

Solarstrom ist weder kostenlos noch unendlich verfügbar

Solarzellen: „Schwarze Löcher“ für Energie, Ressourcen und Geld

Deutschlands Bevölkerung ist einer aktuellen Meinungsumfrage zufolge zu rund 90 % vom Sinn und Nutzen der „Klimarettung“ nebst der dazugehörigen „Energiewende“ überzeugt. Die massive, von Politik, Medien, Wirtschaft und Ausbildungseinrichtungen ständig wiederholte Indoktrinierung hat im Sinne der Verantwortlichen reichlich Früchte getragen. Über ihre Stromrechnungen pumpen die Verbraucher Jahr für Jahr zweistellige Milliardenbeträge in die Taschen der Profiteure dieses „Gröbraz“ (Größter Betrug aller Zeiten). Die Gesamtkosten inklusive der bereits für die kommenden Jahre fest vereinbarten Zahlungsverpflichtungen haben inzwischen die Grenze von 500 Mrd. € längst überschritten. Doch was bekommt der Bürger dafür tatsächlich zurück? Um dies zu klären, unterziehen die beiden Schweizer Energiespezialisten Ferruccio Ferroni und Robert J. Hopkirk die in Deutschland und der Schweiz vielgepriesene Fotovoltaik einem gründlichen Faktencheck [FEHO].

Die von ihren Fans oft in den höchsten Tönen gelobte Fotovoltaik ist eine entscheidende Säule der „Energiewende“. Zu den bekanntesten Sprüchen ihrer Befürworter gehören „die Sonne schickt keine Rechnung“ sowie „die Sonne liefert uns unendlich viel Energie, man braucht sie nur zu ernten“. Schaut man sich jedoch die Realität an, so stellt man schnell fest, dass Solaranlagen keinesfalls kostenlose Energie liefern.



Bild 1. By: [Wapster](#) Solche Solarleuchten sind Sommerkinder. Im Winter sterben die Batterien

Zudem ist diese meist gerade dann nicht verfügbar, wenn sie wirklich gebraucht würde, nämlich in der kalten Jahreszeit oder bei Dunkelheit. Das ficht die echten Solarfans jedoch nicht im geringsten an: Man verweist auf den hohen Verbraucherstrompreis von aktuell knapp unter 30 ct/kWh und behauptet, die eigene Solaranlage würde stattdessen Strom für 10 ct/ kWh liefern. Zur Überbrückung sonnenarmer bzw. sonnenloser Zeiten genüge eine Speicherbatterie oder die Batterie eines E-Autos, und schon sei man energetisch sozusagen auf der Sonnenseite des Lebens. Fachleute, die dagegen den Standpunkt vertreten, dass der Einsatz von Fotovoltaik im sonnenarmen Deutschland ungefähr soviel Sinn mache wie das Züchten von Ananas in Alaska, werden als „Dinosaurier“,

Ewiggestrige“, ja als „Fortschrittsfeinde“ verunglimpft. Werfen wir deshalb zunächst einen Blick auf die aktuelle Situation.

Ein Berg hat gekreißt...



Bild 2. Das deutsche EEG belastet den Stromverbraucher bis zum Jahr 2015 mit Gesamtverpflichtungen von 216 Mrd. € allein für Fotovoltaikanlagen

Bei der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahre 2000 wurde versprochen, dass die Kosten höchstens beim Gegenwert einer Kugel Eis im Monat liegen würden. Seitdem sind die Beträge, die den deutschen Solarkönigen und Windbaronen zugeflossen sind, auf jährlich mehr als 20 Mrd. € angestiegen, davon fast die Hälfte allein für Solarstrom. Kumuliert haben die deutschen Verbraucher bis Ende 2015 bereits mehr als 62 Mrd. € an die Besitzer von Fotovoltaikanlagen bezahlen dürfen. Doch das ist nur die halbe Story, denn mit jeder neu installierten Anlage wird der Verbraucher verpflichtet, auch für diese insgesamt 20 Jahre lang Zahlungen zu leisten. Entscheidend ist somit die Gesamtsumme aus bereits geleisteten Zahlungen und noch abzustotternden Verpflichtungen, die in Bild 2 gezeigt wird.

