

Wie klimafreundlich ist Solarstrom tatsächlich?



Foto: Schweizer Solarpreis 2014

Einfamilienhaus in Ruschein mit ganzflächig integrierter PV-Dachanlage. Die in den Bündner Bergen gelegene Solaranlage liefert über 1200 kWh Solarstrom pro installiertem Kilowatt Leistung, während aktuelle Ökobilanzen von einem schweizerischen Durchschnittswert von 922 kWh/kW_p ausgehen. Entsprechend tiefer sind auch die Treibhausgasemissionen dieses Solarstroms.

Trotz gestiegener Treibhausgasemissionen aufgrund der Produktionsverlagerung nach China schneidet Solarstrom nach wie vor deutlich besser ab als Elektrizität aus fossilen Quellen.

Die Produktionsverlagerung von Photovoltaikmodulen nach Asien, insbesondere China, hat deren Preise seit 2006 um über 60 Prozent sinken lassen. Diese erfreuliche Entwicklung hat jedoch ihre Schattenseite: Weil die Produktion

von mono- und polykristallinen Solarmodulen viel Strom benötigt und dieser in China vorwiegend aus fossilen Quellen stammt, hat sich die Klimabilanz von Solarstrom verschlechtert. Dies zeigt eine Studie aus dem Jahr 2014, welche die Firma Treeze im Auftrag des Bundesamts für Energie erarbeitet hat.

Herkunft der Module

Chinas Marktanteil in der gesamten Herstellungskette von mono- und polykristallinen Zellen lag gemäss der Treeze-Studie im Jahr 2011 bei 73 bis 81 Prozent. Und in China sind die Treibhausgasemissionen bei der Produktion um rund 75 Prozent höher

als in Europa, wo teilweise Wasserkraft und Kombikraftwerke eingesetzt werden und auch der durchschnittliche europäische Strommix deutlich weniger Treibhausgasemissionen emittiert als der chinesische.

Ausgehend vom genannten Produktionsmix berechneten die Autoren die Klimabelastung von Solarstrom aus einer monokristallinen, auf einem Schweizer Schrägdach installierten PV-Anlage. Beim eingesetzten Modulwirkungsgrad von 15,1 Prozent und einer Lebensdauer von 30 Jahren betragen die Treibhausgasemissionen 88 g CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde. Vergleicht man diese Werte mit früheren Jahren, zeigt sich folgendes Bild: 2009 betrug der Marktanteil chinesischer Module gemäss einer Studie von PSI und ESU-Services hierzulande erst ein Drittel. Bei einem damals durchschnittlichen Modulwirkungsgrad von 14 Prozent resultieren dabei Treibhausgasemissionen von 79 g CO₂ eq/kWh¹.

Systemwirkungsgrad hat deutlich zugelegt

Die Studie macht deutlich, dass die Produktionsverlagerung nach Asien die Klimabilanz verschlechtert hat. Allerdings stellt sich die Frage, ob die Studie die technologische Entwicklung der letzten Jahre genügend berücksichtigt. Der eingesetzte Wirkungsgrad von 15,1 Prozent entsprach im Jahr 2011 etwa dem Marktdurchschnitt monokristalliner Zellen. Die Entwicklung geht jedoch rasant weiter. Bis 2013 ist der durchschnittliche Wirkungsgrad monokristalliner Module gemäss der Fachzeitschrift Photon International (Ausgabe 2/2014) bereits bei rund 16 Prozent angelangt, auf dem Markt sind Module mit Wirkungsgraden über 21 Prozent erhältlich.

Nebst dem Modulwirkungsgrad hat auch die sogenannte Performance Ratio einen grossen Einfluss auf die Effizi-

¹ In der Studie Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz von PSI und Esu-Services (2012) wurde der CO₂-Ausstoss auf 97 g/kWh beziffert. Dabei wurden dem Solarstrom aber Netzverluste in der Höhe von 8,8 Prozent angelastet. Zur direkten Vergleichbarkeit haben R. Itten et al. 2014 die Bilanz ohne Netzverlust neu berechnet und zudem den Strommix der verschiedenen Regionen aktualisiert.

enz einer PV-Anlage. Dieser Wert gibt an, wie viel des in den Modulen produzierten Stroms tatsächlich am Ort der Nutzung ankommt.

