

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 84 (1993)

Heft: 10

Artikel: Behauptungen und Stellungnahmen zum Thema Photovoltaik

Autor: Nordmann, Thomas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902691>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Es gibt einige wichtige, immer wieder gestellte und diskutierte Fragen im Zusammenhang mit der Nutzung der Photovoltaik. Zu neun Behauptungen werden hier die entsprechenden Stellungnahmen gegeben.

Behauptungen und Stellungnahmen zum Thema Photovoltaik

■ Thomas Nordmann

Die Nutzung der Photovoltaik als Beitrag an die Landesversorgung mit elektrischer Energie ist in der Schweiz in der Umsetzungsphase. Im Rahmen des Programms «Energie 2000» soll diese umweltfreundliche Technologie der Stromerzeugung weiterentwickelt werden, so dass sie im kommenden Jahrtausend auch einen quantitativ spürbaren Beitrag zur zukünftigen Sicherstellung der Stromversorgung in der Schweiz leisten kann.

Das Wissen über die Möglichkeiten und Grenzen der Photovoltaiknutzung ist bei weiten Kreisen noch sehr klein oder zum Teil mit falschen Vorurteilen behaftet. Dabei spielt der Einfluss der «veröffentlichten» Meinung in den Medien eine wichtige Rolle. Mit «spektakulären» Argumenten wird in der Öffentlichkeit immer wieder gegen die Photovoltaik argumentiert.

Hier wird auf wichtige, immer wieder gestellte und diskutierte Fragen im Zusammenhang mit der Photovoltaik eingetreten (Quellenangaben am Ende des Artikels).

Stellungnahmen zu den Behauptungen:

- ① Zu hoher Landverbrauch
- ② Unwirtschaftlich
- ③ Hohe Investitionskosten
- ④ Besser den technischen Fortschritt abwarten
- ⑤ Kleiner Erntefaktor
- ⑥ Schlechte Ökobilanz
- ⑦ Zu teuer für «Energie 2000»
- ⑧ Pumpspeicherwerke sind nötig
- ⑨ Verursacht Sondermüll

Behauptung:

① Landverbrauch

Die nachhaltige Nutzung der Photovoltaik verbraucht riesige Landflächen, zum Beispiel 66 km² für die Erzeugung von

jährlich 2500 Mio. kWh (das entspricht der Stromproduktion des KKW Mühleberg).

Stellungnahme:

- Dieses Argument trifft nur dann zu, wenn diese Anlagen «auf der grünen Wiese» realisiert würden. Unsere Zivilisation hat bis heute jedoch genügend Kulturland «verbraucht», so dass Photovoltaik-Infrastrukturanlagen mit einer Jahresenergieerzeugung von wesentlich mehr als 2500 Millionen kWh problemlos realisiert werden könnten; dies auf bestehenden Gebäuden, Dächern, Fassaden, entlang von Verkehrsträgern, Schallschutzwänden usw. ohne weiteren Landverlust.
- Die gesamte 1991 in der Schweiz überbaute Siedlungsfläche betrug mehr als 2400 km². In der Schweiz wurden in den letzten vier Jahren fast ausschließlich Photovoltaik-Infrastrukturanlagen auf Hausdächern, Fassaden, aber auch beispielsweise auf Schallschutzwänden realisiert (100-kW-Netzverbundanlage N13, Domat/Ems) [1]; [2].

Behauptung:

② Unwirtschaftlichkeit

Die Photovoltaik-Nutzung ist auch langfristig unwirtschaftlich und hat daher keine energiewirtschaftliche Perspektive.

Stellungnahme:

- Die Photovoltaik, ursprünglich für die Raumfahrt (ohne ökonomische Vorgaben) entwickelt, befindet sich nicht am Ende, sondern am Anfang der technologischen Lernkurve. Von der Weltjahresproduktion (1992 etwa 58 MW) wurden weniger als 20% für den Netzverbund eingesetzt. So gesehen ist der heutige Stromgestehungspreis von rund 1.50 Fr./kWh erstaunlich günstig. Bei diesem kleinen Realisierungsvolumen wurden vor 1900 die ersten Wasserkraftwerke mit wesentlich höheren Stromgestehungspreisen betrieben.

