Die verheerende Bilanz von Solarenergie

geschrieben von Admin | 22. Dezember 2017

Solarstrom hat einen hervorragenden Ruf. Er gilt als nachhaltig und klimaschonend. Mit dem neuen Energiegesetz, das im letzten Juni vom Volk gutgeheissen worden ist, bekommt die Sonnenenergie in der Schweiz eine zentrale Rolle beim Ersatz der Atomkraft: Bis 2050 sollen rund zwanzig Prozent des heutigen Stromverbrauchs der Schweiz von Fotovoltaik(PV)-Anlagen stammen.

Allerdings haben Kritiker bereits wichtige Schwachpunkte von Sonnenstrom in die Diskussionen eingebracht: **Solarenergie**ist erstens überaus teuer. Auch wenn der Preis für Sonnenstrom in den letzten Jahren deutlich gesunken ist, liegt die Rentabilität von Fotovoltaik-Anlagen in weiter Ferne. Ohne finanzielle Förderung geht es nicht: Die Einspeisevergütung, die Produzenten erhalten, beträgt noch immer das Mehrfache des Marktpreises von Strom. Zweitens ist die Produktion von Solarstrom unzuverlässig. Scheint die Sonne nicht, wegen schlechten Wetters oder wegen Dunkelheit, liefern PV-Anlagen keine Energie. Daraus ergeben sich vor allem im Winter, wenn am meisten Strom nachgefragt wird, erhebliche Versorgungsprobleme.

Doch die Bilanz von Solarstrom ist noch weit schlechter, als sich wohl auch viele Kritiker bewusst sind. Rechnet man ehrlich, ist diese Energieform alles andere als nachhaltig, sondern fördert den Ressourcenverschleiss. Berücksichtigt man alle Aufwendungen, die mit Fotovoltaik in der Schweiz verbunden sind, zeigt sich, dass gar mehr Energie eingesetzt werden muss, als eine Anlage während ihrer Lebensdauer erzeugen kann. Es ist ein energetisches Negativgeschäft.

Das liegt zum einen daran, dass Fotovoltaik enorm materialintensiv ist: Um die Stromproduktion des AKW Gösgen mengenmässig zu ersetzen, wäre eine Fläche an Solarpanels nötig, die fast so gross wie die des Zürichsees ist. Zum anderen ist die Schweiz absolut kein Sonnenland. In Spanien zum Beispiel können PV-Anlagen während doppelt so vieler Stunden Strom liefern.

Berechnungen mit Mängeln

Glaubt man Lobbyisten und PV-freundlichen Wissenschaftlern, erzeugen Solarpanels hierzulande zwar mindestens fünf- bis achtmal so viel Energie, wie für ihre Produktion nötig ist, doch solche Rechnungen weisen erhebliche Mängel auf: Der Aufwand zur Herstellung der Panels und ihrem Zubehör wird unterschätzt. Die Arbeitsleistungen für Installation, Unterhalt und Entsorgung werden übergangen. Der Aufwand für die Verzinsung der Investitionen wird übersehen. Und der Stromertrag wird buchstäblich mittels Schönwetter-Annahmen ermittelt.

Die folgenden Berechnungen stützten sich auf eine Publikation von Ferruccio Ferroni (Co-Autor dieses Artikels) und Robert Hopkirk im wissenschaftlich begutachteten Fachmagazin Energy Policy von 2016 (1). Die beiden Schweizer Forscher haben dabei eine ganzheitliche