Entscheidend sind hierbei vor allem die Verluste bei der Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom. Die genannten Studien gehen alle von einer Performance Ratio von 75 Prozent und einem Stromertragproinstallierte Leistung von 922 kWh/kW_p aus. Dieser Wert entspricht etwa dem durchschnittlichen Ertrag der Schweizer Bestandsanlagen, der gemäss Markterhebung Sonnenenergie von Swissolar im Jahr 2012 bei 975 kWh/kW_p und 2013 bei 913 kWh/kW_p lag. Darin enthalten sind auch über zwanzigjährige Anlagen.

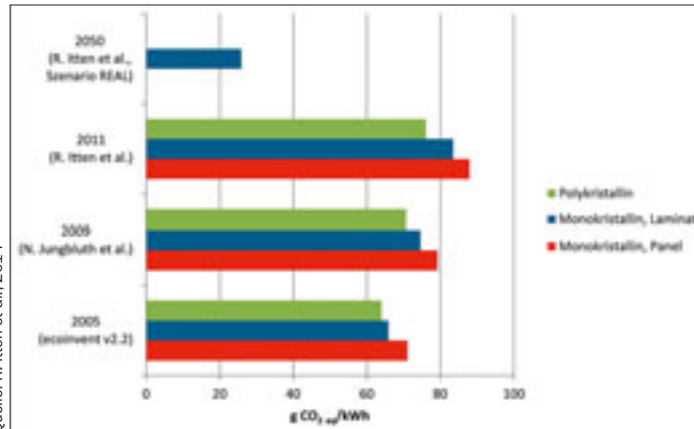
Seither ist die Performance Ratio jedoch deutlich gestiegen – unter anderem durch technologische Fortschritte bei den Wechselrichtern. Ein modernes PV-System weist heute einen Systemwirkungsgrad von 85 Prozent auf. Im Schweizer Mittelland mit einer Solareinstrahlung von 1100 W/m²a beträgt der jährliche Ertrag pro kW_p also 935 kWh und in Bergregionen mit einer jährlichen Einstrahlung von 1500 W/m²a bis zu 1300 kWh. Würden diese Zahlen eingesetzt, läge die Klimabelastung des Schweizer Solarstroms aus optimal ausgerichteten und in den Bergen montierten Anlagen also deutlich tiefer, als in der Treeze-Studie berechnet.

Faktor Einstrahlung

Wie diese Zahlen bereits andeuten, ist der Standort einer Solaranlage mitentscheidend für die Klimabilanz von Solarstrom. Deshalb fällt seine Ökobilanz in südlichen Ländern deutlich besser aus als für eine Schweizer Durchschnittsanlage: Eine 2013 erschienene Studie aus den USA beziffert den CO₂-Fussabdruck von Solarstrom aus Süditalien mit einer jährlichen Solarstrahlung von 1700 W/m²: Selbst bei einem eher tief angesetzten Wirkungsgrad von 14 Prozent, einer Performance Ratio von 75 Prozent und rein chinesischen Modulen liegen die Treibhausgasemissionen bei 72 CO₂ eq/kWh – deutlich tiefer als in der Schweiz.

Doch egal, mit welchen Daten gerechnet wird, hat Solarenergie bereits heute einen deutlich kleineren Fussabdruck als beispielsweise Erdgaskraftwerke, die rund 450 g CO₂ eq/kWh ausstossen. Und sie leistet einen bedeutenden Beitrag zur Reduktion des Verbrauchs nicht erneuerbarer Energien: Liefert eine Schweizer PV-Anlage den Strom ins europäische