Adresse des Autors:
Thomas Nordmann,
TNC Consulting AG,
Rheinfelsstrasse 1, 7000 Chur.

9 Behauptungen zur Photovoltaik

- Erst die Umsetzung des technologischen Vorsprungs im Labor in käufliche, zuverlässige Produkte und der Einsatz der Massenproduktion («Economy of volume») wird die notwendigen Kostenreduktionen ermöglichen. Die photovoltaischen Module beanspruchen bei den heutigen Projekterfahrungen für den Bau von Netzverbundanlagen 35% bis Maximum 50% der Bauinvestitionskosten.
- Für alle übrigen Investitionsbestandteile (Inverter, Aufständering, Verkabelung, Engineering) hat die schweizerische Industrie ein hohes Herstellungs- und Anwendungs-«Know-how». Es gilt, auch diese Kostenanteile weiter zu reduzieren. Dies kann nur durch effektivere Realisierungserfahrung erarbeitet werden [3]; [4]; [12].

Behauptung:

③ *Zu hohe Investitionskosten*

Vergleicht man die Investitionskosten eines neueren Kernkraftwerkes (z.B. Leibstadt [1984]: Fr. 6.-/W) mit den heutigen Kosten einer PV-Netzverbundanlage von etwa Fr. 20.-/W, ist nicht vorstellbar, wie diese grosse Differenz zukünftig überwunden werden soll.

Stellungnahme:

- Derartige Vergleiche dürfen nicht auf der Basis der Baukosten gemacht werden. Korrekt sind diese Vergleiche, wenn die gesamten Lebenskosten (Bau, «Brennstoffkosten», Unterhalt, Betrieb, Abbruch und Entsorgung) gemacht werden. Bei der gesamtheitlichen Betrachtung schneidet die Photovoltaik heute schon wesentlich besser ab als beim blossen Vergleich der Baukosten. Im Vergleich zu einem KKW können bei gleichen Gesamtlebenskosten 3–4mal mehr Mittel in die Erstellung von Photovoltaikanlagen investiert werden. Dreiviertel der Lebenskosten eines KKW (ohne Entsorgung) entfallen auf Brennstoff, Betrieb und Unterhalt.
- Die Energieverteilung verursacht in der heutigen Kalkulation der Elektrizitätswerke rund 50% des Strompreises an der Steckdose. Der Photovoltaikstrom wird dezentral am Ort des Verbrauchers und nicht «auf der grünen Wiese» ins Netz eingespeist und verursacht so keine Verteilverluste. Im weiteren entstehen nach dem Bau einer Photovoltaikanlage keine Brennstoffkosten und nur minimale Unterhaltskosten [5]; [12].

Behauptung:

④ *Fortschritt abwarten*

Wenn im Forschungslabor heute bereits Zellen mit einem Wirkungsgrad von nahezu 25% entwickelt wurden, ist es nicht sinnvoll, die jetzt handelsüblichen Module

mit einem Zellenwirkungsgrad von 10 bis 15% einzusetzen.

Stellungnahme:

- In den letzten Jahren wurden wesentliche technologische Fortschritte im Labor bei der Herstellung von Solarzellen erzielt. Diese Innovationen werden aber von der Industrie nur in käufliche Produkte umgesetzt, wenn der Absatzmarkt genügend gross ist. Die Investitionen für die Forschung betragen nur etwa 10% der Gesamtinvestitionen für die Einführung einer neuen Technologie in der Produktion.
- Diese Forschungs- und Entwicklungserkenntnisse werden daher von der Industrie nur umgesetzt, wenn eine genügend grosse und sichere Nachfrage am Markt vorhanden ist [3].

