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN GEFÖRDERT WERDEN SOLL

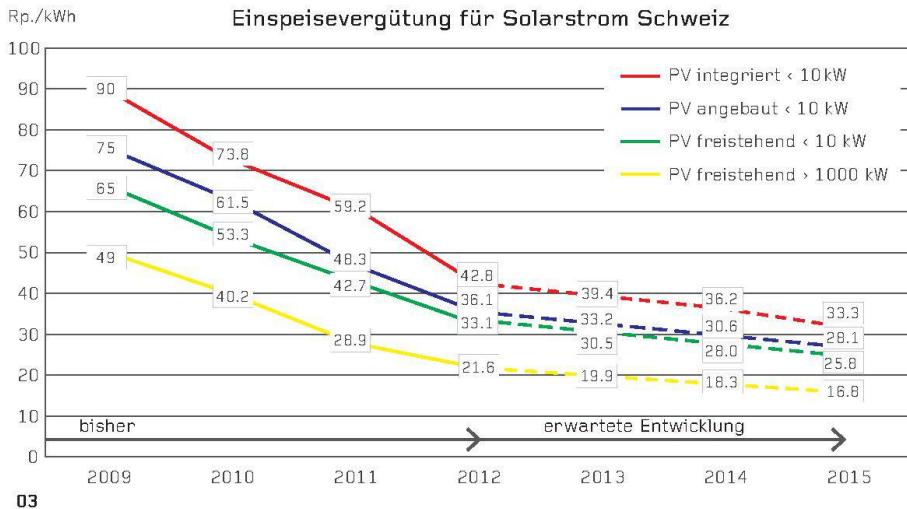
Im Rahmen der Energiestrategie 2050 zeigt das Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) auf, wie die erneuerbaren Energien gefördert werden sollen. Im Vordergrund steht die Optimierung und der Ausbau des bestehenden Modells der Einspeisevergütung (KEV). So soll der Kostendeckel (Gesamtdeckel sowie Teildeckel für die einzelnen Technologien) aufgehoben werden, damit die nötigen Mittel zur Verfügung stehen. Einzig für die Photovoltaik sollen weiterhin Zubaukontingente festgelegt werden.

Das UVEK schlägt auch vor, kleine Photovoltaikanlagen bis zu einer Leistung von 10 kW aus der Einspeisevergütung (KEV) herauszulösen und stattdessen mit einer einmaligen Investitionshilfe in Höhe von 30 % der Investitionskosten zu fördern. Die Solarbranche steht diesem Vorschlag skeptisch gegenüber. Damit falle unter anderem der Anreiz weg, die Anlage zu warten, weil der finanzielle Ertrag nicht mehr vom eingespeisten Strom

abhängt. Eine Alternative zu den Investitionshilfen ist das sogenannte Net-Metering: Die Differenz zwischen Strombezug und Stromeinspeisung wird dem Anlagenbesitzer vom Elektrizitätsversorgungsunternehmen zum Endkundentarif vergütet beziehungsweise belastet. Mit der Eigenverbrauchsregelung soll festgelegt werden, dass nur noch der überschüssige Strom ins Netz eingespeist werden muss.

Mit der ersten Etappe der Energiestrategie 2050 werden nur etwa 50 % der Ziele erreicht. Für die Zeit nach 2020 soll gemeinsam mit der Weiterentwicklung der Klimapolitik die Energiepolitik strategisch neu ausgerichtet werden. Dazu ist ein neuer Verfassungssatzartikel geplant, in dem die CO<sub>2</sub>-Abgabe und der Zuschlag für die Einspeisevergütung zu einer einzigen Energieabgabe zusammengeführt werden. Damit beabsichtigt der Bundesrat, das Fördersystem kontinuierlich in Richtung eines zunehmend lenkenden Systems umzubauen.

Die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) hat in einem Bericht<sup>8</sup> die Vor- und Nachteile verschiedener Förderinstrumente für erneuerbare Energien im Strombereich verglichen, nämlich Einspeisevergütung, Bonusmodell, Quotenregelung (inkl. Zertifikatehandel) sowie Ausschreibungen. Laut den Autoren ist die Einspeisevergütung für Technologien, die noch relativ weit von der Marktreife entfernt sind, das einzige Instrument, das die nötige Investitionsicherheit bietet. Mit zunehmender Marktreife hingegen rückt die Quotenlösung in den Vordergrund, weil sie das Förderinstrument mit der grössten Marktnähe und dem stärksten Innovationsanreiz darstellt. Die Autoren betonen, eine wichtige Anpassung der Rahmenbedingungen bestehe darin, externe Kosten der Stromerzeugung durch Abgaben und Emissionszertifikate oder durch eine ökologische Steuerreform zu internalisieren.



