

# Fotovoltaik in der Schweiz

## Stand und Entwicklungsperspektiven

Die Fotovoltaik erlebt seit einigen Jahren in technologischer und industrieller Hinsicht eine sehr intensive Entwicklung. Mit jährlichen Wachstumsraten von 40% gehört die Fotovoltaik zu den dynamischsten Sektoren der Wirtschaft. Das globale Marktvolumen misst sich mittlerweile in Gigawatt. Damit ist die energetische Bedeutung der Fotovoltaik zwar immer noch vergleichsweise beschränkt, das rasante Wachstum und die zunehmende industrielle Dimension dieser Technologie sind jedoch bereits beachtlich. Dementsprechend erfährt die Fotovoltaik derzeit ein grosses Interesse aus Industrie- und Finanzkreisen. In der Schweiz besteht eine ausgezeichnete wissenschaftlich-technische Ausgangslage, um im rasch wachsenden globalen Fotovoltaikmarkt mit Schweizer Innovationen und Produkten präsent zu sein. Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für die Akteure in Forschung, Industrie und Markt? Eine Tour d'Horizon entlang der Wertschöpfungskette im internationalen und schweizerischen Umfeld.

Die Fotovoltaik hat in Forschung, Industrie und auf dem Markt grosse Fortschritte erzielt. Eine breite Palette an Technologien

*Stefan Nowak, Marcel Gutschner*

und Produkten bedient den Energie- und Konsumgütermarkt. Seit 1980 haben sich die Wirkungsgrade vervielfacht, während die Kosten um einen Faktor 5 gesunken sind.

Die Fotovoltaikmodule weisen zudem in der Regel eine Leistungsgarantie von 25 Jahren und eine Energierücklaufzeit von lediglich 1–3 Jahren aus. Sie produzieren damit während ihrer Lebensdauer 10–20-mal diejenige Energie, die zu ihrer Fabrikation benötigt worden ist.

Die Fotovoltaik umfasst als Energiesystem im engeren Sinn (d.h. als Energie produzierende Anlage) folgende Grundkomponenten:

- Solarzellen und -module
- Mechanische Komponenten und Systeme, z.B. für die Gebäudeintegration
- Elektrische Systemtechnik, z.B. Wechselrichter und Verkabelung

### Technologie – Stand und Trends

In der Technologieentwicklung des Energiesystems «Fotovoltaik» spielen ebenfalls

die vorgelagerte Industrie (fotovoltaikspezifische Materialien, Prozesse und Produktionsanlagen) sowie entsprechende Messtechnik und Planungsinstrumente eine wichtige Rolle.

Das Kernelement der Fotovoltaik ist die Solarzelle, welche verschiedenste Materialvarianten, Technologien und Strukturen umfasst. Die wichtigsten Technologieklassen sind dabei gemäss Einteilung der Strategic Research Agenda der European Photovoltaic Technology Platform:

- Kristalline Siliziumsolarzellen
- Dünnschichtsolarzellen (Silizium, II-VI-Verbindungshalbleiter)
- Neue Technologien (z.B. fortgeschrittene inorganische Solarzellen, organische Solarzellen, neue Hocheffizienz-solarzellen)
- Konzentratorsolarzellen (Silizium oder III-V-Verbindungshalbleiter)

Die kristalline Siliziumtechnologie ist heute mit einem Marktanteil von 85% die dominante Solarzellentechnologie. Sie basiert auf monokristallinen (mono c-Si), multikristallinen (multi c-Si) und bandgezogenen Zellen (EFG). Die Wirkungsgrade industriell hergestellter multikristalliner und monokristalliner Solarmodule liegen bei 13–20%.

Dünnschichtsolarzellen werden mit einem Bruchteil des Materials produziert, das zur Herstellung von kristallinen Solarzellen benötigt wird. Die Fabrikation braucht

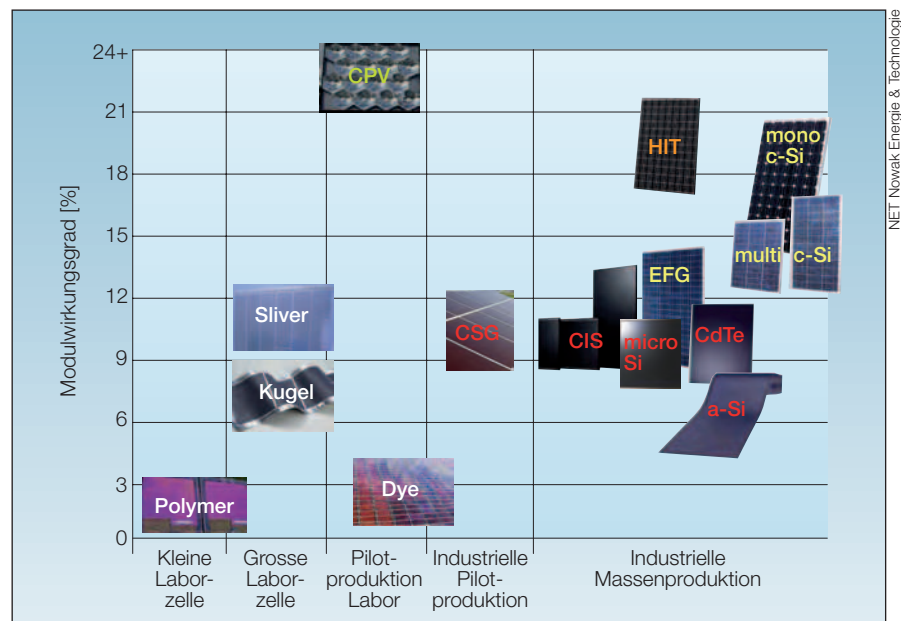
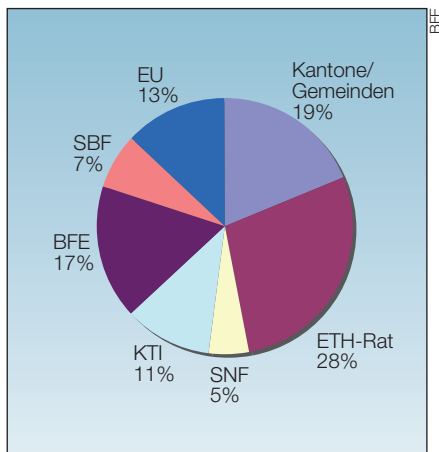


Bild 1 Solarzellentechnologien nach Entwicklungsstand und Wirkungsgrad (wo möglich für kommerzielle Module).