Behauptung:

⑤ *Erntefaktor*

Photovoltaik-Anlagen haben einen schlechten Energie-Erntefaktor, das heisst das Verhältnis zwischen Energieertrag während der Lebensdauer der Anlage und dem Energieaufwand, der für die Anlage investiert wurde, ist ungenügend.

Stellungnahme:

- Auf der Basis poly- oder monokristalliner Panels (heutige Technik) benötigt eine Photovoltaik-Netzverbundanlage 4–7 Jahre, bis sie die für den Bau investierte Energie zurückerwirtschaftet hat. Das heisst bei einer Lebenserwartung von 20 bis 30 Jahren liegt der Erntefaktor zwischen 4,3–7,5.
- Diese Berechnung berücksichtigt nicht das energetisch positive Pfand der Photovoltaik-Anlage beim Abbruch. Diese Anlage besteht neben dem kleinen Anteil der photoelektrischen Schicht im wesentlichen aus Stahl für die Aufständering, Aluminium (Rahmen) und Glas. Für diese drei Baumaterialien bestehen in der Schweiz heute schon Recycling-Ketten. Beim Anlageabbruch wird der Stahl verschrottet, das Glas und Aluminium recycelt. Somit muss das verwendete Material der PV-Anlage energetisch nicht auf Null, sondern auf 30–50% abgeschrieben werden.
- Der zukünftige Einsatz von Dünnschicht-technologie bei PV-Panels soll die Energierückzahlungszeit auf weniger als ein Jahr schrumpfen lassen.
- Alle Energieproduktionsanlagen, die ohne erneuerbare Energie arbeiten, benötigen immer mehr Energie als sie später erzeugen.
- Eine Ölheizung beispielsweise braucht Energie für den Bau, den Betrieb und den Abbruch. Der Ertrag der Anlage, das

heisst die erzeugte Wärme, ist aber immer geringer als der Energieinhalt des Heizöls. Somit ist der Erntefaktor kleiner als 1. Nicht eingerechnet ist dabei zudem der Schaden bei der Luftreinhaltung [4]; [5]; [6].

Behauptung:

⑥ *Ökobilanz*

Die ökologische Umweltbelastung der Photovoltaik ist erheblich. Die «ökologische CO₂-Rückzahlungszeit» zum Beispiel der Anlage Mont-Soleil liegt bei über 12 Jahren.

Stellungnahme:

- Unter «ökologischer Rückzahlungszeit» bei PV-Anlagen versteht man die Zeitdauer, während der eine Anlage ohne Umweltbelastung Strom produzieren muss, bis gleichviel Umweltbelastung eines herkömmlichen Kraftwerkes eingespart ist, wie die Herstellung der PV-Anlage verursacht hat.
- Jede Industrieproduktion braucht Material und Energie und belastet so die Umwelt. Photovoltaikzellen können nicht aus «destilliertem Wasser und Kernseife» hergestellt werden.
- Wenn in einer kürzlich bekanntgemachten ETH-Semesterarbeit [7] für die Anlage Mont-Soleil Werte von der CO₂-Rückzahlungszeit von über 12 Jahren genannt werden, so betreffen diese Werte eine Pilot- und Entwicklungsanlage, die wegen dem hohen Landverbrauch nicht für die Umsetzung der Photovoltaik geeignet ist. Ein PV-Kraftwerk auf der grünen Wiese braucht einen erheblichen zusätzlichen Materialeinsatz für die Aufständering, die Infrastrukturbauten und die Erschliessung. So wird die Ökobilanz negativ belastet.
- Solche Angaben mit grosser Genauigkeit zu berechnen ist heute noch fast unmöglich, da viele Daten noch fehlen und man daher von «vagen» Annahmen ausgehen muss, was in den verschiedenen Studien auch angemerkt wird.
- Verwendet man zum Beispiel die gleichen spezifischen Stoffdaten der ETH-Semesterarbeit für eine «normale» Gebäude- oder Infrastruktur-Photovoltaikanlage, entfallen bereits mehr als 40% der CO₂-Emissionen, und die Rückzahlungszeit halbiert sich fast. Die in der ETH-Arbeit verwendeten Literatur-Kennwerte berücksichtigen insbesondere nicht die grossen technischen Fortschritte, die bei der Entwicklung von Photovoltaikzellen in den letzten Jahren realisiert worden sind.
- Korrekterweise müssen alle anderen Energieerzeugungs-Technologien auch den gleichen Betrachtungen der ökologischen