Energiebilanz von Fotovoltaik in Gegenden mit einer mässigen Sonneneinstrahlung vorgenommen. Dabei wurden insbesondere Aufwendungen einbezogen, die in bisher gemachten Bilanzen nicht berücksichtigt wurden.
Um das Verhältnis von erzeugter Energie zu aufgewendeter Energie bei PV-Anlagen zu berechnen, muss man zum einen den Stromertrag über die gesamte Lebensdauer abschätzen. Laut Zahlen des Bundes resultieren bei neuen Solarpanels im Schnitt 106 Kilowattstunden (kWh) Strom pro Quadratmeter Solarpanel. Erfahrungen im Deutschland, wo PV-Anlagen schon viel länger im Einsatz sind als in der Schweiz, zeigen, dass eine mittlere Einsatzdauer der Panels von 25 Jahren angenommen werden kann. Berücksichtigt werden müssen weiter eine Leistungseinbusse von etwa einem Prozent pro Jahr wegen Materialveränderungen sowie die Häufung von Defekten und Betriebsstörungen bei älteren Panels. Insgesamt kann bei Solarpanels in der Schweiz von einem Energieertrag von rund 2200 kWh pro Quadratmeter ausgegangen werden. Dieser Wert liegt klar tiefer, als PV-Anbieter und Investoren glaubhaft machen. Es ist hier ähnlich wie beim Treibstoffverbrauch von Autos: Die offiziellen Werte werden unter Laborbedingungen ermittelt, die in der Realität kaum je zutreffen.
Der energetische Aufwand zur Produktion von Solarstrom ist komplexer zu berechnen. Ein grosser Anteil betrifft die Gewinnung von Rohstoffen, die für Solarpanels benötigt werden. Die Herstellung von ultrareinem Silizium etwa ist energieintensiv. Zudem braucht es Substanzen wie Chlorwasserstoff und Siliziumkarbid, die in der Natur nicht vorkommen. Heute werden über 80 Prozent der Solarpanels in China gefertigt. Der Anteil von Kohlestrom am chinesischen Strommix beträgt etwa zwei Drittel. Man kann abschätzen, dass China für die Produktion von einem Quadratmeter Solarpanels 250 Kilogramm Kohle einsetzt. Ohne die vielen Kohlekraftwerke wäre die chinesische PV-Produktion undenkbar. Die Folgen sind schlechte Luft und ein hoher CO_2.

Viel Arbeit, wenig Wertschöpfung

Damit Fotovoltaik-Anlagen funktionieren, braucht es Zubehör wie Kupferkabel, Wechselrichter, Schalter, Instrumente und je nach Bauart erhebliche Mengen an Abstützmaterial, oft aus Stahl. Der totale Aufwand für die Herstellung von Solarpanels samt des Zubehörs beläuft sich auf etwa 1300 kWh pro Quadratmeter.
Soll die Energie, die Solaranlagen produzieren, einen Nutzen haben, ist ihre Integration ins Netz nötig. Insbesondere muss die Energie dann zur Verfügung stehen, wenn Strom nachgefragt wird. Der energetische Aufwand für die Netzintegration gehört bei einer ehrlichen Energiebilanz mitberücksichtigt. Die geringe Leistung der Fotovoltaik im Winter stellt diesbezüglich das grösste Problem dar.
Hier soll davon ausgegangen werden, dass für den saisonalen Ausgleich 25 Prozent der erzeugten Energie in Pumpspeicherkraftwerken zwischengespeichert werden muss. Wird Solarstrom verwendet, um Wasser in Speicherseen hochzupumpen, um daraus später wieder Strom zu erzeugen, geht rund ein Viertel der Energie verloren. Andere Technologien wie die Speicherung mittels Batterien oder in Form von Gas (Power-to-Gas-to-Power) fallen ausser Betracht: Solche Technologien sind mit noch weit

höheren Energieverlusten als die Pumpspeichertechnik verbunden.
Um Solarstrom ins Netz zu integrieren, müssen zudem elektrische Zuleitungen zu den Anlagen gebaut werden. Das Netz insgesamt muss so verstärkt werden, dass Schwankungen wegen Solarstrom nicht zu Blackouts führen. Hochgerechnet sind wegen der Netzintegration inklusive Zwischenspeicherung zusätzlich rund 350 kWh Energie pro Quadratmeter PV-Fläche notwendig.
Das ist noch nicht alles: Eine korrekte Bilanz bezieht auch den energetischen Gegenwert von Arbeitseinsätzen ein. In der Schweiz beträgt die Energieintensität 0,43 kWh pro erwirtschafteten Franken. Fotovoltaik ist sehr arbeitsintensiv: Anlagen müssen geplant, montiert und regelmässig gereinigt werden. Bei Defekten, etwa wegen Hagel oder Schneelast, müssen Reparatur-Trupps zur Stelle sein. Am Ende ihrer Lebenszeit muss man die Anlagen demontieren und sachgerecht entsorgen.
Die Promotoren von Solarstrom werben absurderweise damit, dass diese Energieform sehr viele Arbeitsplätze ermögliche. Eine hohe Arbeitsintensivität ist aber vielmehr ein Hinweis auf eine geringe Wertschöpfung, also auf kleinen volkswirtschaftlichen Nutzen. Die Arbeitskosten für Planung, Installation, Betrieb und Rückbau werden in unserer Rechnung auf total 1175 Franken pro Quadratmeter PV-Fläche geschätzt, was umgerechnet rund 500 kWh entspricht. Für Schadensinterventionen muss man umgerechnet weitere 90 kWh pro Quadratmeter dazuzählen.
In einer modernen Volkswirtschaft müssen sich Investitionen lohnen. Kapitaleinsatz sollte eine Rentabilität abwerfen, und diese muss erwirtschaftet werden. Auch der Energieaufwand für diese Kapitalbedienung gehört bei einer Bilanz berücksichtigt. Fotovoltaik ist wie erwähnt kapitalintensiv. In dieser Berechnung werden durchschnittliche Investitions-Kosten von 1100 Franken pro Quadratmeter PV-Fläche angesetzt.
Bei einer Amortisation über 25 Jahren und einer angemessenen Rentabilität ergeben sich Kapitalbedienungskosten von fast 900 Franken über die gesamte Laufzeit. Umgerechnet bedeutet das einen Energieaufwand von zusätzlich fast 370 kWh pro Quadratmeter PV-Fläche. Zölle, Steuern und Abgaben belaufen sich, energetisch korrekt umgerechnet, auf weitere rund 50 kWh. Unter dem Strich beläuft sich der totale Energieeinsatz somit auf rund 2660 kWh pro Quadratmeter. Der durchschnittliche Ertrag von Fotovoltaik beträgt aber, wie erwähnt, 2200 kWh – also nur 83 Prozent des Aufwands. Auch wenn man in dieser Rechnung 15 Prozent Unsicherheit annimmt, bleibt der energetische Ertrag kleiner als der Aufwand. Man muss von «Energievernichtung» sprechen. Vernünftigerweise sollte man den Einsatz einer solchen Technologie sofort stoppen.

