

# Photovoltaik in der Schweiz

Die Photovoltaik (PV) ist die Technik der direkten Umwandlung der Energie der Sonnenstrahlung in elektrische Energie mittels Solarzellen. In den letzten zehn Jahren ist in vielen Ländern das Interesse daran stark gewachsen (seit 1997 weltweites jährliches Wachstum 30 – 40%). Die photovoltaische Sonnenenergienutzung ist sehr sauber und umweltfreundlich. Die Stromerzeugung erfolgt absolut geräuschlos und ohne die Produktion irgendwelcher Abgase oder giftiger Abfallprodukte. Es ist sehr faszinierend, wie dabei praktisch aus dem Nichts hochwertige elektrische Energie entsteht.

## Heinrich Häberlin

Im Gegensatz zu vielen andern Ländern, wo das Interesse an Photovoltaikanlagen in den letzten Jahren gewachsen ist, ist in der Schweiz dagegen eine gegenläufige Entwicklung zu verzeichnen. Sie war auf dem Gebiet der Photovoltaik etwa von Mitte der 80er-Jahre bis Mitte 90er-Jahre dank verschiedener Förderprogramme in Europa technisch mit an der Spitze und bezüglich der pro Kopf installierten Leistung sogar führend. Inzwi-

schen ist sie ins hintere Mittelfeld zurückgefallen, mehrere Firmen haben ihre Photovoltaik-Aktivitäten eingestellt und die verbleibenden Firmen bauen neue Anlagen vor allem im Ausland.

## Burgdorfer Modell

Die weitaus effizienteste Art der Förderung von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen ist die kostendeckende Vergütung. Sie wurde 1991 erstmals in der Stadt Burgdorf durch Einführung des «Burgdorfer Modells» (Bild 1) durch das lokale Elektrizitätswerk eingeführt. Nach diesem Modell wurde für den Strom von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen, die in der Zeit von 1991 bis 1996 errichtet wurden, während 12 Jahren ein Rücknahmepreis von 1 Fr./kWh vergütet und durch Umlage auf den Strompreis aller Kunden finanziert. Zusammen mit den damals noch erhältlichen festen Subventionen (einige Fr./Wp) von

Bund und Kanton wurde damit erstmals ein Vergütungsmodell realisiert, das eine Amortisation von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen während ihrer Lebensdauer ermöglichte. Deshalb entstanden in Burgdorf in den nächsten Jahren sehr viele derartige Anlagen. Diese Art der Förderung schafft nicht nur einen Anreiz zum Bau, sondern auch zum effizienten Betrieb solcher Anlagen und trägt somit am wirksamsten zur technischen Weiterentwicklung der Photovoltaik bei. Das Modell wurde in modifizierter Form zunächst in einigen andern Städten ebenfalls eingeführt (z. B. in Aachen, «Aachener Modell») und schliesslich im April 2000 mit der Einführung des «Erneuerbaren Energiegesetzes (EEG)» in Deutschland landesweit übernommen. Die landesweite Förderung durch garantierte Einspeisetarife für photovoltaisch erzeugten Strom in Deutschland (und auch in Japan) hat ungeheure Marktkräfte geweckt und eine enorme Dynamik ausgelöst. Die Schweiz droht dagegen wegen des fehlenden Heimmarktes auch technisch langsam den Anschluss zu verlieren, da dort kein landesweites EEG besteht und zudem wegen der Finanzkrise der öffentlichen Haushalte kaum noch Subventionen an die Errichtung solcher Anlagen ausgerichtet werden. Entsprechend steigt die Anzahl der Photovoltaikanlagen hier nur ganz langsam an.