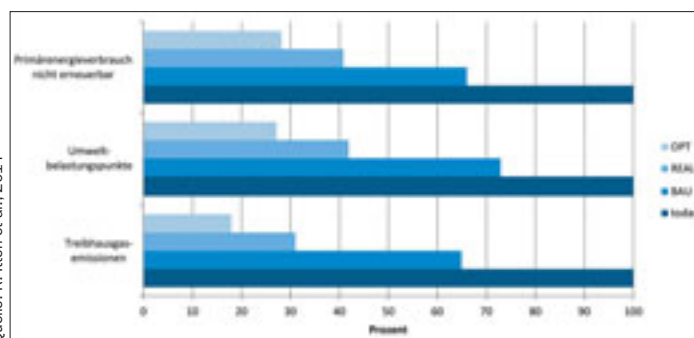
Entwicklung der Treibhausgasemissionen von PV-Strom 2005–2050



Quelle: R. Itten et al., 2014

Treibhausgasemissionen (in g CO₂ eq/kWh) von Photovoltaikstrom aus einer optimal ausgerichteten Schweizer Schrägdachanlage mit einem Ertrag von 922 kWh/kW_p und einer Lebensdauer von 30 Jahren. Zum Vergleich: Der europäische ENTSO-E-Strommix liegt bei 462 g CO₂ eq/kWh.

Szenarien für die Umweltbelastung von PV-Strom 2050



Quelle: R. Itten et al., 2014

Szenarien für die Umweltbelastung von Photovoltaikstrom aus einer optimal ausgerichteten Schrägdachanlage bis 2050.

«BAU»: Business as usual, Lebensdauer 30 Jahre
 «REAL»: realistische Verbesserungen, 35 Jahre
 «OPT»: optimistische Verbesserungen, 40 Jahre

Netz und verdrängt dort die klassische thermische Stromproduktion, hat sie bereits nach 2,5 Jahren den Verbrauch nicht erneuerbarer Primärenergie um so viel reduziert, wie für die Herstellung der Anlage benötigt wurde (R. Itten et al.).

Treibhausgasemissionen werden weiter sinken

Noch besser wird die Klimabilanz in Zukunft aussehen, denn es gibt noch einige Potenziale zur Effizienzsteigerung – vor allem in den Bereichen Moduleffizienz, Materialverbrauch oder Lebensdauer. Zudem ist zu erwarten, dass sich der Strommix in den Herkunftsregionen verändern wird. So ist in China eine deutliche Reduktion des Kohlestroms zu erwarten.

Diese Entwicklungen sind in der Treeze-Studie in drei Zukunftsszenarien abgebildet. Selbst bei einem konservativen Szenario rechnen die Autoren bis 2050 mit einer Reduktion der Treibhausgasemissionen aus PV-Strom in der Schweiz um mehr als ein Drittel, bei einem realistischen Szenario um rund zwei Drittel – bei gleichen Marktverhältnissen wie heute. Beim realistischen Szenario, das von einem Modulwirkungsgrad

von 25,2 Prozent, einer Lebensdauer von 35 Jahren und einem reduzierten Materialbedarf an Silizium, Silber und Glas ausgeht, wird der CO₂-Ausstoss einer dachintegrierten, monokristallinen Solaranlage nur noch knapp 26 g CO₂ eq/kWh betragen.

Klimafreundliche Alternative

Damit wird der PV-Strom bis 2050 so klimafreundlich wie die heutige Wind- und Wasserkraft und erreicht ähnlich tiefe Treibhausgasemissionen wie die Kernenergie heute. Letztere belastet die Umwelt insgesamt jedoch deutlich stärker als alle anderen Energieformen, ausgenommen Kohlekraft. Das Risiko, das die Technologie birgt, ist dabei noch nicht einmal berücksichtigt.

Der Strom von der Sonne ist also bereits heute und vermehrt noch in Zukunft eine umweltfreundliche Alternative zur fossilen und zur Kernenergie. Und nicht nur das technologische, sondern auch das Ausbaupotenzial auf Schweizer Dächern ist noch längst nicht ausgeschöpft.

Irene Bättig, Wissenschaftsjournalistin, im Auftrag von Swissolar

Detaillangaben zu den Studien auf Anfrage erhältlich.