...doch die Maus ist lächerlich winzig

Insgesamt wurde der Stromverbraucher allein für Fotovoltaik bis Ende 2015 mit Gesamtverpflichtungen in Höhe von 216 Mrd. € belastet. Diese Summe ist noch für die nächsten 20 Jahre abzustottern, selbst wenn per Ende 2015 jeglicher weiterer Zubau an Fotovoltaikanlagen eingestellt worden wäre. Was hat der Verbraucher im Gegenzug dafür erhalten? Per Ende 2015 lag die nominelle Gesamtkapazität der in Deutschland installierten, nach EEG geförderten Solaranlagen bei 39.600 MW. Diese lieferten im Zeitraum 1.1. bis 31.12.2015 insgesamt 38,5 Terawattstunden (TWh) ab, das sind 5,9 % der gesamten Strom-Jahreserzeugung. Wollten wir also unseren Strombedarf zu 100 % durch Fotovoltaik decken, so würde sich hieraus eine Gesamtbelastung von nicht weniger als 3,7 Billionen € ergeben.

Interessant ist natürlich auch der Vergleich mit dem deutschen Primärenergieverbrauch im gleichen Jahr, schließlich sollen Wind- und Solarstrom im Rahmen der sogenannten „Dekarbonisierung“ dazu führen, dass wir uns fast vollständig von fossilen ebenso wie von nuklearen Verfahren der Energieerzeugung lösen. Der deutsche Gesamt-Primärenergieverbrauch lag 2015 bei 13.307 Petajoule, was 3.696 TWh entspricht. Die Produktion an Fotovoltaikstrom lag bei rund 1 % dieser Summe und kostete 216 Mrd. €. Andersherum gerechnet: Wollte man also unseren Primärenergiebedarf zu 100 % durch Solarstrom decken, so würde sich die erforderliche Investition auf 21,6 Billionen € summieren. Bei dieser Rechnung wurden alle sonstigen Aspekte wie Speichersysteme sowie die entsprechend viel stärker auszulegende Infrastruktur des Stromnetzes noch nicht einmal einbezogen. Selbst bei diesem konservativen Ansatz können solche Summen also bei jedem, der etwas von Kosten und Zahlen versteht, nur Alpträume hervorrufen.

Die Märchen von „unendlich viel Energie“

Während die Fakten demnach klar beweisen, dass in Ländern mit eher moderater Sonneneinstrahlung wie Deutschland der Aufbau einer weitgehend auf Fotovoltaik beruhenden Stromversorgung schon rein vom Kosten-/Nutzenverhältnis her keinen Sinn macht, ist ebenso klar, dass diese Technologie für diejenigen Personen und Organisationen, die sie aufgebaut haben, eine Quelle nahezu unbegrenzten Reichtums darstellt. Die 216 Mrd. €, die der Bürger bisher für diese „Energieversorgung“ zwangsläufig bezahlen musste, sind ja nicht verschwunden, sondern letztlich in den Taschen einer vergleichsweise kleinen Mafia von Befürwortern und Profiteuren gelandet. Diese Personen und ihre Helfershelfer in Politik und Medien werden daher nicht müde, der Bevölkerung pausenlos märchenhafte Behauptungen und Versprechungen über die Leistungen der Fotovoltaik zu präsentieren. Besonders gern wird behauptet, Fotovoltaikmodule

würden fast ewig, zumindest jedoch für etliche Jahrzehnte funktionieren und in dieser Zeit viel mehr Energie zurückliefern, als für ihre Herstellung verbraucht wurde. Deshalb lohne sich die Investition in eine Fotovoltaikanlage selbst dann, wenn die EEG-Förderung nicht allzuviel Profit in die Kasse spüle. Schließlich stünde die Anlage auch nach dem Auslaufen der Förderung für Jahrzehnte zur Verfügung und liefere dann Strom quasi zum Nulltarif. Das helfe dabei, die eigene Stromrechnung substanziell zu reduzieren.