Kritik aus der Fachwelt

Die erwähnte Publikation von Ferroni und Hopkirk in Energy Policy löste ein Echo in der Fachwelt aus. Eine Gruppe von Forschern um den in Grossbritannien tätigen Wissenschaftler Marco Raugei veröffentlichte einige Monate später in der gleichen Fachzeitschrift eine Replik (2). Laut dieser übersteigt der Energieertrag von Fotovoltaik-Anlagen den Energieaufwand um das Sieben- bis Achtfache.

Ferroni und Hopkirk aber blieben bei ihrem Berechnungsansatz: In einem weiteren wissenschaftlich begutachteten Fachartikel widerlegten sie (zusammen mit dem Schweizer Physiker Alexandros Guekos) die Kritik: Die Energiebilanz von Solarstrom in der Schweiz ist verheerend schlecht (3). An einer Wissenschafts-Tagung der International Society for BioPhysical Economic im letzten Juni in den USA zeigten sich die meisten anwesenden Experten mit den Berechnungsmethoden von Ferroni und seinen Kollegen einverstanden.

Laut Spezialisten wie dem amerikanischen Systemökologen Charles A.S. Hall kann die Nutzung einer Energiequelle nur dann als nachhaltig bezeichnet werden, wenn das Verhältnis von Ertrag zu Aufwand mindestens 10 beträgt (4). Bei tieferen Werten ist ein Energiesystem zu ineffizient, um eine moderne Gesellschaft am Laufen zu erhalten. Denn in einer solchen Gesellschaft müssen nicht nur Grundbedürfnisse wie Ernährung, Kleidung und Wohnen energetisch ermöglicht werden, sondern auch Bildung, Gesundheitsversorgung oder auch kulturelle Aktivitäten.

Stromproduktion mittels Wasserkraft schneidet mit einem Verhältnis von Energieertrag zu Energieaufwand von etwa 100 am besten ab. Aber auch Atomstrom hat ein hervorragendes Verhältnis von rund 75. Bei alternativen Energien wie beispielsweise Geothermie, Windstrom und Solarstrom hingegen ist das Verhältnis vom Ertrag zum Aufwand, je nach Standort, kritisch bis miserabel.

Der Basler Grosse Rat hat im September mit knappem Mehr entschieden, dass Hauseigentümer unter gewissen Umständen dazu verpflichtet werden sollen, auf ihren Dächern Fotovoltaik-Anlagen zu montieren. Sollte der «Solardachzwang» wirklich kommen, wäre man im Kanton Basel-Stadt künftig verpflichtet, auf eine Energieform zu setzen, die eine so schlechte Bilanz wie kaum eine andere aufweist.

Ferruccio Ferroni ist dipl. Ingenieur ETH.

(1) Ferroni, Hopkirk: Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation (Energy Policy 94, 2016)

(2) Raugei et al.: Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation: A comprehensive response (Energy Policy 102, 2017)

(3) Ferroni et al.: Further considerations to: Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation (Energy Policy 107, 2017)

(4) Charles, A. S. Hall: «Energy Return on Investment» (Springer, 2017)

(Basler Zeitung)

Der Beitrag erschien zuerst in der Basler Zeitung hier