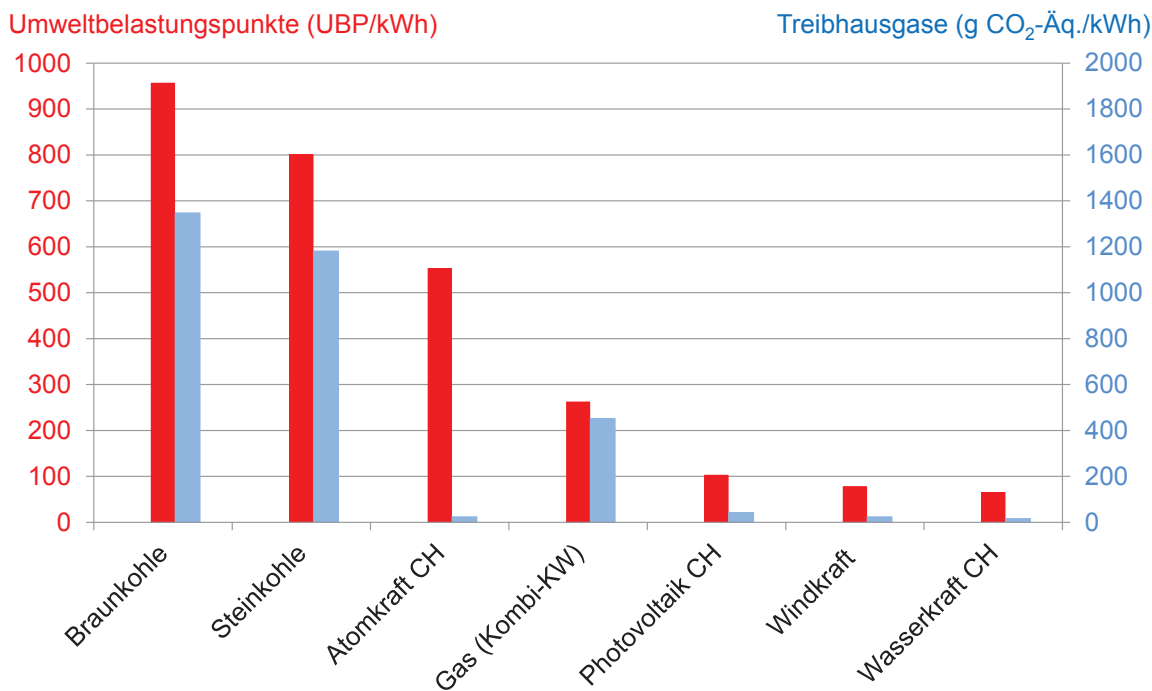


## Ökobilanz der Stromerzeugung durch Photovoltaik

Stromerzeugung durch Photovoltaik wird immer wichtiger und kann künftig über 20% des Schweizer Strombedarfs ausmachen. Durch den Strombedarf, der für die Herstellung der Zellen und Module benötigt wird, ergeben sich jedoch auch bei der Photovoltaik gewisse Umweltbelastungen. Es gibt keine Energieproduktion ohne Umweltbelastung – deshalb unterstützt Swissolar Massnahmen, die zur Reduktion des Energieverbrauchs führen. Die Umweltbelastung der Photovoltaik-Anlagen stammt vor allem vom Strom, der zur Herstellung der Solarzellen erforderlich ist. Je sauberer die Stromproduktion weltweit wird – dazu trägt ja die Photovoltaik bei – desto besser wird deren Ökobilanz. Im Gegensatz dazu werden die Umweltschäden der nuklearen und fossilen Stromproduktion weiter zunehmen.

### Umweltbelastung der Stromerzeugung



- Erzeugungsarten ohne die Bezeichnung CH sind europäische Mittelwerte (UCTE)
- Photovoltaik CH: Dach-integrierte Anlage mit monokristallinem Si, Technologie 2012, Standort Küsnacht, Jahresertrag 185 kWh/m<sup>2</sup>
- Berechnung durch E2 Management Consulting AG, Zürich (siehe: [www.e2mc.com](http://www.e2mc.com) → Projekte → Publikationen → Ökobilanz von Solarstrom)

Wie die oben stehende Grafik zeigt, gehört Photovoltaik (PV) zu den am wenigsten umweltbelastenden Technologien zur Stromerzeugung. Es entstehen pro Kilowattstunde (kWh) Solarstrom etwa 40 g CO<sub>2</sub>-äquivalente Treibhausgase und zirka 54 Umweltbelastungspunkte. Die rasch sinkenden Preise in der Photovoltaikbranche führen zudem zu einer immer besseren Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen. Mit der Produktion von Solarmodulen in Schwellenländern muss allerdings sichergestellt werden, dass dort gleich hohe Umwelt- und Sozialstandards wie in Europa gelten.