Fakten gegen Mythen

Dieses und andere Märchen wurden jetzt in einer sehr umfassenden wissenschaftlichen Untersuchung von den beiden bereits erwähnten Schweizer Energiespezialisten gründlich unter die Lupe genommen. Dipl.-Ing. Ferruccio Ferroni aus Zürich ist Energieberater und Dr. Robert J. Hopkirk aus Männedorf ist im Bereich Engineering Research & Development tätig. Für ihre Untersuchung haben sie eine Fülle von Daten aus der Schweiz und Deutschland über einen Zeitraum von teils mehreren Jahrzehnten ausgewertet. Hieraus leiten sie eine Methode zur Berechnung einer vollständigen, erweiterten Energierückgewinnungsbilanz EROEI (Energy Returned on Energy Invested) ab. Dabei stellen sie fest, dass in unseren Breiten die Gewinnung von Strom aus Solarzellen als fragwürdig und nicht nachhaltig einzustufen ist und die Fotovoltaik als solches per Saldo zu Energieverlusten führt. Anders ausgedrückt: **In ein mit Solaranlagen realisiertes Stromversorgungssystem muss mehr fossile Energie investiert werden, als man jemals aus ihnen wieder in Form von elektrischem Strom zurückerhält.** Wichtigste Gründe hierfür sind der hohe erforderliche Einsatz an Material, Arbeitszeit und Kapital einerseits und die geringe Energieintensität der Sonnenstrahlung andererseits. Die Veröffentlichung erfolgte in der renommierten, peer-reviewten Zeitschrift „Energy Policy“. Nachfolgend werden einige der wichtigsten Erkenntnisse dieser Arbeit auszugsweise vorgestellt.

Sonne netto ist weit weniger als Sonne brutto

Zunächst beschäftigen sich die Verfasser intensiv mit der Ertragsseite der Fotovoltaik, d.h. mit der Menge an elektrischer Energie, die man von einer durchschnittlichen Solaranlage im Laufe ihrer Nutzungsdauer erwarten kann.



Bild 3. Mit Eis und Schnee bedeckte Solaranlagen liefern keine Energie. Dafür leiden die Zellen durch mechanische Spannungen im Material

Hierzu wurden statistische Auswertungen u.a. staatlicher oder offiziöser Stellen wie z.B. TÜV-Gesellschaften in den beiden betrachteten Ländern herangezogen. Eine erste wichtige Erkenntnis der Untersuchungen ist, dass man bezüglich des Stromertrags von Solaranlagen keinesfalls mit theoretischen Strahlungsdaten oder Herstellerangaben arbeiten sollte. Hier wird nämlich genauso geschummelt wie bei Verbrauchs- und Abgaswerten im Kfz-Bereich.

Bei den Modulen ist mit teils recht erheblichen Ertragsminderungen durch Staub, Pilzbewuchs, Vogelkot sowie Oberflächenschäden (z.B. Hagelschlag) zu rechnen. Nachteilige Auswirkungen haben darüber hinaus Schnee, Frost sowie kondensierende Feuchtigkeit, und last but not least unterliegt der Modulertrag einer altersbedingten Minderung.

Auch sind die Herstellerangaben bezüglich Modullebensdauern von 30 Jahren augenscheinlich geschönt: Es ist wohl eher von 19 Jahren auszugehen. Hinzu kommen Ausfälle durch erhebliche Modulfehler (bis zu 30 %).

Unter Berücksichtigung all dieser Faktoren und Einrechnung eines „Goodwill-Bonus“ bei der angenommenen Modullebensdauer kommt die Untersuchung zum Ergebnis, dass die gesamte von Fotovoltaikanlagen über ihre Lebensdauer abgelieferte Menge an elektrischer Energie in der Schweiz bei 2.203 kWh/m² liegt. Für Deutschland würde diese Zahl etwas niedriger liegen.

