

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 84 (1993)

Heft: 10

Artikel: Stand der Photovoltaik-Anwendung in der Schweiz

Autor: Nordmann, Thomas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902685>

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: 26.11.2024

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

Die Schweiz hat im internationalen Vergleich einen hohen Stand der Photovoltaik-umsetzung und -anwendung insbesondere für den Netzverbund erreicht. Im Rahmen des nationalen Programms «Energie 2000» sollen bis zur Jahrtausendwende insgesamt 50 MWp Photovoltaik-Netzverbundanlagen installiert und in Betrieb genommen werden.

Stand der Photovoltaik-Anwendung in der Schweiz

■ Thomas Nordmann

Übersicht

Im Rahmen des Programms «Energie 2000» geht es darum, das qualitativ hochstehende Anwendungs- und Applikations-«Know-how» in einen quantitativ messbaren Beitrag von 50 MW elektrische Spitzenleistung im schweizerischen Netzverbund umzusetzen. Damit könnte die Photovoltaik (PV) einen Viertel zur E-2000-Zielsetzung von 0,5% Stromproduktion im schweizerischen Verbundnetz beitragen. Um dies zu erreichen, muss der technische Fortschritt

vorangetrieben und die ökonomischen Rahmenbedingungen noch weiter verbessert werden.

Die jährlichen Markterhebungen des Sonnenenergie-Fachverbandes Schweiz (Sofas) [1] sind in Bild 1 dargestellt. Augenfällig ab 1989 ist die sprunghafte Ausweitung der installierten Leistung von Photovoltaikanlagen. Ende 1991 hat der Anteil der Photovoltaik-Netzverbundanlagen eine Spitzenleistung von etwa 2,1 MWp erreicht.

Im Rahmen des nationalen Programms «Energie 2000» [2] sollen bis zur Jahrtausendwende insgesamt 50 MWp (Bilder 2–4) Photovoltaik-Netzverbundanlagen installiert und in Betrieb genommen werden [3]. Dieses ehrgeizige Vorgehen wird durch ein Photo-

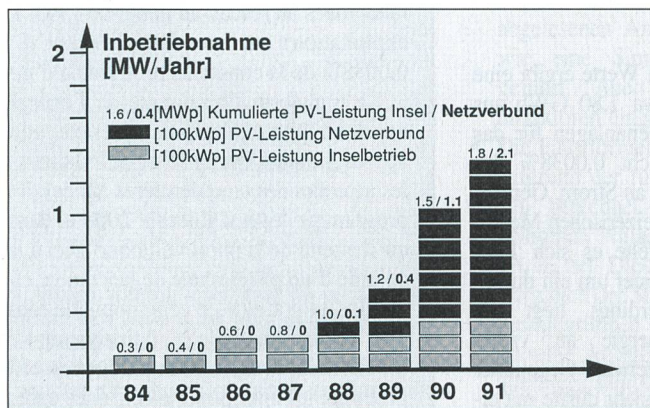


Bild 1
Darstellung der Entwicklung des PV-Marktes in der Schweiz. Aufgezeichnet ist die jährlich neu installierte Leistung von Panels in MW/Jahr (Netzverbund- und Inselanlagen). Erhebungen durch den Sonnenenergie-Fachverband Schweiz (Sofas) 1984–1991

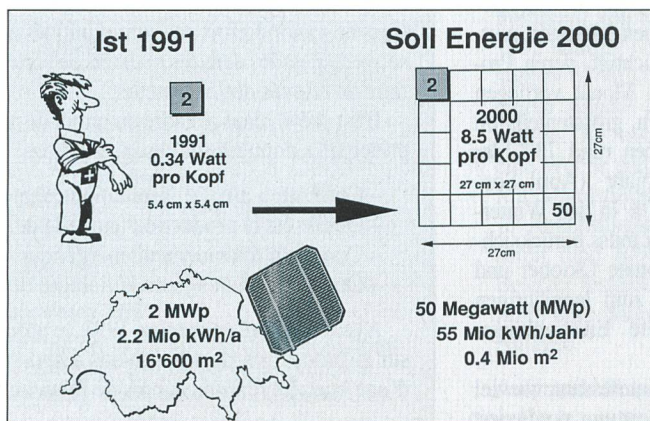


Bild 2
Vereinfachte graphische Darstellung der Zielsetzung von «Energie 2000» für die Photovoltaik. Die installierte Nennleistung soll von 2 MW auf 50 MW angehoben werden

Adresse des Autoren:
Thomas Nordmann, Photovoltaik-Förderprogrammleiter
«Energie 2000», c/o TNC Consulting AG,
Rheinfelsstrasse 1, 7000 Chur.