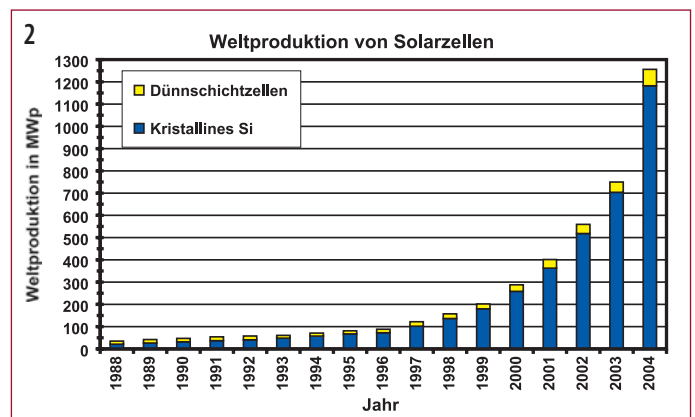
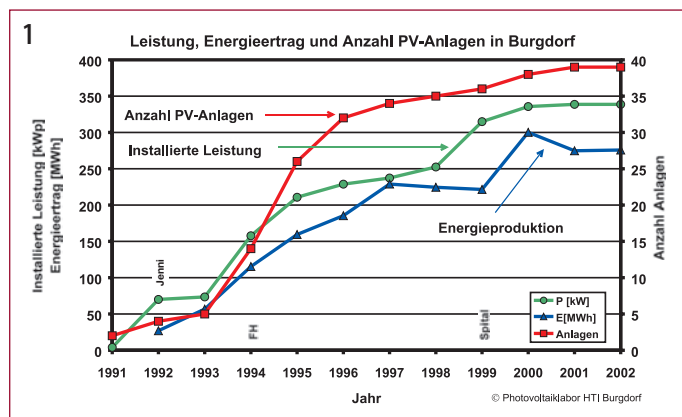
## Weltweite Produktion von Solarzellen

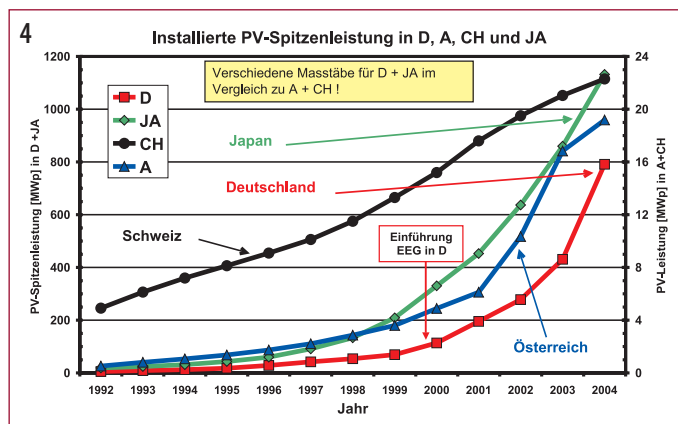
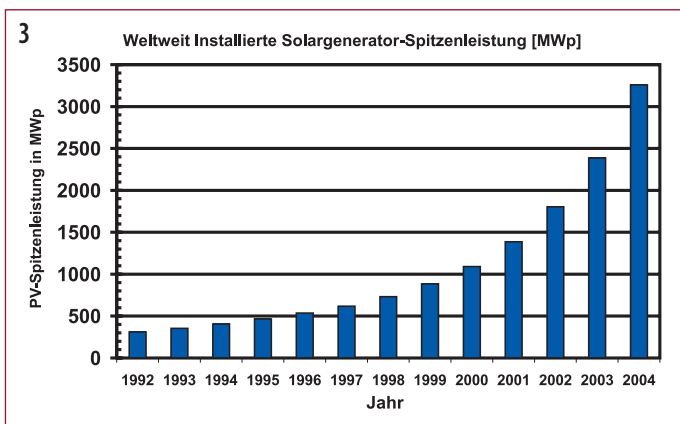
Bild 2 zeigt die weltweite Produktion von Solarzellen in den letzten Jahren gemäss [1] (bis 2000) und [2] (ab 2001). Die Daten werden jeweils im Frühjahr publiziert.

Es fällt auf, dass die weltweite Solarzellenproduktion trotz der seit eini-

Bild 1 Entwicklung der installierten PV-Spitzenleistung nach Einführung des «Burgdorfer Modells» (Vergütung von 1 Fr./kWh für photovoltaisch erzeugten Strom durch das lokale EW, die heutige Localnet AG). Der erneute Anstieg 1999/2000 ist auf im Rahmen der «Solarstrombörse» realisierte weitere Anlagen zurückzuführen.

Bild 2 Weltweite Produktion von Solarzellen nach [1] und [2].





gen Jahren andauernden Rezession seit 1997 dauernd mit markanten Zuwachsraten von 30–40% ansteigt. Verschiedene Solarzellenhersteller bauten und bauen deshalb ihre Produktionskapazität massiv aus. Diese Zellen wurden immer noch fast ausschliesslich aus Silizium (Si) hergestellt. Andere Materialien (z. B. Kupferindium-Diselenid [CuInSe<sub>2</sub>] und Kadmiumtellurid [CdTe]) werden nur für einen geringen Teil der Dünnschichtzellen-Produktion eingesetzt.