Gar nicht zufrieden mit dem vom Bund angeschlagenen Tempo bei der Photovoltaik ist Swissolar. «Damit riskiert man, die dynamische Entwicklung der Branche abzuwürgen», sagt David Stickelberger. Swissolar möchte bis 2025 einen Anteil vom 20 % Solarstrom erreichen. Das wären 12 TWh, also etwas mehr, als das BFE erst für 2050 erwartet.

#### GIBT ES GENÜGEND GEEIGNETE FLÄCHEN?

Swissolar schätzt auch die Kosten und den Flächenbedarf.<sup>10</sup> Basierend auf dem heutigen Fördermodell würde der KEV-Zuschlag auf 1.4 bis maximal 2.4 Rp./kWh steigen. Für die Produktion von 12 TWh Solarstrom wäre eine Fläche von 90 km<sup>2</sup> nötig. Das entspricht 12 m<sup>2</sup> pro Einwohner. Um das 20%-Ziel zu erreichen, müsste bis 2025 jährlich eine Fläche von durchschnittlich 7 km<sup>2</sup> mit Solarmodulen bestückt werden. Das ist nicht unmöglich. Die Akademien der Wissenschaften Schweiz gehen von über 400 km<sup>2</sup> Dachflächen in der Schweiz aus. Von diesen dürften sich 100 bis 150 km<sup>2</sup> für Photovoltaikanlagen eignen.<sup>11</sup>

Doch wie lassen sich geeignete Flächen mobilisieren? Peter Franken, Leiter des Geschäftsbereichs Energieverteilung bei den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ), sagte an einer kürzlich von seiner Firma organisierten Tagung, es sei gar nicht so einfach, geeignete Flächen zu finden. Industriebetriebe seien nämlich sehr zurückhaltend, ihre Dächer für 20 bis 30 Jahre zur Verfügung zu stellen. Hier müssen praktikable Lösungen gefunden werden.

Mancherorts werden auch Photovoltaikanlagen im Freiland ins Auge gefasst. Die EKZ prüfen etwa den Bau einer grossen Anlage in einem Steinbruch am Walensee. Das Planungsgebiet liegt jedoch im Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN). Auf Grundlage der heutigen Gesetzgebung ist das Projekt kaum realisierbar. Das Gleiche gilt auch für das Vorhaben der Centralschweizerischen Kraftwerke AG, im luzernischen Inwil auf einem einst für ein AKW vorgesehenen Gelände eine Photovoltaikanlage auf 15 ha Kulturland zu bauen. Allerdings will der Bundesrat im neuen Energiegesetz festlegen lassen, dass die Nutzung erneuerbarer Energien und ihr Ausbau in der Regel von nationalem Interesse sind, das gleich- oder höherwertig als Umwelt- und Landschaftsschutz zu gewichten ist.

#### ZUKÜNTIGE HERAUSFORDERUNGEN

Neben den raumplanerischen Konflikten, die sorgfältige Güterabwägungen erfordern<sup>12</sup>, gilt es weitere Herausforderungen zu meistern. Bei steigenden Solarstromanteilen wird die Netzintegration immer wichtiger (vgl. TEC21 38/2012). Die Schweiz befindet sich dank der stark ausgebauten Wasserkraft mit flexiblen Speicherseen und Pumpspeicherwerken in einer recht komfortablen Lage. Nach Einschätzung von Experten sollte die Integration von 10 % Solarstrom keine grösseren Probleme verursachen. Bei höheren Anteilen sind Anpassungen und Ausbauten der Netzinfrastuktur sowie zusätzliche Speichermöglichkeiten nötig. Fachleuten zufolge werden wahrscheinlich nicht die Kosten für die Erzeugung von Solarstrom dessen Anteil begrenzen, sondern die Netzintegration.

02 Deutschland ist bei der insgesamt sowie bei der pro Kopf installierten Photovoltaikleistung weltweit Spitzenreiter. Italien hat 2011 am meisten Photovoltaikleistung installiert. Die Schweiz liegt in hinterem Mittelfeld.

