



# FAKTENBLATT PHOTOVOLTAIK

---

## Auf einen Blick

Weltweit wird seit 2007 mehr Leistung aus Solarzellen zugebaut als aus Atomkraftwerken. Solarstrom ist unerschöpflich, umweltfreundlich und ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Stromversorgung der Schweiz und der Welt. Das realisierbare umweltverträgliche und sinnvolle Potenzial liegt bei bis zu 30 TWh. **Bis 2035 können davon mindestens 15.6 TWh realisiert werden.**

Neben der Steigerung der Stromeffizienz ist Solarstrom von unseren Dächern damit der Hauptpfeiler einer dezentralen, ökologischen und bezahlbaren Energiewende und trägt bis 2035 rund 25 Prozent zur Stromversorgung bei. Für die Realisierung braucht es in der Schweiz rund 93 km<sup>2</sup> Photovoltaik-Flächen. Bei der heutigen Bevölkerung von 7.86 Mio. sind das rund 12 m<sup>2</sup> pro Kopf.

## Porträt

Die auf der Erde eintreffende Sonnenstrahlung wird mit Solarzellen in Strom umgewandelt. Solar- oder Photovoltaikzellen bestehen aus einem Halbleitermaterial (meist Silizium) und werden durch direktes und diffuses Sonnenlicht in elektrische Spannung versetzt. Die Spannung wird über die metallischen Kontakte an der Zelle gesammelt und als Gleichstrom zum Wechselrichter geleitet. Der Wechselrichter wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom um, und dieser wird dann am Ort verbraucht oder ins Stromnetz eingespeist.

Es gibt aber auch andere Arten der Solarstromerzeugung: **Solarwärmekraftwerke** konzentrieren die Energie der direkten Sonneneinstrahlung mit Spiegeln oder Linsen, erhitzen damit eine Flüssigkeit und produzieren mit dem entstehenden Dampf bzw. mittels Turbinen Solarstrom. Solche Anlagen, die meist mit der Abkürzung CSP (Concentrated Solar Power) umschrieben werden, können Tag und Nacht Solarstrom produzieren, weil die am Tag gewonnene Wärme in Tanks zwischengespeichert werden kann. Sie brauchen allerdings eine hohe direkte Sonneneinstrahlung und werden deswegen vor allem in südlichen Breitengraden realisiert. In der Schweiz wird Solarstrom fast ausschliesslich mittels Solarzellen produziert.

Einzelne Solarzellen werden zu einem Solarmodul mit einer Grösse von circa ein bis zwei Quadratmetern und einer Anzahl von etwa 30-60 Solarzellen zusammengefasst. Der Schweizer Markt für Solarmodule wird zu ca. 95 Prozent durch Zellen aus Silizium abgedeckt. Die am häufigsten verwendeten heterogen strukturierten, bläulich schimmernden Module aus polykristallinen Silizium-Solarzellen (Marktanteil von ca. 53 Prozent) erreichen einen typischen Modulwirkungsgrad von 10 bis 16 Prozent. Die etwas teureren, homogen strukturierten dunklen Module aus monokristallinen Silizium-Solarzellen (Marktanteil von ca. 35 Prozent) erreichen Modulwirkungsgrade von 12 bis 20 Prozent.

Daneben gibt es weitere Technologien – unter anderem Dünnschichtzellen aus amorphem Silizium oder anderen Halbleitern wie Kadmiumtellurid (CdTe-Zellen) oder einem Verbund aus Kupfer, Indium, Gallium und Schwefel oder Selen (CIS- oder CIGS-Zellen). Solche Dünnschichtzellen erreichen typischerweise Modulwirkungsgrade zwischen 5 bis 12 Prozent.