### Wichtige Fragen und Antworten

#### Energierückzahldauer

Die aufgewendete Energie zur Herstellung einer Photovoltaik-Anlage wird innerhalb weniger Jahre amortisiert. Dies heisst, dass der erzeugte Solarstrom bereits nach kurzer Zeit so viel nicht erneuerbare Primärenergie konventioneller Kraftwerke kompensiert, wie zur Herstellung und Entsorgung der Photovoltaik-Anlage nötig ist. Für Photovoltaik in der Schweiz liegt die Rückzahldauer je nach Stand-

ort und eingesetzter PV-Technologie bei 1 bis 3 Jahren. Danach erzeugen die PV-Anlagen während weiterer 30 bis 40 Jahren sauberen Strom ohne Umweltbelastungen. Im Gegensatz dazu sind Kohle-, Gas- und Atomkraftwerke während ihrer gesamten Betriebsdauer auf die Zufuhr nicht erneuerbarer Energien angewiesen und verursachen damit laufend Umweltbelastungen.

## Umfassende Ökobilanz

Die Nutzung der Solarenergie hat wie jede andere Technologie auch Umweltbelastungen zur Folge. Ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten (UBP) schneidet Solarstrom jedoch je nach Technologie und Standort in der Schweiz drei- bis fünfmal besser ab als der durchschnittliche Schweizer Strommix und bis zu siebenmal besser als der europäische Strommix. Der Vergleich verschiedener Stromerzeugungsarten ist in der Grafik auf Seite 1 ersichtlich.

Umweltbelastungen durch Photovoltaik-Anlagen entstehen nicht beim Betrieb, sondern bei deren Herstellung und zum geringen Teil bei deren Entsorgung. Die Energieerzeugung für den Strom, der zur Produktion des Reinstsiliziums für die Solarmodule benötigt wird, stellt dabei einen grossen Teil der negativen Auswirkungen auf die Umwelt dar. Die Solarmodulehersteller beziehen das Reinstsilizium meist von verschiedenen Lieferanten aus Europa, USA und Asien. Je sauberer der Strommix des jeweiligen Stromnetzes wird, umso mehr verbessert sich die Ökobilanz und die Energierückzahldauer der Photovoltaik-Anlage. Zusätzlich führen auch effizientere Produktionsabläufe und der höhere Wirkungsgrad der Solarmodule laufend zu ökologischen Verbesserungen.

## Treibhausgas-Bilanz

Emissionen von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen, die den Klimawandel verursachen, werden in Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente ausgedrückt. Strom aus Photovoltaik-Anlagen in der Schweiz hat mit 30 bis 40 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro kWh zusammen mit Wind- und Wasserkraft eine im Vergleich zu Kohle- und Gaskraftwerken sehr gute Treibhausgas-Bilanz. Solarstrom in der Schweiz ist bezüglich den Treibhausgas-Emissionen drei- bis viermal besser als der durchschnittliche Schweizer Strom und bis zu 15-mal besser als der europäische Strommix.

Auch bei Atomkraftwerken entstehen je nach Herkunft und Aufbereitung des Kernbrennstoffs erhebliche CO<sub>2</sub>-Emissionen, die vor allem durch den Bau und den Rückbau der Kraftwerke und durch die Aufbereitung der Brennstoffe (Uran) entstehen, von den unkontrollierbaren Risiken und der ungeklärten Frage der Endlagerung der radioaktiven Abfälle ganz zu schweigen. Die Treibhausgas-Bilanz von Photovoltaik-Anlagen wird sich dagegen in den nächsten Jahren noch weiter verbessern. Die Gründe dafür - geringerer Materialverbrauch, effizientere Herstellprozesse und besserer Strommix - sind schon im vorangegangenen Abschnitt erwähnt. Bei der Atomenergie ist genau die umgekehrte Entwicklung zu erwarten: Da vermehrt auf Erze mit geringem Urangehalt zurückgegriffen werden muss, wird sich deren Treibhausgas-Bilanz verschlechtern.