Die Beschriftungsfarbe widerspiegelt die Einteilung in die Technologieklassen kristallines Silizium (gelb), Dünnschicht (rot), Konzentratoren (grün) und neue Konzepte (weiss).



**Bild 2 Herkunft der Mittel für die Schweizer Fotovoltaikforschung.**  
 Anteile der öffentlichen Stellen am Fördervolumen von rund 11 Mio. CHF/Jahr für die Jahre 2006 und 2007.

zudem weniger Prozessschritte, weniger Energie und kann einen höheren Automatisierungsgrad erreichen. Die Wirkungsgrade der heute auf dem Markt verfügbaren Dünnschichtmodule liegen zwischen 4 und 12%. Module mit Zellen aus amorphem Silizium (a-Si bzw. a-SiGe) und Kadmiumtellurid (CdTe) weisen derzeit die grössten Produktionsmengen aus. Module auf der Basis CIS/CIGS (Kupfer-Indium-Gallium-Sulfid) und CSG (Crystalline Silicon on Glass) sind dagegen erst in kleinen Mengen im Handel. Module mit amorphen Silizium-Solarzellen sind die am längsten auf dem Markt vertretene Dünnschichttechnologie, dürften aber gemäss Ankündigungen der Hersteller kurz- bis mittelfristig zum grossen Teil durch Module mit mikromorphen Zellen (Tandemzellen mit mikrokristallinem und amorphem Silizium – micro Si) ersetzt werden. All diese Technologien haben ihr Kostensenkungspotenzial in industriellen Pilotproduktionen oder industriellen Massenproduktionen aufgezeigt. Die Dünnschicht-solarzellen verzeichnen derzeit das grösste Wachstum (über 50%) in der Solarzellenproduktion.

Vermeehrt wird auch an Verbindungen von kristallinen Siliziumsolarmodulen mit der Dünnschichttechnologie gearbeitet. Die HIT-(Heterojunction with Intrinsic Thin Layer)-Technologie kombiniert zur Erhöhung des Wirkungsgrads die monokristalline Siliziumtechnologie mit der amorphen Siliziumtechnologie. Wirkungsgrade von 20% und mehr sind damit grundsätzlich möglich.

Sehr hohe Wirkungsgrade erzielen die Konzentratorsolarzellen. Das Anwendungspotenzial dieser Concentrating Photovoltaics (CPV) wird bei positiver Weiterentwicklung vor allem in den Gebieten mit hoher direkter Solarstrahlung gesehen.

Im Entwicklungsstadium befinden sich noch diverse weitere Zelltechnologien wie die Farbstoffzellen (dye), organische Zellen oder Polymerzellen, kristalline dünne Siliziumzellen, Kugelzellen sowie Sliver-Zellen. Während die Farbstoffzelle pilotmässig hergestellt wird, brauchen andere Konzepte noch einige Entwicklungsjahre bis zur Marktfähigkeit. Grundsätzlich ist zu allen Zelltechnologien anzumerken, dass die technische Entwicklung im Wesentlichen kontinuierlich erfolgt. Zudem ist es wichtig, Bestwerte im Labor (kleine Flächen, optimierte Bedingungen) von Pilot- oder industriellen Produkten zu unterscheiden.

Derzeit sind also viele Technologien im Rennen – und dies dürfte auf absehbare Zeit so bleiben. Weitere technische Entwicklungen und Kostenreduktionspotenziale dürften zur Folge haben, dass Dünnschichtsolarmodulen gegenüber den kristallinen Zellen laufend Marktanteile gewinnen und in 10–15 Jahren mit den kristallinen Zellen gleichziehen können. Beide Technologien werden um 2020 eine wichtige Stellung einnehmen. Unter den neueren Technologien kann heute noch kein Gewinner ausgemacht werden. Es ist zudem eine Tatsache, dass für unterschiedliche Anwendungen in Abhängigkeit von Wirkungsgraden, Flächenkosten usw. verschiedene Technologien zum Einsatz kommen.

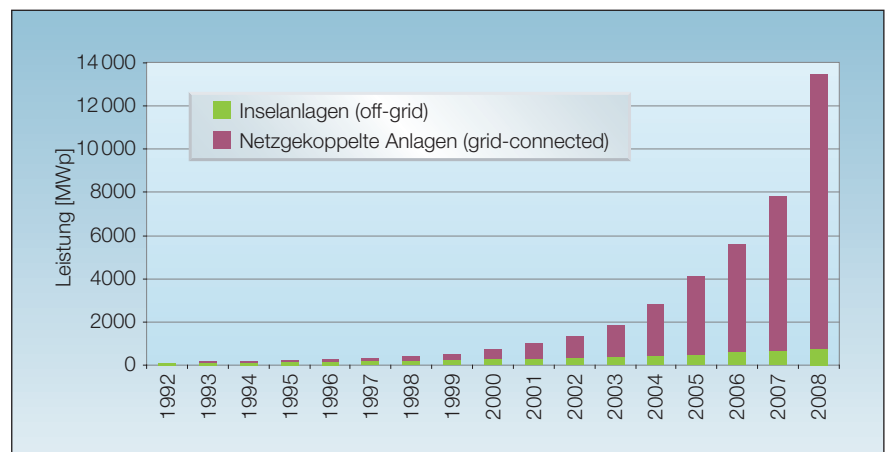
Die Solarmodule werden im Normalfall (je nach Zelltechnologie) als Verbund von Glas, Einbettungsmaterial mit den Zellen (häufig EVA) und einer Rückwandfolie (kristalline Technologie) oder als Glas/Glas (kristallin oder Dünnschicht) oder als Folien/Folien-Verbund (Dünnschicht) hergestellt. Sie sind äusserst robust und langlebig. 25 Jahre Garantie auf 80% der Nennleistung sind heutzutage Standard. In vielen Bereichen erfolgen weitere Entwicklungen wie z.B. energieertragssteigernde Antireflexgläser, neuartige Laminatoren zur effiziente-