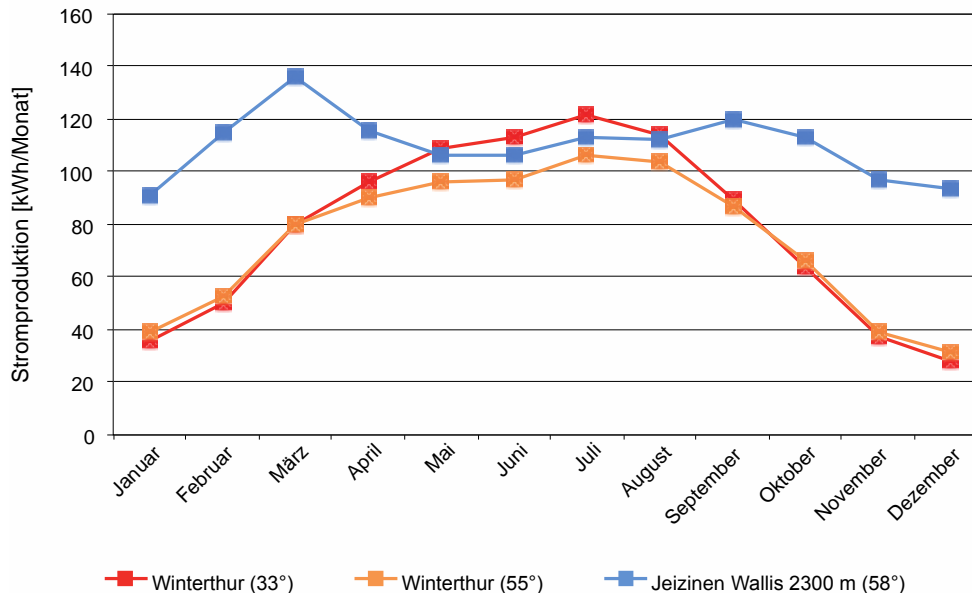
## Standort Schweiz

Pro Quadratmeter fällt in der Schweiz jährlich ca. 1'100 kWh Sonnenenergie an. Der Systemwirkungsgrad für die Umwandlung der eintreffenden Sonnenenergie in Wechselstrom beträgt je nach eingesetzten Komponenten zwischen 5 und 19 Prozent.



Mit einer durchschnittlichen horizontalen Sonneneinstrahlung von rund 1'100 kWh/m<sup>2</sup> hat die Schweiz bessere Bedingungen für die Photovoltaik als Deutschland. In den Alpen erreichen wir mit bis zu 1600 kWh/m<sup>2</sup> sogar spanische Verhältnisse. Die Alpen punkten aber nicht nur mit sehr hohen Einstrahlungswerten, sondern auch mit hohen Wintererträgen: Während Photovoltaik-Anlagen im Mittelland im Sommer doppelt so viel wie im Winter liefern, lässt sich im Alpenraum in der kalten Saison gleich viel wie im Sommer produzieren.

**Abbildung: Vergleich der PV-Produktion im Mittelland und in den Alpen**



**Erläuterung Abbildung:** Erwartete Stromproduktion einer 1 kW PV-Anlage im Mittelland (Winterthur) mit 33° und 55° Neigung und einer gleichen Anlage in den Alpen (in Jeizinen, Wallis) auf 2'300 m Höhe mit 58° Neigung. Die Gesamtproduktion beträgt im Mittelland 940 kWh. In den Alpen liegt sie mit 1'320 kWh pro Jahr um 40 Prozent höher. Beachtlich ist die hohe Produktion der Anlage in den Alpen in den Monaten Oktober bis April. (Quelle: [1], S.50)

## Potenzial

Die internationale Energieagentur (IEA) hat 2002 die für die Solarstromproduktion geeigneten Schweizer Dachflächen und Fassaden analysiert und mit einem konservativen Wirkungsgrad von 10 Prozent ein Stromproduktionspotenzial von 18 TWh pro Jahr errechnet [2]. Das sind 30 Prozent des heutigen Stromverbrauchs. Bezieht man die steigenden Wirkungsgrade und die Tatsache ein, dass die IEA neu entstehende Dächer sowie weitere gut nutzbare Flächen auf Infrastrukturen wie Schallschutzwänden, Lawinerverbauungen und Stauseemauern in ihrer Abschätzung nicht berücksichtigt hat, dann steigt das Solarstrompotenzial auf rund 30 TWh pro Jahr.

### **Wo ist der Zubau einfach realisierbar?**

In erster Linie sollen die riesigen Flächen auf dem Gebäudepark (Dächern, Fassaden) genutzt werden. Neubauten sollten solaroptimiert gebaut werden und Flächen für Photovoltaik und Solarthermie vorsehen. Auch ist die Nutzung von Flächen auf und entlang von Infrastrukturbauten sinnvoll (wie Lärmschutzwänden, Mittelstreifen bei Autobahnen, Lawinerverbauungen, Parkplätzen).