Rückzahlungszeit unterworfen werden. Hier schneiden alle nicht erneuerbaren Stromerzeugungs-Technologien wesentlich schlechter ab als die Wasserkraft und Photovoltaik.

- Zu beachten sind hier die zusätzlichen beträchtlichen Energieaufwendungen für den Brennstoff. Die Erzeugung einer MWh Strom benötigt zum Beispiel 4,1 g Uran²³⁸. Dahinter steht bei gesamthafter Betrachtung (neben dem Bau und Abbruch des KKW) schlussendlich der Abbau von 640 kg Uranerz in Australien oder Südafrika [8]. Diese Versorgungskette ist mit einer erheblichen Umwelt- und CO₂-Belastung beaufschlagt.
- Die gleiche MWh_{el} kann auch mit 300 kg Kohle oder 200 kg Öl fossil erzeugt werden. Umgerechnet auf die Live cycle-Aufwendungen benötigt die Photovoltaik für die Erzeugung dieser MWh_{el} nur 2–5 kg Glas, 0,1–1 kg Rahmen und 1,5 kg Silizium und *keine* Brennstoffe! [4]; [5]; [7]; [8].

Behauptung:

⑦ Zu teuer für «Energie 2000»

Sollen die Ziele von «Energie 2000» erreicht werden, so sind allein für die Photovoltaik Milliardeninvestitionen nötig. Im Vergleich zu anderen Teilzielen unseres Energieprogramms ist dies unverhältnismässig teuer.

Stellungnahme:

- Die Photovoltaik ist ein Teilziel von «Energie 2000». Aus allen erneuerbaren Energiequellen (ohne Wasserkraft) sollen bis zum Jahr 2000 0,5% des Stromverbrauchs gedeckt werden. Die Photovoltaik soll dabei 1/4, das heisst einen jährlichen Anteil von 55 Mio. kWh leisten, was einer installierten Leistung von 50 MW entspricht, etwa 20mal soviel wie heute (1992). Pro Kopf bedeutet das eine Vergrösserung der Modulfläche von 5,4 x 5,4 cm auf 27 x 27 cm.
- Jede Einführung einer neuen Energietechnologie am Markt braucht 25–50 Jahre, bis sie in breitem Mass angewendet werden kann. Die ersten Solarzellen wurden 1962 in der Raumfahrt eingesetzt.
- Bei heutigem Kostenstand (1992) rechnet man mit etwa 800 Mio. Franken. Sollen diese Mehrkosten in gemeinsamer Solida-

rität zwischen Produzenten und Konsumenten in 8 Jahren durch die Stromkonsumenten finanziert werden, erhöht sich der mittlere Stromverkaufspreis in der Schweiz um 0,2 Rappen pro kWh. Bei den erwarteten Preissenkungen auf PV-Technologie ist eher mit einem kleineren Investitionsvolumen zu rechnen.

- Damit könnte die Schweiz ihren im internationalen Vergleich hohen Stand der Photovoltaikumsetzung- und Anwendungserfahrung insbesondere im Netzverbund erfolgreich verteidigen und ausbauen. Das qualitativ hochstehende Anwendungs «Know-how» wird damit zu einem quantitativ spürbaren Beitrag umgesetzt. So werden wir auch die Grundlagen für eine erfolgreiche schweizerische Photovoltaikindustrie im nächsten Jahrtausend schaffen [9]; [10].

Behauptung:

⑧ Pumpspeicherwerke

Wegen der Photovoltaik-Nutzung müssen in der Schweiz zusätzliche Pumpspeicherkraftwerke gebaut werden.