ren Modulproduktion, neue Einbettmaterialien aus thermoplastischen Kunststoffen oder verbesserte Randversiegelungen der Module. Diese Arbeiten ermöglichen es, die Kosten weiter zu senken, die Lebensdauer zu erhöhen und das spätere Recycling der Module zu vereinfachen.

Bei den mechanischen Komponenten erfolgen Verbesserungen für Gebäudeintegrationen, Aufdach- und Freilandanlagen. Im Bereich der Installationsarbeiten ergeben sich Verbesserungen z.B. durch weitgehend werkzeuglose Montage der Unterkonstruktionen oder durch Flachdachfolien mit integrierten flexiblen Fotovoltaiklamina-

ten, die im gleichen Arbeitsgang mit der Dachfolie angebracht werden. Die elektrische Systemtechnik umfasst Balance-of-System-(BOS)-Komponenten wie Wechselrichter, Laderegler, Kontrollsysteme, Kabel, Stecker, Schalter etc. Die Wechselrichter werden – bei bereits hohem Wirkungsgrad – laufend preiswerter und z.B. durch neue Kühlkonzepte und Komponenten noch zuverlässiger und langlebiger. Bei Kabeln und Steckern sind z.B. langfristig sichere Verbindungen durch Einrastsysteme oder Bajonettverschlüsse ein Thema. Einen immer höheren Stellenwert gewinnen das optimierte, häufig webgestützte Monitoring und die Reduktion der Betriebs- und Unterhaltskosten von Fotovoltaikanlagen. Besonderes Gewicht wird hierbei auf Betriebssicherheit, Standardisierung und Qualitätssicherung gelegt.

Dem schnellen Marktwachstum entsprechend, schreitet die Entwicklung der Fabrikationstechnologien zügig voran. Der Automatisierungsgrad wird laufend erhöht, die Geschwindigkeit gesteigert und der Ausschuss (z.B. bei Wafer-Säge-Prozessen) reduziert. Industriell gefertigte, schlüsselfertige (turn-key) Produktionsanlagen gewinnen zudem insbesondere bei Dünnschichttechnologien an Bedeutung. Das Potenzial



**Bild 3 Installierte fotovoltaische Gesamtleistung in den Ländern der IEA PVPS in MW. Werte für 2008 geschätzt.**

	1980	2007	2015/2020	2030	Langfristiges Potenzial
Systempreis [€/Wp]*	> 30	4-8	2,5/2,0	1	0,5
Strom Gestehungskosten [ct/kWh] *	> 200	30	15/12	6	3
Typischer Wirkungsgrad**	bis 8%	bis 15%	bis 20%	bis 25%	bis 40%

\* Gerechnet in 2007-€-Werten, ohne Mehrwertsteuer.  
 \*\* Wirkungsgrad bezogen auf die Gesamtfläche eines kommerziellen, nicht konzentrierenden Fotovoltaikmoduls.

Tabelle Zeitliche Entwicklung einiger Fotovoltaikennwerte.

zur Kostensenkung und Effizienzsteigerung ist erheblich, da die industrielle Dimension und Massenproduktion für die Fotovoltaik erst gerade begonnen hat.

### Forschung und Entwicklung – Schweizer Spitzentechnologie

Die Schweizer Entwicklungsarbeit hat in den letzten Jahren – sowohl in der Forschung wie auch in der Industrie – zu beachtlichen Fortschritten geführt. Dies dank einer soliden Fotovoltaikforschung, die von der öffentlichen Hand (in den letzten Jahren mit durchschnittlich 11 Mio. CHF, siehe Bild 2) und dem Privatsektor (mindestens 50 Mio. CHF im vergangenen Jahr) finanziell mitgetragen worden ist. Insgesamt hat die Schweizer Fotovoltaik weltweit bedeutende Forschungsergebnisse erarbeitet und eine markante industrielle Entwicklung mit namhaften Akteuren erfahren. Beispiele:

In verschiedenen Materialtechnologien für künftige Solarzellen (amorphes und mikrokristallines Dünnschichtsilizium, CIGS und CdTe, nanokristalline Farbstoffzellen) konnten weltweit beachtete Forschungsergebnisse erarbeitet und damit ein Spitzenrang in der internationalen Forschung und Entwicklung erzielt werden.

Das Interesse der Industrie an der Fotovoltaik hat in den vergangenen Jahren massiv zugenommen. Heute besteht in der Schweiz eine rasch wachsende Industrie, welche mittlerweile entlang der gesamten Fotovoltaikwertschöpfungskette tätig ist.

Im Zulieferbereich für die Zell- und Modulfertigung konnten sich einige Schweizer Produkte im internationalen Markt an vorderster Front platzieren.

Für Wechselrichter bestehen am Markt verschiedene international wettbewerbsfähige Schweizer Produkte mit unterschiedlicher Technologie.

Die Produktpalette für gebäudeintegrierte Fotovoltaik konnte um eine Reihe von technisch und ästhetisch verbesserten Lösungen bei gleichzeitiger Kostensenkung bereichert werden.