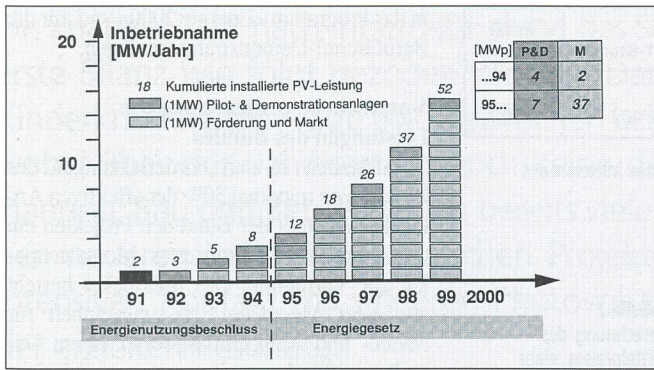


Bild 3 Wie soll die installierte Nennleistung von 2 MW auf 50 MW vergrössert werden?

| Kanton | Einwohner in 1.000 | Gemeinden Anzahl | Total PV Anlagen 100% | | | EW-PV Anlagen 1/3 | | Öffentliche Hand 1/3 | | «Selbstversorger Anlagen» 1/3 | | |
|--------|-----------------------|---------------------|-----------------------|------|----------|-------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|------|
| | | | MWp | % | Mio. Fr. | MWp = ø100kW | MWp = ø20kW | MWp = ø3kW pro Gemeinde | MWp = ø3kW pro Gemeinde | MWp = ø3kW pro Gemeinde | | |
| ZH | 1'163 | 171 | 8.5 | 17% | 135 | 2.8 | 28 | 2.8 | 141 | 2.8 | 940 | 5.5 |
| BE | 958 | 412 | 7.0 | 14% | 111 | 2.3 | 23 | 2.3 | 116 | 2.3 | 774 | 1.9 |
| LU | 326 | 107 | 2.4 | 5% | 38 | 0.8 | 8 | 0.8 | 39 | 0.8 | 263 | 2.5 |
| UR | 34 | 20 | 0.3 | 1% | 4 | 0.1 | 1 | 0.1 | 4 | 0.1 | 28 | 1.4 |
| SZ | 113 | 30 | 0.8 | 2% | 13 | 0.3 | 3 | 0.3 | 14 | 0.3 | 92 | 3.1 |
| OW | 30 | 7 | 0.2 | 0% | 3 | 0.1 | 1 | 0.1 | 4 | 0.1 | 24 | 3.5 |
| NW | 34 | 11 | 0.2 | 0% | 4 | 0.1 | 1 | 0.1 | 4 | 0.1 | 27 | 2.5 |
| GL | 39 | 29 | 0.3 | 1% | 4 | 0.1 | 1 | 0.1 | 5 | 0.1 | 31 | 1.1 |
| ZG | 86 | 11 | 0.6 | 1% | 10 | 0.2 | 2 | 0.2 | 10 | 0.2 | 70 | 6.3 |
| FR | 212 | 256 | 1.5 | 3% | 25 | 0.5 | 5 | 0.5 | 26 | 0.5 | 171 | 0.7 |
| SO | 230 | 130 | 1.7 | 3% | 27 | 0.6 | 6 | 0.6 | 28 | 0.6 | 186 | 1.4 |
| BS | 194 | 3 | 1.4 | 3% | 23 | 0.5 | 5 | 0.5 | 24 | 0.5 | 157 | 52.4 |
| BL | 232 | 73 | 1.7 | 3% | 27 | 0.6 | 6 | 0.6 | 28 | 0.6 | 187 | 2.6 |
| SH | 73 | 34 | 0.5 | 1% | 8 | 0.2 | 2 | 0.2 | 9 | 0.2 | 59 | 1.7 |
| AR | 52 | 20 | 0.4 | 1% | 6 | 0.1 | 1 | 0.1 | 6 | 0.1 | 42 | 2.1 |
| AI | 14 | 6 | 0.1 | 0% | 2 | 0.0 | 0 | 0.0 | 2 | 0.0 | 11 | 1.9 |
| SG | 427 | 90 | 3.1 | 6% | 50 | 1.0 | 10 | 1.0 | 52 | 1.0 | 346 | 3.8 |
| GR | 181 | 213 | 1.3 | 3% | 21 | 0.4 | 4 | 0.4 | 22 | 0.4 | 146 | 0.7 |
| AG | 504 | 223 | 3.7 | 7% | 59 | 1.2 | 12 | 1.2 | 61 | 1.2 | 407 | 1.8 |
| TG | 211 | 179 | 1.5 | 3% | 25 | 0.5 | 5 | 0.5 | 26 | 0.5 | 170 | 1.0 |
| TI | 293 | 247 | 2.1 | 4% | 34 | 0.7 | 7 | 0.7 | 36 | 0.7 | 237 | 1.0 |
| VD | 597 | 385 | 4.3 | 9% | 69 | 1.4 | 14 | 1.4 | 72 | 1.4 | 483 | 1.3 |
| VS | 258 | 163 | 1.9 | 4% | 30 | 0.6 | 6 | 0.6 | 31 | 0.6 | 209 | 1.3 |
| NE | 163 | 62 | 1.2 | 2% | 19 | 0.4 | 4 | 0.4 | 20 | 0.4 | 132 | 2.1 |
| GE | 381 | 45 | 2.8 | 6% | 44 | 0.9 | 9 | 0.9 | 46 | 0.9 | 308 | 6.9 |
| JU | 67 | 82 | 0.5 | 1% | 8 | 0.2 | 2 | 0.2 | 8 | 0.2 | 54 | 0.7 |
| CH | 6'872 | 3'009 | 50.0 | 100% | 800 | 16.7 | 167 | 16.7 | 833 | 16.7 | 5'555 | 1.8 |