Stellungnahme:

- Photovoltaische Anlagen erzeugen Tagesenergie, das heisst die Energie wird dann erzeugt, wenn in der Schweiz am meisten Energie verbraucht wird. Pumpspeicherkraftwerke verwandeln Bandenergie von thermischen Kraftwerken in abrufbare Spitzenenergie. Aus diesen Gründen müssen zum Erreichen der Ziele von «Energie 2000» in der Schweiz wegen der Photovoltaik keine zusätzlichen Pumpspeicherkraftwerke gebaut werden.
- Die installierte Leistung der Speicherkraftwerke reicht noch sehr lange aus, um bei schlechtem Wetter die nicht vorhandene Sonnenenergie aus Hochdruckwasserkraftwerken zu beziehen.
- Eine Abschätzung zeigt, dass erst ab einem Produktionsanteil der Photovoltaik von etwa 8% der schweizerischen Stromproduktion zusätzliche Pumpspeicherkraftwerke wegen der Photovoltaik gebaut werden müssten [11].

Behauptung:

⑨ Sondermüll

Viele Photovoltaik-Panels enthalten arsenhaltige Stoffe und führen daher zu Sondermüll.

Stellungnahme

- Alle in der Schweiz in Betrieb stehenden Photovoltaikanlagen verwenden mono- oder polykristalline Siliziumzellen. Das Basismaterial für diese Technologie, Silizium, ist eines der am häufigsten vorkommenden Elemente der Erde. Grundsätzlich ist es chemisch stabil und sicher ungiftig und daher auch kein Sondermüll.
- Die in dieser Behauptung zitierten Galliumarsenid-Zellen betreffen eine in amerikanischen Forschungslabors untersuchte Halbleiterkombination im cm²-Massstab, die wegen dem hohen erreichbaren energetischen Wirkungsgrad von über 30% festkörper-physikalisch interessant sind. Derartige Zellen müssten mit optischen Konzentratoren der Sonne nachgeführt werden. Sie eignen sich daher nicht für den Einsatz in der Schweiz.
- Aufgrund amerikanischer Forschungsarbeiten im Labormassstab ein Entsorgungsproblem bei den in der Schweiz eingesetzten Siliziumzellen herbeizureden, ist irreführend und objektiv falsch [4]; [8].

Literatur

- [1] «PV Tour through Switzerland», 24 Farbdias 24x36 mm, ENET, Bern. Art.-Nr. 30050.
- [2] Statistisches Jahrbuch der Schweiz, 1993, Bundesamt für Statistik, NZZ, Seite 86.
- [3] Photovoltaic Insider's Report, Vol. XI/No. 9, Sept. 1992.
- [4] Prof. A. Shah, R. Tschanner: Photovoltaik «Panel», Stand der Technik und Perspektiven. Institut de Microtechnique de l'Université Neuchâtel, Fachtagung Photovoltaik-Nutzung 1990, ETH Zürich.
- [5] Prof. Dr. Ing. H. Schaefer: «Kumulierter Energieverbrauch für die Herstellung von Solarzellen und PV-Kraftwerken», Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München 1989.
- [6] «Energierücklaufzeit von Solargeneratoren», Siemens Solar Ind. 1992.
- [7] Prof. P. Suter: «Energie und Umwelt; keine zielgerichtete Strategie ohne integrale Betrachtung», VSE-Bulletin 2/93.
- [8] W. Zittel: «Ökologische Belastungen durch solare Stromerzeugung im Vergleich zu konventionellen Systemen», Ludwig-Bölkow Systemtechnik GmbH, D-Ottobrunn 1992.
- [9] VSE-Bulletin 12/1992, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1991.
- [10] Broschüre 3,5% plus, Regenerierbare Energien als Beitrag zu «Energie 2000», EVED, Bern.
- [11] H. Häberlin: «Photovoltaik, Strom aus Sonnenlicht für Inselanlagen und Verbundnetz», AT Verlag, Aarau 1991.