Das Know-how in den Bereichen Anlagenplanung, Simulation, Hilfsinstrumente

und Überwachung konnte um praxistaugliche Lösungen und Produkte ergänzt werden.

Neuere netzgekoppelte Fotovoltaikanlagen erreichen auch im Mittelland eine spezifische Energieproduktion von rund 1000 kWh/kW.

Die internationale Zusammenarbeit konnte in den letzten Jahren erfolgreich fortgesetzt werden (Europäische Union, Internationale Energie-Agentur, Internationale elektrotechnische Kommission, European Photovoltaic Technology Platform).

Mit diesen Entwicklungen sind auch die technologischen Voraussetzungen gegeben, dass die Schweizer Fotovoltaik mit ihrem Know-how und ihren Produkten im internationalen Wettbewerb konkurrenzfähig und erfolgreich sein kann.

### Industrie – ein Milliarden-geschäft für die Schweiz

Die Fotovoltaikindustrie hat sich in der Schweiz entlang der ganzen Wertschöpfungskette stark entwickelt. Zusammen mit den in der Planung und dem Bau von Fotovoltaikanlagen tätigen Unternehmen besteht in der Privatwirtschaft eine hohe Fachkompetenz in allen für die Schweiz

relevanten Bereichen der Fotovoltaik. Die Schweizer Fotovoltaikindustrie hat ihren Umsatz im vergangenen Jahr weit über die Milliarden Schwelle gehoben, wobei die meisten Franken im Exportgeschäft verdient werden.

Es fehlt nicht an eindrücklichen Beispielen und Zahlen, um diese Entwicklung zu veranschaulichen.

3S Industries aus Lyss haben ihren Bruttoumsatz 2008 auf 109 Mio. CHF vervierfacht und zählen zu den Marktführern für Produktionsanlagen für Solarmodulherstellung. Bei Oerlikon Solar ist die Anzahl Beschäftigter am Standort Trübbach zwischen 2006 und 2008 von 28 auf 650 gestiegen. Sputnik Engineering hat mit dem Bezug des neuen Firmengebäudes die Wechselrichterproduktion von 30 auf 300 MW verzehnfacht.

Wie begehrt das schweizerische Know-how ist, zeigt sich nicht nur in Form von exportierten Produkten, sondern auch bei Beteiligungen und Übernahmen durch ausländische Unternehmen. Diese sichern sich damit einerseits den Zugang zu Spitzentechnologien, andererseits verstärken sie ihr Portfolio. 2 prominente Beispiele:

HCT Shaping Systems (Hersteller von Wafer-Sägen) wurde von US-amerikanischen Applied Materials übernommen. Flexcell (VHF Technologies) erhielt eine hohe Kapitalbeteiligung durch die deutsche Q-Cells hinsichtlich der Entwicklung der industriellen Produktion neuartiger Solarmodule auf billigen Substraten.

Nicht wenige der Schweizer Erfolgsgeschichten haben ihre Wurzeln in der Forschung, die dank eines kontinuierlichen Fotovoltaikprogramms und einer ausgezeichnet ausgebildeten Forschungsgemeinschaft einen fruchtbaren Boden für die Geschäftserfolge bildet.