Bild 4 Mögliche Aufteilung der PV-Anlagen auf EWs, öffentliche Hand und «Selbstversorger»

| Aktivitätsfelder: | «Photovoltaik Exponenten» | | | |
|-----------------------------|--|---|---|--|
| | Solar Industrie | Öffentliche Hand | EW's | «Selbstversorger» |
| Technologie: ✓ | Produkte-Entwicklung > η, > W/m2 | Forschung & Entwicklung ✓ | Pilot- & Demonstrationsanlagen ✓ | Pilot- & Demonstrationsanlagen ✓ |
| Oekonomie & Oekologie: ✗ | > W/Fr. langlebige umweltverträgliche Produkte ✗ | Förderung, Solarrappen Energie- & CO2 Steuer ✗ | Strom kaufen und vergüten | Strom produzieren und verkaufen |
| Institutionelle Aufgaben: ✗ | Weiterbildung «PACER» ✓ | Berufsbildung, Anlagen bauen & betreiben «Solar 91» ✗ | Anlagen finanzieren bauen & betreiben ✗ | Anlagen bauen & betreiben «Solar 91» ✗ |
| Rahmenbedingungen: ✓ | Qualitätssicherung ✗ | ENB/ENV & Tarife ✓ | Liberaler Stromabnahmepraxis ✓ | Attraktive Anlagen echter Markt? ✗ |

Bild 5 Aktionsfelder und Massnahmenträger im schweizerischen Photovoltaik-Umsetzungsprogramm (✓ = z.T. schon erfüllt; ✗ = grosser Handlungsbedarf)

Photovoltaik-Förderprogramm des Bundes begleitet [4].

Der konsequente Vollzug des Energienutzungsbeschlusses [5] wird die Rahmenbedingungen für die Anwendung der Photovoltaik verbessern. Im neu zu erarbeitenden Energiegesetz sind aber weitere Verbesserungen der Rahmenbedingungen notwendig, um die Zielsetzungen von «Energie 2000» zu erreichen.

Aktionsfelder und Massnahmenträger der Photovoltaikumsetzung

Im schweizerischen Photovoltaik-Umsetzungsprogramm [4] wurden die Aktionsfel-

der und Massnahmenträger zur Erreichung der ehrgeizigen Zielsetzungen definiert. Die einzelnen Aktionsfelder müssen durch gezielte Massnahmen schrittweise und gegenseitig vernetzt abgedeckt werden (Bild 5).

Mechanismen und Massnahmen zur Steigerung der Attraktivität der Photovoltaik

Nachstehend sind zwei Aktionsfelder, die seit 1993 zur Verbesserung der PV-Marktchancen beitragen, beschrieben.

Abnahmepflicht der Elektrizitätswerke und Grenzkostenvergütung für Photovoltaikstrom [6]

Dank dem seit dem 1. Mai 1991 in der Schweiz gültigen Energienutzungsbeschluss übernehmen alle schweizerischen Elektrizitätswerke den photovoltaisch erzeugten Strom ins Verbundnetz.