Enormer Verbrauch an Material, Arbeit und Kapital

Beim Hype um die angeblich „kostenfreie, unendlich verfügbare“ Solarenergie wird vielfach verschwiegen, welcher enormer Aufwand für ihre Umwandlung in Strom betrieben werden muss. Für ein Solarmodul von 1 m² Fläche werden nicht nur 16 kg Si-Module (unter Modul versteht man Zellen und Glas, Rahmen usw.), sondern auch noch 25 kg sonstiger Materialien für Gestell, Kabel und elektrische Ausrüstungen sowie 3,5 kg Chemikalien benötigt, was sich auf insgesamt 44,5 kg/m² summiert. Bezieht man dies auf die insgesamt zurückgelieferte Energie, so liegt der Materialeinsatz bei 20,2 g pro kWh.

Interessant ist beispielsweise der Vergleich mit der Kernkraft, die auch zu den CO₂-armen Verfahren zählt. Hier liegt der Materialeinsatz pro kWh zurückgelieferter Energie um den Faktor 64 (!) günstiger als bei Solarzellen. Doch mit dem Materialeinsatz ist es noch lange nicht getan. Auch der Einsatz an menschlicher Arbeitskraft liegt bei der Fotovoltaik um den Faktor 7 über dem bei Kernenergie, und der Kapitalaufwand liegt beim 10fachen.

All dies sind klare Indikatoren dafür, wie überproportional hoch der für die Gewinnung von Solarstrom zu treibende Aufwand ist und wie ineffizient diese Technologie insbesondere in Regionen mit moderatem Aufkommen an Solarstrahlung ist. In solchen Regionen sind Fotovoltaiksysteme schlicht ungeeignet, wenn es darum geht, eine effiziente Stromversorgung mit einem möglichst geringen Ressourceneinsatz zu realisieren.

Erweiterte EROEI-Analyse - warum?

Die Verfahren zu Berechnung des EROEI sind nicht genormt. Dementsprechend unterschiedlich sind die Ansätze und natürlich auch die Ergebnisse. Die von der Internationalen Energie-Agentur (IEA) verwendete Methodik lässt wichtige Einflussgrößen wie z.B. die Integration in eine bedarfsorientierte Stromversorgungs-Infrastruktur nach dem „Dachkante zu Steckdose“-Prinzip unberücksichtigt. Ferroni und Hopkirk haben sich deshalb für den sogenannten erweiterten Ansatz entschieden, bei dem – neben anderen Faktoren – auch der Aufwand für die bedarfsgerechte Bereitstellung der mit dem System „geernteten“ Energie am Verbrauchsort berücksichtigt wird. Dies betrifft u.a. Pumpspeicherkraftwerke sowie die mit ihrem Betrieb verknüpften Verluste, Gaskraftwerke zur Überbrückung von Dunkelflaute-Zeiträumen ohne ausreichende „EE“-Stromproduktion sowie Anpassungen wie zusätzliche Leitungen und eine Smartgrid-Infrastruktur. Von dem seitens der Internationalen Energieagentur (IEA) verfolgten Ansatz unterscheidet sich ihr Konzept zudem dadurch, dass es den Aufwand für Arbeit und Kapital berücksichtigt. Zudem setzen sie für den Energieaufwand einheitlich die elektrische Energie in kWh_e als Referenzgröße fest, da bei der Herstellung der PV-Module vorwiegend Elektrizität (sog. Sekundärenergie) verwendet wird. Weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist die Verwendung tatsächlich an realen Installationen Anlagen gemessener Werte für die von den Anlagen gewonnene Energie statt der Verwendung von Daten aus Laborversuchen. Zugleich verhindert dies Manipulationen durch viel zu optimistische Angaben seitens gewisser Investoren und Politiker.