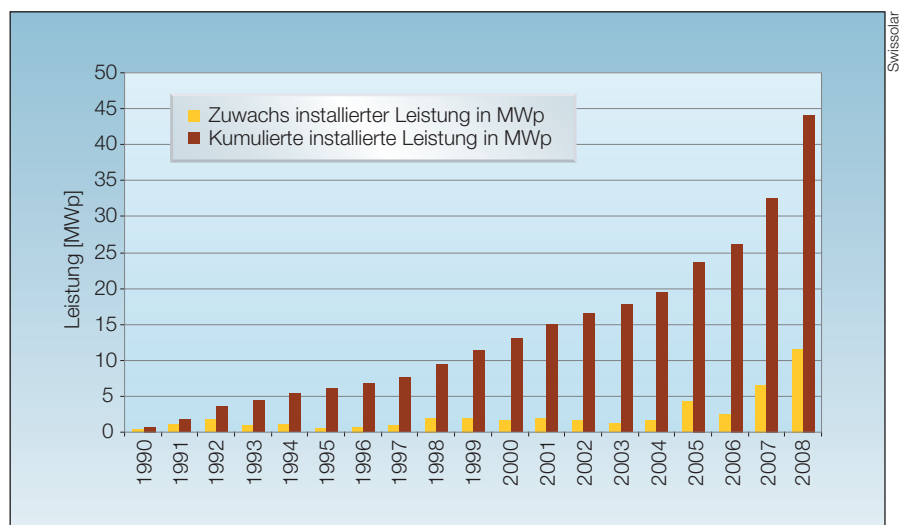


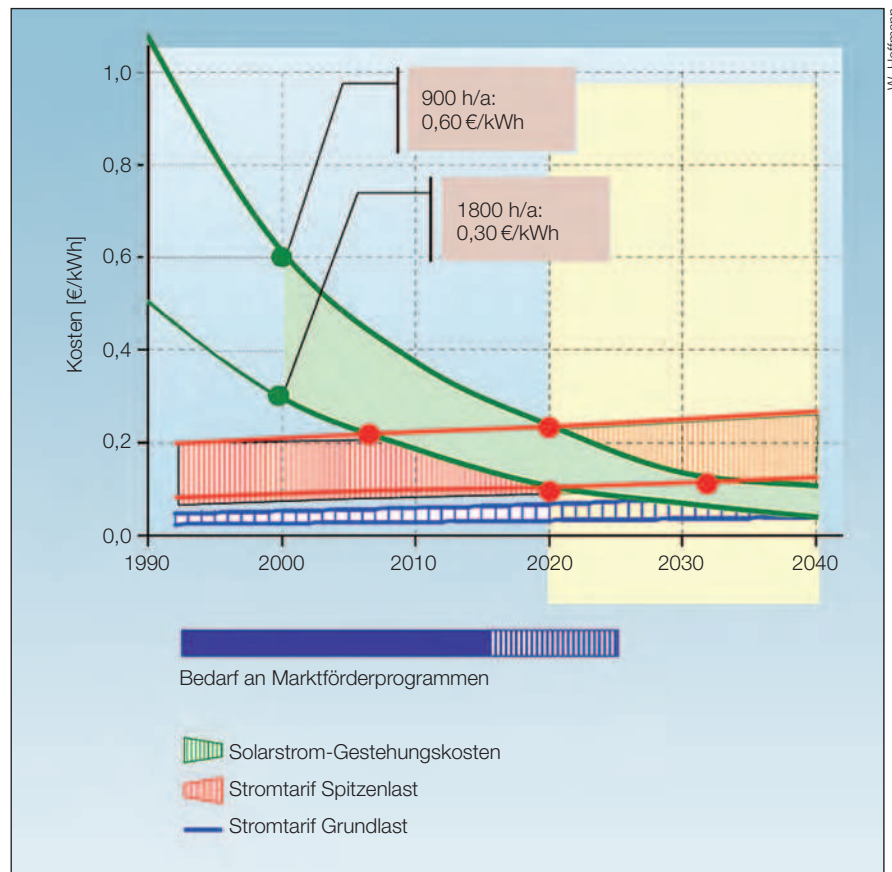
Bild 4 Installierte fotovoltaische Leistung in der Schweiz (Werte für 2008 geschätzt; Werte ab 2004 ohne Kleinanlagen unter 250 Wp).

### Marktförderliches Umfeld bietet Fotovoltaik Platz an der Sonne

Die Marktdaten sprechen eine deutliche Sprache: Seit nun fast 10 Jahren erfährt die Fotovoltaik ein Marktwachstum von gegen oder teilweise deutlich über 40%. Rund 5,5 GW fotovoltaische Leistung wurden allein im letzten Jahr neu ans Netz angeschlossen. Der weitaus grösste Teil wurde in Spanien und Deutschland erstellt. Weitere Länder – die USA, Italien, Frankreich, Japan und Korea – installierten eine Leistung von deutlich über 100 MW – dieses Volumen entsprach noch bis vor Kurzem dem gesamten Weltmarkt. Der Markt in der Schweiz hat ebenfalls eine spürbare Zunahme erfahren. Sein Wachstum nach oben hängt in näherer Zukunft von den verfügbaren Mitteln im Rahmen der kosten-deckenden Einspeisevergütung (KEV) ab. Diese Mittel reichen für ein paar Megawatt Fotovoltaik pro Jahr.

Die wuchtige Marktentwicklung der Fotovoltaik kann zusammenfassend auf 3 Hauptfaktoren zurückgeführt werden. Erstens hat eine zunehmende Anzahl von Ländern – begonnen mit Japan und Deutschland – förderliche Marktbedingungen geschaffen. Zumeist sind es Einspeisevergütungen, die die Investition in ein Fotovoltaiksystem lohnend machen. Die kosten-deckenden Tarife – in der Schweiz mit dem sogenannten Burgdorfer Modell 1991 «erfunden» – bezwecken dabei oft nicht nur eine Erhöhung der Solarstromproduktion, sondern ebenfalls den Ausbau der Solarindustrie. Zweitens bietet die Fotovoltaik langfristig einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung und somit auch zur Erreichung von Umwelt- und Klimaschutzzielen. Drittens erfreut sich die Fotovoltaik einer positiven Entwicklung: Die Technologie wird günstiger, besser und vielseitiger – sie eröffnet sich so laufend neue und grössere Märkte. Allein in den letzten beiden Jahren wurde so viel fotovoltaische Leistung installiert, wie in all den vergangenen Jahrzehnten terrestrischer Anwendung zusammen.

Die meisten Prognosen gehen davon aus, dass das Wachstum der Fotovoltaik hoch bleiben wird, da sich die obigen 3 Faktoren nicht grundsätzlich ändern, wobei die gegenwärtige Wirtschaftskrise die Entwicklung kurzfristig etwas dämpfen dürfte. Nach mehreren Jahren der Preisstabilität – bedingt durch eine hohe Nachfrage und Engpässe wie bei der Rohstoffversorgung mit Silizium – rechnen nun die meisten Beobachter mit einem dynamischen Preisgefüge auf der Angebotsseite. Einerseits dürfte der Wettbewerb trotz beachtlicher Nachfrage durch kräftigen Ausbau der Produktionskapazitäten schärfer werden, an-



**Bild 5 Kostenentwicklung für die Fotovoltaik.**

Die grünen Kurven geben die Stromgestehungskosten für die Fotovoltaik an: Die höhere Kostenkurve steht für eine Region mit einer geringen Solareinstrahlung von 900 h im Jahr, die untere Kostenkurve für eine Region mit einer hohen Solareinstrahlung von 1800 h im Jahr. Mit der Zeit schneiden sich diese Kurven mit den Stromtarifen für Spitzenlast (rot) und Grundlast (blau). Mit Erreichen der Netzparität müssen die Marktförderprogramme umgestaltet resp. zurückgefahren werden.

dererseits müssen die in den letzten Jahren realisierten Kostensenkungen im Herstellungsprozess auch effektiv an die Preisfront weitergegeben werden, um konkurrenzfähig zu bleiben. Im Zusammenhang mit den sinkenden Preisen taucht immer häufiger der Begriff der Netzparität (Grid Parity) auf.