Der Energienutzungsbeschluss (ENB) und die Energienutzungsverordnung (ENV) streben beim Vollzug der Bestimmungen über die Anschlussbedingungen für Energieerzeugungsanlagen der Selbstversorger eine föderalistische Lösung an. Die Vergütungsfrage ist grundsätzlich zwischen den Beteiligten zu regeln. Die auf Bundesebene festgelegten Grundsätze müssen dabei eingehalten werden. Falls keine Einigung zustandekommt, entscheidet die zuständige kantonale Behörde. Die ENV sieht vor, dass das EVED für die Berechnung und die Festlegung der Vergütung Empfehlungen erlässt und dabei von einer Kommission beraten wird. Diese «Kommission für Fragen über Anschlussbedingungen für Selbstversorger», in der die interessierten Kreise und die Kantone vertreten sind, hat Ende 1992 die erste Empfehlung erarbeitet. Sie ist nachstehend ausschnittsweise zusammengefasst.

Empfehlungen für die Berechnung und die Festlegung der Vergütung der von Selbstversorgern abgegebenen Elektrizität aus erneuerbaren Energien (Tabellen 1 und 2)

Im Einvernehmen mit der Kommission empfiehlt das EVED für die Vergütung von Strom aus Energieerzeugungsanlagen von Selbstversorgern bis 1 MW, die erneuerbare Energie nutzen, einen minimalen Jahresmittelpreis von 16 Rp./kWh.

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen legen die nach Zeitzonen variierenden Vergütungssätze selber so fest, dass bei einer Bandlieferung der minimalen Jahresmittelpreis von 16 Rp./kWh nicht unterschritten wird.

Höhere Vergütungen sind möglich.

Dieser Empfehlung liegen als Referenzgrösse (gemäss Art. 7 Abs. 3 ENB) neue inländische Kraftwerke zugrunde, die gewisse Auswahlkriterien erfüllen und die nach Produktionstyp und -menge gewichtet wurden. Die empfohlene Mindestvergütung berücksichtigt näherungsweise die Netzverluste, die durch die dezentralen Einspeisungen vermieden werden, sowie die durch die Strukturvielfalt der Elektrizitätswirtschaft verursachten Unterschiede der Beschaffungsbedingungen.

Gemäss ENB richtet sich die Vergütung nach den Kosten für gleichwertige Energie aus neuen inländischen Kraftwerken. Um der

| HT-Tarifzeiten (übrige Stunden im NT) | Wi HT-Stunden | Wi NT-Stunden | So HT-Stunden | So NT-Stunden | Total Stunden |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| Mo - Fr 7 - 21 h | | | | | |
| Sa 7 - 13 h | 1'976 | 2'392 | 1'990 | 2'402 | 8'760 |

Tabelle 1 Beispiel von Tarifzeiten und entsprechenden Tarifstunden zur Berechnung des Mittelpreises (für Photovoltaik)

| | | | | | |
|--|---------|---|--------------|---|-----------------------|
| Wi HT | 1'976 h | x | 22,7 Rp./kWh | = | 44'855 Rp./kW |
| Wi NT | 2'392 h | x | 17,8 Rp./kWh | = | 42'578 Rp./kW |
| So HT | 1'990 h | x | 17,8 Rp./kWh | = | 35'422 Rp./kW |
| So NT | 2'402 h | x | 7,3 Rp./kWh | = | 17'535 Rp./kW |
| Total | | | | | 140'390 Rp./kW |
| Mittelpreis (Total: 140'390 Rp./kW : 8'760 h) | | | | | 16 Rp./kW |

Tabelle 2 Berechnung des Mittelpreises einer Bandlieferung mit anwendbaren HT-Tarifzonen für die Photovoltaik

Gleichwertigkeit im Falle der erneuerbaren Energien Rechnung zu tragen, sind für die Vergütung verschiedene Zeitzonen (z.B. Sommer/Winter, Hoch-/Niedertarif) anzuwenden, welche die Knappheitsverhältnisse widerspiegeln.

Für Strom aus Energieerzeugungsanlagen von Selbstversorgern mit einer elektrischen Leistung über 1 MW richtet sich die Vergütung nach der vertraglichen Regelung.