Eine Abschätzung der installierten Spitzenleistung in Photovoltaikanlagen, die der eigentlichen Energieproduktion dienen (keine Konsumartikel), ist relativ schwierig, da keine Meldepflicht besteht.

Weltweit dürften bis Ende 2004 gut 3200 MWp installiert worden sein. Diese Abschätzung ist relativ schwierig und nur auf Grund der Produktionszahlen der letzten Jahre möglich. Zur Gewinnung dieser Zahl wurde der in

[4] angegebene Wert für 1987 verwendet und mit den Weltproduktionen 1988 bis 2005 (nur Zellen aus kristallinem Silizium) nach [1] und [2] aufdatiert, da Dünnschichtzellen zumindest bisher vorwiegend für Konsumartikel verwendet wurden. Bild 3 zeigt die so geschätzte jeweils per Ende Jahr auf der ganzen Welt installierte PV-Spitzenleistung in den Jahren 1992 bis 2004.

Bis Mitte der 90er-Jahre wurde der grösste Teil der weltweit installierten Leistung von Photovoltaikanlagen in Inselanlagen installiert. So wurden nach [5] im Jahre 1994 nur etwa 20% der Weltproduktion für netzgekoppelte Anlagen verwendet, 61% für Inselanlagen und 19% für Konsum- und Freizeitartikel. Seither wird aber ein immer grösserer Teil der Weltproduktion für netzgekoppelte Anlagen in industrialisierten Ländern mit attraktiven Einspeisebedingungen (z. B. in Deutschland und Japan, zukünftig

**Bild 3** Weltweit installierte Solargenerator-Spitzenleistung jeweils Ende Jahr. Der per Ende 2004 angegebene Wert deckt sich gut mit dem in [3] angegebenen Wert.

**Bild 4** In Deutschland, Österreich, der Schweiz und Japan jeweils per Ende Jahr installierte totale PV-Spitzenleistung in den Jahren 1992 bis 2004 im Vergleich. Zur Beachtung: Für die viel kleineren Länder Schweiz und Österreich gilt der Massstab rechts!

auch Spanien und weiteren Ländern in Europa) eingesetzt. Ende 2004 dürften mindestens 67% der weltweit installierten PV-Leistung in netzgekoppelten Anlagen eingebaut sein (in den IEA-Ländern mit einer installierten Leistung von 2,6 GWp sogar über 80% [3]).

In der Schweiz wurden bis Ende 2004 total etwa 22,3 MWp installiert [6]. Zunächst wurden Photovoltaikanlagen hauptsächlich in Form von vielen kleinen Inselanlagen zur Stromversorgung von abgelegenen Verbrauchern (Ferienhäusern, SAC-

### Lokal und ökologisch statt Emissionszertifikate und Klimarappen

Dier Atomunfall in Tschernobyl 1986 und das 1990 in einer Volksabstimmung angenommene 10-jährige Moratorium für den Bau weiterer Kernkraftwerke hat eine etwa zehn Jahre dauernde Periode ausgelöst, in der sich die Photovoltaik in der Schweiz rasch entwickelte, in der viele neue Firmen entstanden und in der die Schweiz technisch mit an der Spitze der Entwicklung war. Diese Entwicklung war nur möglich dank einer Förderung dieser Technologie durch Bund, Kantone und verschiedene fortschrittliche Stadtwerke.

#### Schweiz gerät ins Hintertreffen

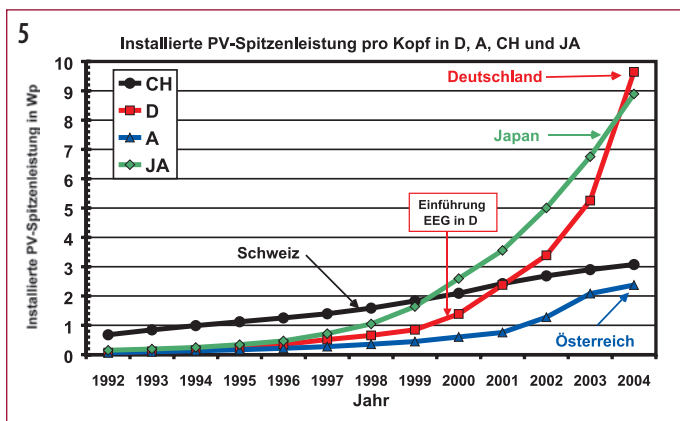
Da sich die Rahmenbedingungen in vielen Ländern inzwischen stark verbessert haben und in der Schweiz die Förderung massiv zurückgefahren wurde, gerät sie mangels vergleichbarer Rahmenbedingungen bei dieser jungen Technologie, die

mittel- und langfristig bestimmt einen wichtigen Betrag an unsere Stromversorgung leisten wird, immer mehr ins Hintertreffen. Angesichts der jüngsten Preissteigerungen der fossilen Energieträger, die mittelfristig auch den Strompreis beeinflussen dürften, ist aber die Abhängigkeit unserer Gesellschaft von der Verfügbarkeit von Energie wieder vermehrt ins Bewusstsein getreten.