### **Wo gibt es Zubau mit Fragezeichen?**

Bei Konversionsflächen, d.h. Freiflächen von ehemaligen Militär-, Industrie- oder Gewerbeflächen, die heute brachliegen und nicht für andere Zwecke genutzt werden können, sollte in einem Abwägungsprozess die optimale Lösung gefunden werden. Das Gleiche gilt für die Nutzung von künstlichen Wasseroberflächen und bei der Nutzung von eingezäunten Grünstreifen entlang von Autobahnen oder Zugstrecken. Solche Flächen bieten Potenzial für grosse Einzelanlagen, mit denen billiger Solarstrom produziert werden kann. Das Gesamtpotenzial ist im Vergleich zum einfach erschliessbaren Potenzial aber gering.



**Wo ist der Zubau unnötig?**

Nutzung von Grünflächen allgemein, insbesondere von Landwirtschaftsflächen. Falls aber solche Flächen zur Energiegewinnung verwendet würden, ist die Photovoltaik eine deutlich effizientere und sinnvollere Art der Nutzung als der Anbau von Energiepflanzen.

Tabelle Potenzial Photovoltaik

Potenzial	TWh pro Jahr
Bis 2010 erstellt	0.09
Potential umweltverträglich und „sinnvoll“	30
Beitrag bis 2025	12
Beitrag bis 2035	15
Potential auf kritischen Flächen mit Interessensabwägungsbedarf	KLEIN
Erschliessungsbedarf auf Grünflächen oder Landwirtschaftsland	NULL

**Mit der Konzentration des PV-Zubaus auf einfach umsetzbare, unproblematische Flächen können wir zusammen mit den Schweizer Fachleuten vom Bau-, Elektroinstallations-, Planungs-, Haustechnik- und Solargewerbe einen schnellen und nachhaltigen Ausbau der Photovoltaik realisieren.**

**Zahlenspiele**

- 12 TWh/a aus Photovoltaik entspricht mit heutiger Technologie einer Fläche von etwa 12 m<sup>2</sup> pro Einwohner. Die benötigte Fläche kann sich bis 2035 verringern, weil diese vom durchschnittlichen Wirkungsgrad der installierten Solarmodule abhängt.
- Die für die Produktion von Solarstrom nutzbare Fläche auf Dächern und Fassaden beträgt ca. 25 m<sup>2</sup> pro Einwohner. Gemäss IEA-PVPS können in der Schweiz rund 140 km<sup>2</sup> gut nutzbare Dächer und rund 52 km<sup>2</sup> gut nutzbare Fassaden für die Solarenergie genutzt werden.
- In der Schweiz gibt es knapp 400 m<sup>2</sup> Siedlungsfläche pro Kopf. Die nötige Solarfläche entspricht ca. 3 % der aktuell verfügbaren Siedlungsfläche.
- Auf jede/n SchweizerIn kommen rund 60 m<sup>2</sup> Gebäudegrundflächen und jedes Jahr kommen schätzungsweise 4.5 km<sup>2</sup> bzw. 0.6 m<sup>2</sup> pro Einwohner neue Gebäudeflächen hinzu. Würden wir die Hälfte der jährlich hinzukommenden Grundfläche konsequent für die Solarstromproduktion nutzen, könnten jährlich Solarmodule mit einer Leistung von ca. 320 MW und einer voraussichtlichen Produktion von ca. 0.32 TWh/a zugebaut werden. Alleine damit könnten wir zwischen 2013 und 2025 die Solarstromproduktion auf beachtliche 4 TWh/a steigern. Zu diesem Vergleich ist allerdings anzumerken, dass aus Umweltsicht die Geschwindigkeit der Versiegelung massiv abgesenkt werden muss.
- Rund 14 m<sup>2</sup> Solarzellen pro BernerIn und Berner genügen für den Komplettersatz des AKW Mühleberg. 14 m<sup>2</sup> ist die Hälfte der gut nutzbaren Dachflächen (das sind solche, die mindestens 80 % vom maximal möglichen Solarertrag erlauben).