Bei der Berechnung des erweiterten EROEI berücksichtigte Faktoren



Tabelle 1. Untersuchungsergebnisse bezüglich der in eine Fotovoltaikanlage bei ihrer Herstellung investierten Energie (Cumulative Energy Demand, CED) [FEHO]

Über die von der IEA üblicherweise berücksichtigten Faktoren hinaus wurden bei der

hier vorgenommenen Berechnung folgende Faktoren mit einbezogen:

- 1) Die Integration der Solarstromproduktion in ein Stromnetz, das Strom bedarfsgerecht am Ort des Verbrauchs zur Verfügung stellt,
- 2) Den erforderlichen Einsatz an Energie für Arbeit und Kapital

Die Herstellung von Solarmodulen ist ein komplizierter Prozess, der rund 200 Einzelschritte umfasst. Viele dieser Schritte erfolgen bei sehr hohen Temperaturen und erfordern daher den Einsatz von sehr viel Energie. Der kumulative Energieaufwand, der für den Quadratmeter Solaranlagenfläche aufzuwenden ist, wurde von einer ganzen Reihe von Autoren für unterschiedlich konfigurierte Anlagen ermittelt, siehe Tabelle 1.



Bild 4. Sinnvollstes Speichermedium für elektrischen Strom sind Pumpspeicherkraftwerke wie das Grimselkraftwerk der KWO

Für die hier durchgeführte Untersuchung wurde von der Annahme ausgegangen, dass es sich um in der Schweiz errichtete Fotovoltaikanlagen mit Installationsanteilen von 2/3 Hausdach und 1/3 Freiland handelt. Für den CED-Wert wurden daher rund 1.300 kWh/m² angesetzt.



Tabelle 2. Energieaufwendungen für die bedarfsgerechte Integration von Fotovoltaikanlagen in das Stromnetz [FEHO]

Weiterer Gegenstand der Untersuchung war die Ermittlung des Aufwands, der zur Integration von Solaranlagen ins bestehende Stromnetz nach dem bereits erwähnten „Dachkante bis Steckdose“-Prinzip erforderlich ist. Als Speichersystem wurden Pumpspeicherkraftwerke angenommen, da diese von allen derzeit bestehenden Technologien die geringsten Verluste aufweisen. Auch die heute so oft zitierten „Smart grids“ benötigen für ihre Funktion eine nicht unerhebliche Menge an Energie. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Als weitere Faktoren für die erweiterte EROEI-Betrachtung kommen noch Energieinvestitionen in Arbeitskraft und Kapitalbereitstellung ins Spiel. Hier spielt die Energieintensität fortgeschrittener Volkswirtschaften eine wichtige Rolle.

Deshalb wurden die Verhältnisse in der Schweiz zugrunde gelegt, die diesbezüglich wesentlich günstiger sind als im weltweiten Vergleich, weil hier energieintensive Industrien schon längst in kostengünstigere Länder abgewandert sind. Nach dieser

Berechnung sind für den Gesamt-Arbeitsaufwand für Solaranlagen 1.175 CHF/ m² anzusetzen. Hinzuzurechnen sind Aufwendungen für den Austausch defekter Module bzw. Inverter in Höhe von 90 CHF/ m². Nach Umrechnung in Energieaufwand pro m² ergibt sich ein Wert von 505 kWhe/ m².



Tabelle 3. Gesamtzusammenstellung der in Errichtung und Betrieb eines Fotovoltaik-Systems zu investierenden Energie in kWhe/ m² [FEHO]

Letzter Punkt der Betrachtungen sind schließlich die Kapitalkaufwendungen, die man als Maß für früher geleistete Arbeit und somit für früher eingesetzte Energie werten kann. Hierbei gehen die Verfasser vom gleichen Anlagenmix aus wie bei der Betrachtung der vorher in die Anlage hineingesteckten Energie. Insgesamt kommen sie auf einen Gesamtbetrag von 420 kWhe/ m². Die Zusammenfassung aller Faktoren in Tabelle 3 liefert schließlich als Gesamtbetrag für ein in Deutschland oder der Schweiz installiertes Fotovoltaiksystem einen Wert von 2.664 kWhe/ m².