### Netzparität – kommt eine neue Stromlandschaft?

Die Netzparität steht für den Kreuzungspunkt, wo sich die Produktionskosten von Solarstrom und die Strompreise an der Steckdose treffen. Je höher die Strompreise sind und/oder je kostengünstiger Solarstrom erzeugt werden kann, desto eher wird dieser Kreuzungspunkt erreicht. Wann und wo dies der Fall sein könnte, zeigt Bild 6. Die Stromgestehungskosten aus Fotovoltaikanlagen dürften demnach in wenigen Jahren das Niveau der (hohen) Stromtarife für Haushalte in Italien erreichen. Von dort aus wird der Solarstrom vergleichsweise immer günstiger – und dies in einem immer weiteren Gebiet in Europa.

Die Netzparität dürfte nach dieser Einschätzung um 2020 in der Schweiz Realität sein.

Für die einen stellt die Netzparität ein entscheidendes Moment dar, wo die Fotovoltaik zusätzlich an Attraktivität gewinnt; für die anderen ist dies ein imaginärer Ort, wo Äpfel und Birnen miteinander verglichen werden. Einerseits dürfte nicht nur im Falle von Südtalien die Fotovoltaik als Chance für die Bewältigung von Spitzenlasten und für die verbrauchernahe Produktion verstanden werden. Andererseits trägt der Vergleich von Strompreis und Stromkosten verschiedenen Aspekten nicht Rechnung. Die Infrastrukturen und Dienstleistungen zwischen Stromproduzenten und -verbraucher bleiben bei diesem Vergleich zu einem grossen Teil unberücksichtigt. Allerdings stellt die Netzparität auch nur eine Momentaufnahme dar, denn es ist davon auszugehen, dass die Fotovoltaik ihre Kosten weiter senken kann und dass sich das Stromnetz nicht nur wegen der Fotovoltaik verändern wird. Auf beiden Seiten des Wechselrichters gilt es, genauer auf die Implikationen eines zunehmenden Anteils Solarstrom in der Elektrizitätsversorgung einzugehen.

## Potenziale für die Energiewirtschaft

Die Fotovoltaik macht sich voraussichtlich schneller breit, als die meisten Experten noch vor wenigen Jahren erwartet hätten. Dies hat Konsequenzen auf grundlegende Fragestellungen, die nun immer weniger mit einer groben Antwort abgehakt werden können. 2 Fragen dürften insbesondere auch die Stromversorgungsunternehmen interessieren: Wie sieht es mit einem hohen Fotovoltaikanteil im Netz aus? Wo finden sich die bestgeeigneten Flächen zur Solarstromproduktion?

Aus Sicht der Stromproduktion hat sich der prozentuale Anteil von Fotovoltaikstrom jahrzehntelang diskret in einer Stelle weit hinterm Komma versteckt. In manchen Ländern setzt der Solaranteil bereits zum Sprung übers Komma an. Spanien hat dies mit einer Vervielfachung seiner Produktionskapazität im letzten Jahr als erstes Land auf der Welt realisiert. Deutschland und Luxemburg nähern sich der 1%-Marke. Die Schweiz, die noch in den 1990er-Jahren die Rangliste der «installierten Fotovoltaikleistung pro Kopf» anzuführen pflegte, liegt vergleichsweise weit abgeschlagen und befindet sich gegenwärtig an der 1%-Marke.

Dass sich die Grössenordnungen schnell ändern können, zeigen z.B. die sich neu etablierenden Messgrössen für den Weltmarkt. Das Marktvolumen verdoppelt sich innert weniger als 2 Jahren und misst sich seit Kurzem in Gigawatt. Die Erklärungsabsichten von Industrie und Politik legen den Schluss nahe, dass diese Entwicklung anhält. Die European Photovoltaic Industry Association (EPIA) hat im Kontext des Strategic Energy Technology Plan der Europäischen Union verschiedene Ausbauszenarien mit einem Solarstromanteil in Europa ums Jahr 2020 bis zu 12% gezeichnet. Dieses ambitionöse Ziel kann die Fotovoltaikindustrie nicht alleine erreichen. Ab einem Anteil um 6%, so rechnet die EPIA selber vor, müssen Fotovoltaiksysteme und Stromnetz besser aufeinander abgestimmt sein. Es reicht dann nicht mehr, den Solarstrom einfach ins Netz zu speisen. Dies gilt ebenso für andere Produktionsformen von erneuerbarem Strom. Als Antwort auf diese Herausforderung werden häufig die Smart Grids und die Chancen der Erneuerbaren in einem ausgewogenen, komplementären Energiemix erwähnt.

Bei den Stromversorgungsunternehmen grenzen sich die Positionen keineswegs auf das bestmögliche Netzmanagement ein. Im Gegenteil: Immer mehr Unternehmen werden aktiv im Fotovoltaikanlagenbau wie auch in der Solarstromproduktion. In der Schweiz kann eine klare Präferenz für die

gebäudeintegrierte Fotovoltaik ausgemacht werden. Das heisst, dass Solarstrom primär auf bestehenden Gebäudeflächen erzeugt werden soll und weniger auf der grünen Wiese. Noch Anfang der 1990er-Jahre gingen die Ansichten zum verfügbaren Flächenpotenzial im Gebäudepark weit auseinander. Für die einen war das Potenzial vernachlässigbar klein, für die anderen reichte das Potenzial weit über die solare Voldeckung hinaus.