**Massnahmen**

Der Trumpf von Photovoltaik ist, dass sie sich schnell ausbauen lässt. In Bayern wurde die Solarenergie seit 2004 mit hoher Geschwindigkeit ausgebaut – obwohl die Kosten zu Beginn drei Mal höher lagen als heute und trotz der im Vergleich mit der Schweiz schlechteren Einstrahlungsverhältnisse. Würden wir uns die Pro-Kopf-Entwicklung von Bayern zum Vorbild nehmen, so hätten wir Ende 2011 ca. 7.7 Prozent des Bedarfs gedeckt oder 4'600 GWh Solarstrom pro Jahr produziert [6]. Stattdessen verfügt die Schweiz gemäss Statistik Ende 2011 nur über 149 GWh Solarstrom pro Jahr [7]. Und eine Warteliste mit 18'476 PV-Projekten, die zusammen rund 809 GWh Solarstrom pro Jahr liefern würden ([8], Stand: 3.9.2012).

Derweil macht die Landesregierung in Bayern weiter vorwärts: Bis 2021 sind rund 14'000 MW an Solaranlagen vorgesehen, die 16% des Strombedarfs decken sollen [9].

Die Schweiz hingegen will bis 2020 bescheidene 535 GWh pro Jahr produzieren bzw. nicht mal 1 Prozent des Strombedarfs mittels Photovoltaik decken. Bis 2035 sind so viele PV-Anlagen vorgesehen, wie Deutschland alleine im Monat Dezember 2011 zugebaut hat (ca. 3000 MW) [10].



### Konkrete Massnahmen:

- Parlament, Bund, Kantone und Elektrizitätswerke müssen mit der Solarenergie ernst machen und ihre symbolischen Ausbaupläne revidieren. Es braucht ein schweizweites Fördersystem für den schnellen und günstigen Ausbau.
- Die KEV muss reformiert und gestrafft werden: Deckel und planwirtschaftliche Kontingente müssen weg.
- Die Vergütung pro Kilowattstunde Solarstrom muss weiter gesenkt werden, um möglichst viele Anlagen zu finanzieren.
- Die 18'476 Photovoltaik-Projekte auf der Warteliste der KEV (Stand 3.9.2012) müssen freigegeben werden [8].

### Wirtschaftliche Parameter

Wird der von den Umweltverbänden geforderte beschleunigte Ausbau nicht zu einer Kostenexplosion führen? Dank der massiv sinkenden Aufwendungen für PV-Anlagen (seit Beginn der deutschen Förderung sind die Kosten auf einen Drittel gefallen [13]) und der von den Umweltverbänden vorgeschlagenen Optimierung der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV), lässt sich diese Frage mit Nein beantworten. Figur 2 zeigt die Halbierung der Gestehungskosten seit 2009 und zukünftig erwartete Kostensenkungen in der Schweiz.

Zudem sind folgende Faktoren zentral für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit:

- Der Ersatz von Strom aus fossilen Kraftwerken und Atomkraftwerken durch Solarstrom reduziert externe Kosten.
- Solarstrom schafft Wertschöpfung und Arbeitsplätze vor Ort. Aktuell fliessen rund die Hälfte der Ausgaben an lokale Bau- und Planungsfirmen. Durch die günstiger werdenden Materialkosten steigt der regionale Anteil schnell.
- Solarstrom verbilligt den Börsenstrom, weil zu Zeiten mit hoher Nachfrage teure Kraftwerke durch Solarstrom verdrängt werden (Merit-Order-Effekt).
- Solarstrom verringert die Abhängigkeit von Preisschwankungen bei importierten Energie-Rohstoffen.

### Wie ist das mit... ?



#### Brauchen Solarzellen mehr Energie bei der Herstellung als sie in der Nutzung liefern?

Nach ein bis vier Jahren haben Solaranlagen die Energie, die für die Herstellung eingesetzt wurde, wieder zurück gewonnen. Die Lebensdauer einer Anlage beträgt 30 Jahre [5,11].



#### Auswirkungen auf die Umwelt

Solarstrom bringt wie jede Stromproduktion eine Umweltbelastung mit sich. Die Berechnung der Ökobilanz anhand der neuesten Daten nach der Methode der ökologischen Knappheit vom Bundesamt für Umwelt BAFU zeigt, dass Strom aus Solarzellen zwar grössere Belastungen als Strom aus Wind- oder Wasserkraft verursacht, aber weitaus besser abschneidet als Strom aus Kernkraft oder fossilen Energien [5,11].