Zu diesen Zahlen ist noch anzumerken, dass man in vielen Fällen konservative Ansätze gewählt hat, wodurch der Gesamtaufwand deutlich nach unten angepasst wurde. Dies erfolgte als präventiver Ausgleich für Unsicherheiten und Fehlermargen bei der Ermittlung mancher Zahlen. Zu den nicht einbezogenen Faktoren gehören u.a. Aufwendungen für die Errichtung von Fabriken für Solarmodule sowie die erheblichen Aufwendungen für die Entsorgung der zahlreichen giftigen bzw. umweltschädlichen Substanzen, die bei der Solarmodulherstellung anfallen. Auch wurde bezüglich der Energieintensität des Faktors Arbeit mit dem Schweizer Wert von 0,43 kWhe /CHF statt des globalen Werts von 2,05 kWhe /USD gerechnet. Auch bei der Betrachtung des Kapitaleinsatzes wurde auf die Einbeziehung verschärfender Faktoren wie den Investitionen für das Errichten von Backup- und Speicherkraftwerken verzichtet.

Fotovoltaik: Ein „schwarzes Loch“ für fossile Energie

Der dimensionslose EROEI ergibt sich durch Division der 2.203 kWhe/ m² für die zurückgelieferte Energie durch die 2.664 kWhe/ m² für die investierte Energie. Er beträgt 0,82, was unter Berücksichtigung der bewusst konservativen Ansätze bei der Ermittlung der Zahlen für die in Fotovoltaiksysteme investierte Energie als desaströses Resultat zu werten ist. **Mit anderen Worten kann unter den Bedingungen, wie sie in Deutschland und der Schweiz herrschen, eine Solaranlage nicht als Energiequelle eingestuft werden, sondern verursacht**

de facto VERLUSTE an (fossiler) Energie. Dabei können unsere modernen Gesellschaften ihren zivilisatorischen Stand nur halten, wenn sie über eine ausreichende Energieversorgung verfügen. Hier trägt Fotovoltaik angesichts der gerade von ihren Apologeten immer wieder beschworenen Endlichkeit fossiler Energieressourcen lediglich zur Verschärfung einer Mangelsituation bei. Dies kann man sich leicht vor Augen führen, wenn man einmal folgendes Gedankenexperiment durchführt. Angenommen, man verfügt nur noch über eine begrenzte Menge an fossiler Energie und investiert diese vollständig in Fotovoltaik. Nach 25 Jahren sind davon nur noch 82 % übrig. Wiederholt man diesen Zyklus mehrfach, so verringert sich der Vorrat schrittweise auf 67 %, 55 %, 45 % usw. Als nachhaltig kann man ein solches Procedere nicht bezeichnen.

Abschließend betonen die Autoren der Studie, dass man aus den Ergebnissen nicht den Schluss ziehen sollte, Aktivitäten im Bereich Forschung und Entwicklung für die Fotovoltaik nicht mehr weiter zu verfolgen. Sollte es in Zukunft gelingen, den Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Sonnenlicht in Strom zu verbessern, die Kosten für Zellen zu senken und/ oder ihre Lebensdauer zu steigern, so werde sich ein entsprechender Markt ganz von selbst entwickeln.

Fred F. Mueller

Quellen:

[FEHO] Ferroni, F.; Hopkirk, R. J.: Energy Return on Energy Invested (EroEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation. Energy Policy 94 (2016), 336-344,

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421516301379>

Titelbild: [12019 / pixabay](#)

Ruhrkultur Leseempfehlung:



Michel Limburg, Fred Mueller, Arnold Vaatz:

„Strom ist nicht gleich Strom. Warum die Energiewende nicht gelingen kann.“

Erhältlich bei ► [Storchmann Medien](#)

108 Abbildungen, gebunden, 19,90 €, Versand kostenfrei.

Der Ingenieur Michael Limburg und der Wissenschaftsjournalist Fred F. Mueller

erklären in einfachern, auch für Laien leicht verständlichern Weise, wie unser Stromversorgungssystem funktioniert.



Werbung