## Materialverfügbarkeit

Photovoltaik-Module bestehen vor allem aus dem Rohstoff Silizium, der für die Solarzellen und das Glas benötigt wird. Silizium ist das zweithäufigste Element der Erdkruste und wird aus Quarzsand gewonnen. Daneben wird auch Aluminium zur Befestigung und Montage der Photovoltaik-Module sowie Kupfer für die elektrischen Leitungen eingesetzt. Weniger als 1%\* der in der Schweiz eingesetzten PV-Module bestehen aus Dünnschichtzellen, die seltene Materialien wie Gallium, Indium oder Tellur benötigen.

\* gemäss Erhebungen von Swissolar bei den Mitgliedsfirmen

## Materialverbrauch und Recycling

Im Gegensatz zu Strom aus Uran, Kohle, Erdöl und Erdgas erfordert der Betrieb einer Photovoltaik-Anlage nur sehr geringe Ressourcen. Die für die Herstellung der PV-Anlage verwendeten Materialien wie Glas, Silizium, Aluminium und Kupfer können nach der 30- bis 40-jährigen Nutzungsdauer zum grössten Teil aufbereitet und in neuen Anlagen wieder eingesetzt werden. Um diesen Materialkreislauf sicherzustellen, hat die Photovoltaik-Branche ihr eigenes Recycling-System «PV CYCLE» aufgebaut. Mehr dazu findet sich unter [www.pvcycle.org](http://www.pvcycle.org) sowie im Swissolar-Merkblatt 21010 «Recycling und Entsorgung von Photovoltaik-Modulen».

In Zusammenhang mit der Herstellung von Photovoltaik-Modulen ist der Stoff Siliziumtetrachlorid zu erwähnen. Dieser entsteht als Nebenprodukt bei der Produktion des Reinstsiliziums. Das Siliziumtetrachlorid kann entweder im Produktionsprozess wiederverwendet oder als Rohstoff zur Herstellung von Kieselsäure verkauft werden. Kieselsäure wiederum wird in verschiedensten Bau- und Haushaltprodukten eingesetzt.

Dünnschicht-PV-Module, die Cadmium-Tellurid (CdTe) enthalten, werden in der Schweiz nicht verwendet. Im Ausland wird diese Technologie jedoch häufig eingesetzt. Für den Rückbau und das Recycling gelten besonders strenge Anforderungen.

## Anpassung von Stromproduktion und -verbrauch

Für den Ausgleich von Angebot und Nachfrage braucht es im Stromnetz rasch variable Produktionsmöglichkeiten (beispielsweise Speicherkraftwerke oder Gaskraftwerke) sowie Möglichkeiten zur Stromspeicherung (Batterien und/oder Pumpspeicherkraftwerke). Auch beim Einsatz von Atomkraftwerken ist ein solcher Ausgleich notwendig, denn diese produzieren Tag und Nacht ihre volle Leistung, obwohl nachts viel weniger Strom benötigt wird.

Das schweizerische Stromnetz ist dank der Wasserkraftwerke bestens in der Lage, auch Produktionsschwankungen von Solar- und Windenergie auszugleichen. Mit den Entwicklungen hin zu einem intelligenten Stromnetz (Smart Grid) wird zudem der Strombedarf vermehrt dem Angebot angepasst werden können. Weiter werden Blockheizkraftwerke, welche Strom und Wärme gleichzeitig erzeugen, die Stromproduktion im Winter erhöhen und ihre Produktion kurzfristig dem Strombedarf anpassen können.

### Hinweis:

Das vorliegende Merkblatt wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität seiner Inhalte wird keine Gewähr geleistet. Insbesondere entbindet es nicht, die einschlägigen und aktuellen Empfehlungen, Normen und Vorschriften zu konsultieren und zu befolgen. Das vorliegende Merkblatt dient ausschliesslich zu Informationszwecken. Eine Haftung für Schäden, die aus dem Konsultieren bzw. Befolgen dieses Merkblatts entstehen, wird ausdrücklich abgelehnt.

Die Urheberrechte liegen bei Swissolar.