#### Heimmarkt weiterentwickeln

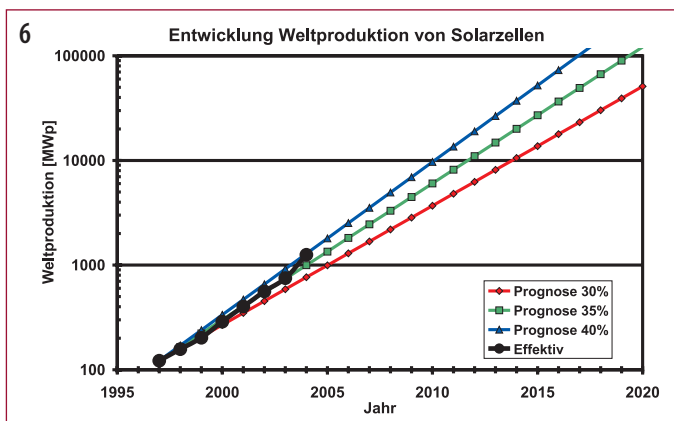
Es bringt der Versorgungssicherheit der Schweiz wahrscheinlich bedeutend mehr, wenn die verfügbaren Mittel statt für ökonomische Spielereien wie den Handel mit Emissionszertifikaten oder Klimarappen für lokale Energiesparmassnahmen und die Schaffung zusätzlicher umweltfreundlicher lokaler Produktionsmöglichkeiten eingesetzt werden. Es ist

zu hoffen, dass im Rahmen der anstehenden Revision der Elektrizitätsmarktgesetzgebung endlich auch in der Schweiz eine mit andern fortschrittlichen Ländern vergleichbare Einspeisevergütung für Strom aus neuen erneuerbaren Energiequellen eingeführt wird, die nicht nur von ein paar umweltbewussten Grünen, sondern aus einer allgemeinen Abgabe auf dem Stromtransport auf Höchstspannungsebene finanziert wird. Dadurch könnten sich auch die auf diesem Sektor noch vorhanden Firmen dank einem Heimmarkt weiter entwickeln, neue Arbeitsplätze schaffen und die Schweiz würde nicht einmal mehr den Anschluss an eine Zukunftstechnologie verpassen, an deren Entwicklung sie ursprünglich an vorderster Front mitgearbeitet hat, bei der es ihr aber nicht gelungen ist, erfolgreich an der breiten Umsetzung im Markt zu partizipieren.



**Bild 5** In Deutschland, Österreich, der Schweiz und Japan jeweils per Ende Jahr installierte totale PV-Spitzenleistung pro Kopf der Bevölkerung in den Jahren 1992 bis 2004 im Vergleich.

**Bild 6** Prognose für die künftige Entwicklung der Weltproduktion von Solarzellen bei Extrapolation der Wachstumsraten von 1997–2004.



Hütten, Telekommunikationsanlagen usw.) errichtet. Seit 1988 sind viele netzgekoppelte Anlagen im Bereich von 1 kWp bis 855 kWp dazugekommen, die von engagierten Privatpersonen, aber auch von Elektrizitätswerken und Gemeinden gebaut wurden. Die Leistung dieser netzgekoppelten Anlagen betrug per Ende 2004 ca. 19,9 MWp [6]. Diese Zahl ist in den oben angegebenen 22,3 MWp enthalten.

- In *Deutschland* wurden bis Ende 2004 Photovoltaikanlagen mit einer Spitzenleistung von 794 MWp errichtet, von denen 768 MWp mit dem Netz gekoppelt sind [7].
- In *Österreich* standen per Ende 2005 Photovoltaikanlagen von etwa 19,2 MWp in Betrieb, von denen 16,5 MWp mit dem Netz gekoppelt sind [8].
- In *Japan*, das bereits Ende der 90er-Jahre ein umfangreiches Förderprogramm eingeführt hatte, waren Ende 2004 total 1132 MWp in Betrieb, davon 1048 MWp netzgekoppelt [9].