(Tabelle: Autor; Zahlen: IEA-PVPS<sup>9</sup>)

03 Der Preiszurfall der Solarmodule erlaubte seit 2009 eine rasche Absenkung der Einspeisevergütung (KEV) für Neuanlagen. In den kommenden Jahren kann mit einer weiteren jährlichen Reduktion von mindestens 8 % gerechnet werden, wie es in der Energieverordnung festgehalten ist.

PV integriert: Anlagen sind in Bauten integriert und haben eine Doppelfunktion.

PV angebaut: Anlagen sind konstruktiv mit Bauten verbunden, dienen aber nur der Stromproduktion.

PV freistehend: Freilandanlagen ohne konstruktive Verbindung zu Bauten.

(Zahlen: EnV/BFE; Grafik: Red.)

## PHOTOVOLTAIK-ÖKOBILANZEN

Die Erzeugung von Strom belastet die Umwelt in unterschiedlicher Art und Weise. Kohle- und Gaskraftwerke verursachen hohe Treibhausgasemissionen, solange das CO<sub>2</sub> nicht abgeschieden wird. Wasser-, Wind- und Kernkraft schneiden diesbezüglich sehr gut ab, während Biogas und Photovoltaik etwas schlechter dastehen, aber immer noch viel besser als die fossilen Kraftwerke.<sup>13</sup> Atomkraftwerke sind jedoch wegen der radioaktiven Abfälle und möglicher Unfälle umstritten. Der grosse Vorteil des Solarstroms gegenüber Wasserkraft und Windenergie sind seine geringen Auswirkungen auf Landschaft und Natur (sofern die Module in Gebäuden oder Infrastrukturanlagen integriert werden). Die Methode der Ökobilanz ermöglicht eine systematische Analyse der Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts beziehungsweise einer Anlage. Bei Solarstrom umfasst dieser Lebenszyklus die Gewinnung der Rohstoffe, die Fabrikation der Solarzellen, des Montagesystems und des Wechselrichters, die Installation und der Betrieb der Anlage sowie die Entsorgung. In den letzten 20 Jahren hat sich die Ökobilanz für Solarstrom deutlich verbessert. So beträgt

der kumulierte (nicht erneuerbare) Energieaufwand, der bei der Produktion von Solarstrom anfällt, heute weniger als ein Drittel im Vergleich zu den frühen 1990er-Jahren. Dementsprechend hat sich auch die Energierücklaufzeit verkürzt: In der Schweiz hat eine Anlage heute bereits nach 1.5 bis 3.5 Jahren so viel Strom produziert, wie für ihre Herstellung benötigt wurde. Dieser Wert dürfte mit einer optimierten Produktion der Module noch weiter sinken.

Zu den Umweltbelastungen von Solarstrom tragen in erster Linie die Bereitstellung von Silizium und Wafern, die für die Herstellung von Solarzellen und Modulen benötigt werden, sowie die Montagesysteme bei. Am stärksten ins Gewicht fällt der für die Produktion der Solarmodule benötigte Strom. Daraus ergibt sich, dass eine Anlage mit multi-kristallinen Siliziummodulen aus China 70% mehr Treibhausgasemissionen verursacht als eine Anlage mit Modulen aus europäischer Produktion. Verantwortlich dafür ist der hohe Anteil an Strom aus Kohlekraftwerken, der in der chinesischen Photovoltaikindustrie zum Einsatz kommt.

Beim Vergleich der verschiedenen Photovoltaiktechnologien hinsichtlich des Wirkungsgrads

schnneiden Siliziumsolarzellen deutlich besser ab als Dünnschichtsolarzellen. Betrachtet man hingegen die Treibhausgasemissionen, so haben Dünnschichtmodule auf der Basis von Cadmiumtellurid (CdTe) die Nase vorn.

Laut Rolf Frischknecht von ESU-services GmbH aus Uster ZH, die seit 15 Jahren Ökobilanzen erstellt, fällt bei der Photovoltaik das Recycling bei der Ökobilanz allgemein nicht so stark ins Gewicht. Er räumt aber ein, in diesem Bereich habe man noch recht wenig Erfahrung. Der Ökobilanzexperte empfiehlt, vor allem auf einen guten Wirkungsgrad und eine optimale Ausrichtung der Panels zu achten. Wird Solarstrom in Zukunft einen substantiellen Anteil von 15 bis 20% an der Stromproduktion liefern, so sind genügend Speichermöglichkeiten bereitzustellen, was wiederum die Ökobilanz beeinflusst. Um das gesamte System beurteilen zu können, müssten Ökobilanzen für verschiedene Szenarien des Strommixes der Schweiz im Jahre 2050 erstellt werden.