#### Kritische Rohstoffe und Recycling

95% der Solarzellen bestehen hauptsächlich aus Silizium [9]. Ein kleiner Anteil der Module wird mit anderen Halbleitermaterialien gefertigt. Sie enthalten teilweise giftige oder seltene Rohstoffe, wie z.B. Cadmium, Gallium, Selen oder Indium, was der Solarenergie einiges an Kritik eingebracht hat. Der Einsatz dieser Rohstoffe lässt sich aber vollständig vermeiden. Silizium, ist das zweithäufigste Element der Erdkruste, wird aus Quarzsand gewonnen und ist ungiftig. Silizium und in der Elektronik verwendete Metalle wie Kupfer, Blei oder Aluminium sind nach dem Gebrauch vollständig wieder verwertbar. Das von der Industrie finanzierte Non-Profit-Unternehmen pvcycle [12] stellt derzeit die Wiederverwertung in Europa sicher.



## Quellen

- [1] Akademien Schweiz 2012: Zukunft Stromversorgung Schweiz
- [2] IEA PVPS 2002: Potential for Building Integrated Photovoltaics, download unter: <http://www.netenergy.ch/pdf/BipvPotentialSummary.pdf> (Zugriff August 2012)
- [3] Agentur für erneuerbare Energien 2010: Entwicklung der Kosten und der Wirkungsgrade von Solarzellen
- [4] Umweltallianz 2011: Atomausstieg konkret. Potenziale, Massnahmen und Gewinne.
- [5] Frischknecht et al. 2011: R. Frischknecht, M. Tuchschnid und R. Itten: Primärenergiefaktoren von Energiesystemen, V 2.2 April 2011, ESU-Services, Uster (Bezug über <http://www.esu-services.ch/>)
- [6] EnergyMap.info (Zugriff 7.9.2012): <http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/111.html>
- [7] Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2011
- [8] Swissgrid: [www.guarantee-of-origin.ch/](http://www.guarantee-of-origin.ch/) (Zugriff am 3.9.2012)
- [9] Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 2012: Bayrisches Energiekonzept „Energie Innovativ“ (Zugriff am 5.9.2012)
- [10] Energiestrategie 2050 des Bundes: Stand vom 18.4.2012
- [11] Jungbluth et al 2012: N. Jungbluth, M. Stucki, K. Flury, R. Frischknecht und S. Büsser: Life Cycle Inventories of Photovoltaics, Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie, ESU-services, Uster.
- [12] [www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org)
- [13] Agentur für erneuerbare Energien 2012: Bilanz positiv: Nutzen erneuerbarer Energien überwiegt Kosten bei weitem (Pressemitteilung vom 7.9.2012)
- [13] Fraunhofer ISE 2012: Fraunhofer ISE 2012: aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland

## Links

[www.pvtest.ch](http://www.pvtest.ch)

Fraunhofer ISE 2012: aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland zu beziehen unter:

<http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroef-fentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>

## Kontaktperson

Georg Klingler

Experte für erneuerbare Energien, Greenpeace Schweiz

Tel. +41 44 447 41 88

Email: [georg.klingler@greenpeace.org](mailto:georg.klingler@greenpeace.org)

<p><b>STROMMIX 2035</b></p> <p><b>100 PRO</b></p> <p><b>EINHEIMISCH ERNEUERBAR EFFIZIENT</b></p>	<p><b>Energie sind „WIR“</b></p> <p>Ob 100PRO (einheimisch, erneuerbar und effizient) machbar ist, liegt bei uns allen. Der Weg ist steinig und lang. Wir können uns vollständig mit Strom aus einheimischen und erneuerbaren Quellen versorgen. Wenn wir wollen. Denn das neue «Wir» können wir selbst gestalten – typisch schweizerisch: sicher, bezahlbar und effizient. Der Weg zur Strom-Souveränität ohne Atomkraft und Gas bringt einen erheblichen Gewinn für das Gewerbe sowie den Denk- und Werkplatz Schweiz. Gefordert sind: Ingenieurinnen, Forscher, Gewerbler, Politikerinnen, Behörden und Umweltschützer. Und nicht zuletzt «WIR»; das sind die Schweizer Privatpersonen und ihr Konsumverhalten. Wir können zu Machern der sicheren Stromzukunft werden. 100 PRO.</p>
--	---