Die heute breit akzeptierten Potenzialangaben für die Schweiz können wie folgt grob zusammengefasst werden: Auf 100 km<sup>2</sup> gut geeigneter Gebäudedachflächen lässt sich Solarstrom im Umfang von 25% des Stromverbrauchs erzeugen. Damit wird deutlich, dass die Fotovoltaik einen wesentlichen Beitrag zur Stromversorgung leisten kann. Obschon das Potenzial bei Weitem nicht ausgeschöpft ist, haben manche Unternehmen bereits Probleme, geeignete Flächen zu finden. Durch solche Erfahrungen wächst die Erkenntnis, dass der Gebäudepark und seine Dachflächen eine wichtige «Energieressource» darstellen, die effektiv und dynamisch bewirtschaftet werden kann und soll. In diesem Kontext überlegen sich immer mehr Kommunen und Stromversorgungsunternehmen, «ihr» Potenzial zu analysieren und z.B. in einem umsetzungsrelevanten Inventar zu

erfassen. Damit werden künftig wichtige Strategie- und Entscheidungsgrundlagen zusammengetragen.

## Schlussfolgerungen – Herausforderungen und Chancen

Die Schweiz hat es in den letzten Jahrzehnten verstanden, eine starke Fotovoltaikforschung und -industrie aufzubauen. Diese zeichnen sich durch hohe Qualität und Innovation aus. Das Schweizer Fotovoltaikforschungsprogramm hat wesentlich dazu beigetragen, dass in der Schweiz eine volkswirtschaftlich bedeutsame Industrie entstanden ist, welche die äusserst dynamische Entwicklung auf dem Weltmarkt zu ihren Gunsten zu nutzen wusste. In einem Markt mit Wachstumsraten von rund 40% ist die Fotovoltaik für Schweizer Unternehmen zu einem wichtigen Milliardengeschäft geworden.

Der Schweizer («Heim-») Markt hat sich dagegen eher gemächlich entwickelt. Die Schweiz ist hier von der einstigen Spitzenposition ins anonyme Mittelfeld abgerutscht. Die Sorge und Debatte um eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Stromversorgung hat aber letztlich auch in der Schweiz dazu geführt, mittels kostendeckenden Einspeisevergütungen (KEV) die Marktentwicklung neuer erneuer-

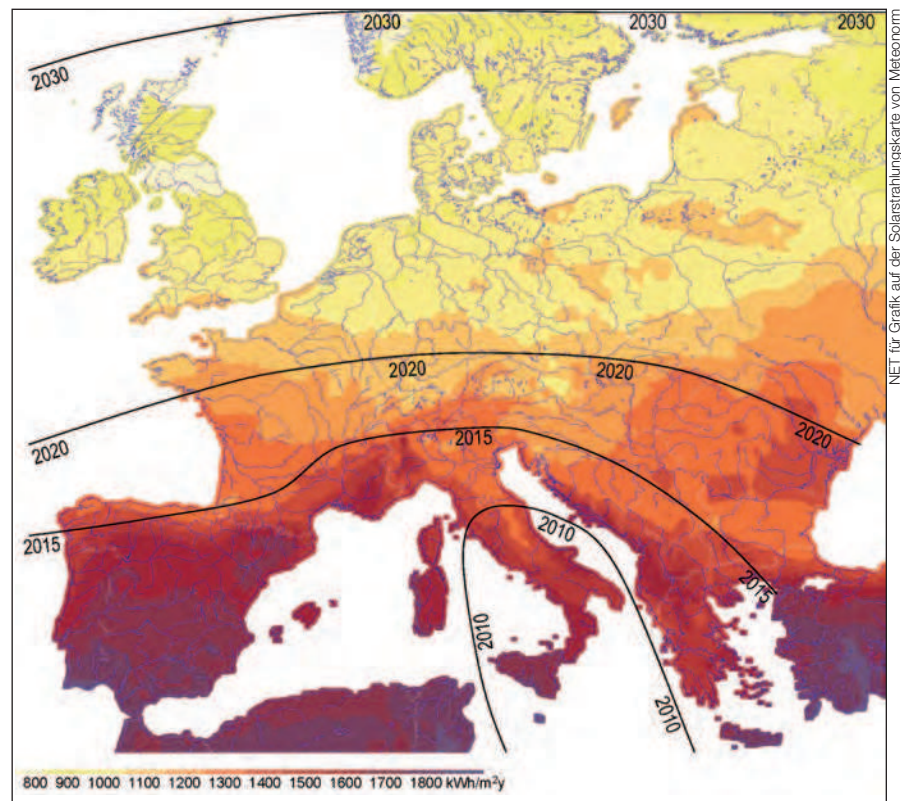


Bild 6 Karte mit der Ausdehnung der Netzparität in Europa gemäss European Photovoltaic Industry Association (EPIA).



Système d'Information du Territoire genevois

**Bild 7** Karte mit den ausgewählten öffentlichen Gebäuden zur Analyse des Fotovoltaikpotenzials in der Gemeinde Vernier GE.

barer Stromerzeugungstechnologien zu unterstützen. Der Ausbau der Fotovoltaik wurde damit zwar beschleunigt, jedoch durch die geltenden Einschränkungen in vorderhand sehr beschränktem Ausmass. Die weitere politische Diskussion wird zeigen, inwiefern die unbefriedigende Situation in absehbarer Zeit verbessert werden kann.

Die Fotovoltaik kann für die Energiewirtschaft dank der erwarteten günstigen Kostenentwicklung hin zur Netzparität, ihrer Möglichkeit der verbrauchernahen Stromproduktion und ihrem wertvollen Beitrag zu einem nachhaltigen Energiemix mittelfristig interessante Perspektiven eröffnen.

Der Strombranche kommt hier eine massgebliche Rolle zu. Es ist davon auszugehen, dass in nicht mehr allzu ferner Zukunft die Fotovoltaik im Energieportfolio eine wichtige Position einnehmen wird. Zahlreiche Fragestellungen wie die der intelligenten Netze (Smart Grids) oder der effektiven Nutzung der Potenziale im schweizerischen Gebäudepark betreffen die Branche unmittelbar. Eine steigende Anzahl Unternehmen – in Anlagenbau und Installationswesen, Stromproduktion und -handel etc. – treibt bereits im Fotovoltaikbereich eine aktive Geschäftspolitik.