### Informationen:

[www.esu-services.ch/de/projekte/pv/](http://www.esu-services.ch/de/projekte/pv/)



04

### 04 Solarskilift in Tenna GR.

Neben Gebäudedächern können auch Infrastrukturanlagen mit Photovoltaikmodulen bestückt werden. Befinden sich diese im alpinen Raum, leisten sie zudem einen wertvollen Beitrag zur Stromversorgung im Winter. Die abgebildete Solaranlage liefert 90 000 kWh Strom pro Jahr; der Verbrauch des Skilifts beträgt 27 000 kWh pro Jahr.

(Foto: Keystone/Branko de Lang)

Es ist eine anspruchsvolle Aufgabe, das bisherige Elektrizitätsversorgungssystem auf eine zunehmend dezentrale Stromeinspeisung umzustellen (vgl. TEC21 12/2011). Das künftige Stromnetz wird nicht mehr nur im Einbahnverkehr betrieben, sondern muss sinnbildlich für Gegenverkehr gewappnet sein. Dieses komplexe System mit unterschiedlichsten Stromerzeugungsarten zuverlässig zu steuern und zu koordinieren, wird die neue grosse Aufgabe der Elektrizitätsunternehmen sein.

Ein Problem, das ebenfalls noch zu lösen sein wird, stellt die Versorgung im Winter dar, wenn der Strombedarf hoch ist, der Ertrag aus der Photovoltaik aber geringer ausfällt als im Sommer. Eine Möglichkeit, diese Differenz zu verringern, wäre, mehr Anlagen in den Alpen zu bauen. Im Unterschied zum Mittelland, wo im Sommer 70% und im Winter 30% des Solarstroms anfallen, ist das Verhältnis im alpinen Raum deutlich ausgeglichener.

Eine weitere Herausforderung betrifft die Integration der Photovoltaikmodule in die Bausubstanz. Es wird Fälle geben, in denen aus Gründen des Denkmal- oder Ortsbildschutzes darauf zu verzichten ist. Entscheidend für den Umbau des Energieversorgungssystems wird jedoch der Wille der Gesellschaft sein. Die Energiewende ist kein Selbstläufer. Soll es vorwärts gehen, muss die Politik die Weichen stellen und verlässliche Rahmenbedingungen schaffen.

**Lukas Denzler**, dipl. Forst-Ing. ETH und freier Journalist, [lukas.denzler@bluewin.ch](mailto:lukas.denzler@bluewin.ch)

### Anmerkungen

- 1 [www.energiestrategie2050.ch](http://www.energiestrategie2050.ch)
- 2 Nicht eingerechnet ist hier der Zuschlag für den Gewässerschutz, der maximal 0.1 Rp./kWh beträgt.
- 3 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien in Zahlen, Juli 2012
- 4 Pressemitteilung der deutschen Übertragungsnetzbetreiber vom 15. Oktober 2012
- 5 Bei Einführung der KEV 2009 durften nur 5% der Fördermittel in die Photovoltaik fliessen; heute könnte der Anteil infolge der gesunkenen Gestaltungskosten für Solarstrom auch höher sein (max. 30%).
- 6 Erläuternder Bericht zur Energiestrategie 2050 (Vernehmlassungsvorlage), UVEK
- 7 G. Anderson, K. Boulouchos, L. Bretschger: Energiezukunft Schweiz. ETH Zürich, 2011
- 8 Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW): Wie soll Strom aus erneuerbaren Energien gefördert werden?, 2012
- 9 Trends in Photovoltaic Applications, IEA-PVPS, 2012
- 10 Swissolar: Hintergrundpapier, 10. Nationale Photovoltaik-Tagung vom 22. u. 23. März 2012 in Baden
- 11 Akademien der Wissenschaften Schweiz: Zukunft Stromversorgung Schweiz, 2012
- 12 Akademien der Wissenschaften Schweiz: Lösungsansätze für die Schweiz im Konfliktfeld erneuerbaren Energien und Raumnutzung, 2012
- 13 Vgl. Fussnote 11; Akademien der Technischen Wissenschaften (SATW): Erneuerbare Energien – Herausforderungen auf dem Weg zur Vollversorgung, 2011