Bild 4 zeigt die Entwicklung der jeweils per Ende Jahr in diesen Ländern installierten PV-Spitzenleistung in den Jahren 1992–2004.

Inzwischen wurde das deutsche Einspeisegesetz in vielen Europäischen Ländern (z. B. Spanien) in modifizierter Form übernommen und es wurden analoge, teilweise für die Besitzer von PV-Anlagen noch interes-

santere Einspeisegesetze geschaffen.

Betrachtet man dagegen die installierte Leistung pro Kopf, lag die Schweiz dank der frühen und lokal sehr intensiven Förderung lange an der Spitze. Bild 5 zeigt die installierte PV-Spitzenleistung pro Kopf in den Jahren 1992 bis 2004. Dank der landesweiten Förderung wurde sie im Jahr 2000 zunächst von Japan und im Jahr 2002 dank den Auswirkungen des EEG auch von Deutschland übertrif-

### Voraussichtliche zukünftige Entwicklung der Weltproduktion

Betrachtet man das Wachstum der weltweiten Solarzellenproduktion in den Jahren 1997–2004, so ist zu erkennen, dass die jährliche Wachstumsrate in all diesen Jahren trotz zeitweisen Rezessionserscheinungen in der übrigen Wirtschaft immer zwischen etwa 30 und 40% lag. Extrapoliert man diese Wachstumsraten mit 30, 35 oder 40% weiter, so ergeben sich die in Bild 6 dargestellten Verläufe der künftigen Entwicklung der Weltproduktion.

Bisher konnten für die Produktion von Solarzellen immer Silizium-Abfälle der übrigen Halbleiterindustrie verwendet werden. Wegen des rasanten Wachstums der Solarzellenproduktion genügen diese aber für ein weiteres derartiges Wachstum nicht mehr. Es müssen deshalb zuerst weitere Produktionsmöglichkeiten für etwas weniger reines «solar grade» Silizium geschaffen werden, damit das in Bild 6 dargestellte Wachstum auch effektiv möglich wird. Da die Erstellung solcher neuer Siliziumfabriken einige Zeit dauert, wird bis 2007 mit einer durch die Silizium-Knappheit bedingten Verlangsamung des Wachstums

gerechnet. Allerdings spornt gerade dieser Mangel an Silizium bei gleichzeitig vorhandener Nachfrage nach Solarzellen die Innovationskraft an und verschiedene Firmen überlegen sich, wie sie den Rohmaterialaufwand pro Wp weiter senken können.

[ET 04]

Prof. Dr. Heinrich Häberlin  
 Berner Fachhochschule,  
 Hochschule für Technik  
 und Informatik (HTI)  
 Fachbereich Elektro- und  
 Kommunikationstechnik,  
 Kompetenzgruppe Energiesysteme  
 Labor für Photovoltaik, Jlcoweg 1,  
 3400 Burgdorf/Schweiz  
 www.pvtest.ch,  
 heinrich.haeberlin@bfh.ch

### Literatur

- [1] Photovoltaic Insider's Report, 1011 W. Colorado Blvd., Dallas, Texas, USA.
- [2] Photon – Das Solarstrom-Magazin. ISSN 1430–5348. Solar-Verlag GmbH, D-52070 Aachen.
- [3] S. Nowak: «The IEA PVPS Programme – Towards a sustainable global deployment of PV». 20th EU PV Conf., Barcelona, 2005.
- [4] G. H. Bauer: «Photovoltaische Stromerzeugung (Kap.5)» in C. J. Winter und J. Nitsch (Hrsg.): «Wasserstoff als Energieträger». Springer Verlag, Berlin, 1989, ISBN 3-540-50221-1., S. 139.
- [5] W. Roth, A. Steinhüser: «Marktchancen der Photovoltaik im Bereich industrieller Produkte und Kleinsysteme». 11. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Staffelstein 1996, S. 59 ff.
- [6] F. Jauch, R. Tschärner: Markterhebung Sonnenenergie 2004. Ausgearbeitet durch SOLAR im Auftrag des BFE, Mai 2005.
- [7] BSI-Statistik Photovoltaik 1990–2004, Bundesverband Solarindustrie, März 2005 (www.bsi-solar.de)
- [8] IEA-PVPS Task 1 National Survey Report 2004, Austria
- [9] IEA-PVPS Task 1 National Survey Report 2004, Japan.