Zentral ist ein ausgewogener Mix von «technology push» und «market pull», damit sich der Fotovoltaiksektor entlang der ganzen Wertschöpfungskette bestmöglich entwickeln kann. Günstige Rahmenbedingungen für diese Entwicklung sind einerseits eine kontinuierliche, mit genügenden Mitteln ausgestattete und flexible Förderung von Forschung, Entwicklung und Demonstration. Ebenso unverzichtbar ist aber andererseits ein wachsender Markt, der die ganze technologische und industrielle Entwicklung entscheidend antreibt. Gleichzeitig sind Ausbildung und Information auszu-

bauen. All diese Massnahmen müssen letztlich in eine konsequente und vorausschauende Energiepolitik eingebettet sein, welche den erneuerbaren Energien ihren Platz einräumt und entsprechende Strategien verfolgt.

**Referenzen**

- [1] Bundesamt für Energie, Energieforschungsprogramm Photovoltaik für die Jahre 2008-2011, 2008.
- [2] Bundesamt für Energie, Solarstrom in der Gemeinde, 2006.
- [3] Bundesamt für Energie, Überblicks- und Jahresberichte des Schweizer Photovoltaikforschungsprogramms 2008, 2009.
- [4] Bundesamt für Energie, Projektliste der Energieforschung des Bundes 2006/2007, 2009.
- [5] European Photovoltaic Technology Platform, A Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology, 2007.
- [6] IEA PVPS, Potential for Building Integrated Photovoltaics, Achievable Levels of Electricity from Photovoltaic Roofs and Façades, 2002.
- [7] IEA PVPS, Trends in Photovoltaic Applications – Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2007, 2008.
- [8] Schweizer Photovoltaikprogramm: <http://www.photovoltaik.ch>, Kontakt: Stefan Nowak, Programmleiter Photovoltaik, [stefan.nowak@netenergy.ch](mailto:stefan.nowak@netenergy.ch); Stefan Oberholzer, Bereichsleiter Photovoltaikforschung, BFE, [stefan.oberholzer@bfe.admin.ch](mailto:stefan.oberholzer@bfe.admin.ch); Urs Wolfer, Bereichsleiter Photovoltaikmarkt, [urs.wolfer@bfe.admin.ch](mailto:urs.wolfer@bfe.admin.ch).

**Angaben zu den Autoren**

Dr. **Stefan Nowak** hat an der Universität Fribourg Physik studiert und seine Dissertation an der ETH Lausanne in der Fusionsforschung abgeschlossen. Energieforschung und nachhaltige Energieversorgung gehören damit zu seinen langjährigen Erfahrungsgebieten. Stefan Nowak leitet im Auftrag des Bundesamts für Energie das Schweizer Photovoltaikprogramm. 1997 gründete er die NET Nowak Energie & Technologie AG, ein auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz spezialisiertes Beratungsunternehmen. *NET Nowak Energie & Technologie AG, 1717 St. Ursen, [stefan.nowak@netenergy.ch](mailto:stefan.nowak@netenergy.ch)*

**Marcel Gutschner** hat an der Universität Fribourg das Fach- und Gymnasiallehrerdiplom in Geografie und Wirtschaft erlangt. Seit 1997 befasst er sich bei der NET Nowak Energie & Technologie AG mit den Bereichen Markt- und Potenzialanalysen, Konzepte zur Umsetzung der erneuerbaren Energien und internationale Netzwerke. *NET Nowak Energie & Technologie AG, 1717 St. Ursen, [marcel.gutschner@netenergy.ch](mailto:marcel.gutschner@netenergy.ch)*

**Résumé**

**Le photovoltaïque en Suisse: perspectives de développement**

Depuis quelques années, le photovoltaïque se développe à la vitesse grand V, tant au niveau technologique qu'industriel. Avec un taux de croissance annuelle de 40%, le photovoltaïque fait partie des secteurs les plus dynamiques de l'économie. Entretemps, le volume global sur le marché se mesure en gigawatts. En comparaison, le rôle énergétique du photovoltaïque est certes encore limité, mais l'ascension vertigineuse et la dimension industrielle en forte croissance de cette technologie sont toutefois considérables. Actuellement, le photovoltaïque suscite l'intérêt des milieux industriels et financiers. En Suisse, la situation technico-scientifique est excellente pour être présents sur l'ensemble du marché du photovoltaïque en forte croissance avec des innovations et des produits suisses. Quels défis et quelles chances s'offrent aux acteurs dans la recherche, l'industrie et le marché? Tour d'horizon de la chaîne de valeur dans le contexte international et suisse.



“Just in time” ist für uns  
ein selbstverständlicher 24 Std. Service



#### Qualitätslogistik zu Ihrem Vorteil

Mit 8 Niederlassungen schweizweit sind wir ganz in Ihrer Nähe und bieten so schnellste und höchste Lieferbereitschaft. Wir liefern mit unserem lokalen EM-Kurierdienst individuell und zeitgenau dorthin, wo sie es wünschen – auch assortiert pro Objekt oder Wohnung.



- Bestell-Service per Telefon, Fax, E-Shop, E-Mail
- 50'000 Artikel in jedem der 8 Regional-Lager
- Vormontierte Schalter-Kombinationen
- 95% Verfügbarkeit & Lieferung am Folgetag
- Bedarfsorientierte Lieferung per Camion, Post, Kurier
- 24 Std. Abhol-Service in 8 regionalen EM-Shops



[www.elektro-material.ch](http://www.elektro-material.ch)

500 MitarbeiterInnen bieten Ihnen schnellste Artikelbereitstellung, Liefergenauigkeit, individuelle Servicelösungen und kompetente Fachberatung.

#### Ihr guter Kontakt

Basel • Bern • Genf • Lausanne • Lugano • Luzern • Sion • Zürich