- Die Preisempfehlung ist vom 1. Januar 1993 bis 31. Dezember 1995 gültig. Während dieser Zeit sollen Erfahrungen gesammelt und ausgewertet werden. (Die Referenzpreise werden 1995 neu berechnet und gegebenenfalls angehoben).
- Den Werken wird empfohlen, ihre Vergütungssätze mindestens an die Empfehlungen anzupassen und öffentlich bekanntzugeben.
- Weitere Empfehlungen (z.B. Musterverträge, Vergütung für Einspeisung von anderen leitungsgebundenen Energien) werden zurzeit ausgearbeitet.

Photovoltaik-Netzverbundanlage Berufsschulhäuser [7]

Das Projekt im Rahmen des Förderungsprogramms Photovoltaik des Bundes will einen möglichst breiten und schnellen Photovoltaik «Know-how»-Transfer in die Berufsausbildungszentren der Kantone und Gemeinden sicherstellen. Das Projekt wurde im Herbst 1992 lanciert und fand unter den angesprochenen rund 100 Berufsschulen ein grosses Echo. Die Realisation der ersten 3-7 Anlagen ist ab Frühjahr 1993 vorgesehen. Weitere 10-20 Anlagen sollen ab 1994 folgen (Bild 6).

Zusätzliches Ziel dieser Pilot- und Demonstrationsaktivitäten ist es, eine Reihe von geographisch breit gestreuten Demonstrationsanlagen auf Berufsschuldächern in der Schweiz zu realisieren. Damit werden die bestehenden Realisierungserfahrungen von privaten 3-kW-Anlagen und grösseren 100-kW-Infrastrukturanlagen (z.B. Lärm-

schutzwand N13 bei Chur, SBB Fernwärmeleitung Riazino in der Magadinoebene) sinnvoll ergänzt.

Die Projekte sollen mit elektrotechnisch ausgerichteten Berufsschulen, breit abgestützt in allen Sprachregionen der Schweiz, durchgeführt werden.

Angesprochen sind vor allem:

- Gewerbe- oder Berufsschulen
- Berufsausbildungszentren
- Elektro-Einführungskurse

mit beruflichen Lehrgängen, zum Beispiel für:

- Elektromonteur/in
- Elektrozeichner/in
- Elektroniker/in
- Elektromechaniker/in
- Schaltanlagenmonteur/in
- oder verwandte Berufe

Von den 1992 rund 100 angeschriebenen Berufsschulen elektrotechnischer Ausrichtung retournierten über einen Drittel den ausgefüllten Fragebogen. 30 Berufsschulvertreter nahmen anfangs November 1992 an einer Informationstagung in Bern teil. Dargestellt wurden die projektbezogenen Leistungen des Bundes und die Einbindung dieser Aktivität

in das Programm «Energie 2000» und für die Berufsschul-Demonstrationsanlagen.

Vorgesehene projektbezogene Leistungen des Bundes

Zusätzlich zu den Förderleistungen des Bundes von maximal 30% der effektiven Anlagekosten stellt der Bund den Projekten ein umfassendes standardisiertes Messdatenpaket zur Verfügung. Das Messpaket besteht aus einer Messdaten-Erfassungseinheit für Meteo- und Anlagenmesswerte, einem Datenlogger für Langzeitmessungen und einer Software für die Auswertung und Darstellung der Messdaten. Hiermit werden Energiebilanzen zwischen Sonneneinstrahlung, Panelertrag (DC) und Inverter-Ausgangsleistung (AC) erstellt, womit vergleichbare Aussagen über die Verfügbarkeit der PV-Anlage und die Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten generiert werden.

Durch die normalisierte Auswertung und Darstellung der Messergebnisse können die Erkenntnisse direkt mit weiteren schweizerischen oder europäischen Projekten verglichen werden.

Literatur

- [1] Jährliche Quadratmeterumfrage des Sonnenenergie-Fachverbandes Schweiz (Sofas), Edisonstr. 22, 8050 Zürich.
- [2] 2. Jahresbericht 1992, Bericht des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements, Okt. 1992, EDMZ, 3000 Bern.
- [3] H.P. Eicher et al.: Programm der Aktionsgruppe Regenerierbare Energien (AGR), Programm «E-2000», Okt. 1992.
- [4] Th. Nordmann: Kurzfassung «Das Nationale Photovoltaik-Umsetzungsprogramm», TNC Consulting AG, VSE/SEV Bulletin Nr. 16/1991.
- [5] Bundesbeschluss für eine sparsame und rationelle Energienutzung (Energienutzungsbeschluss, ENB vom 14.12.90), EDMZ, 3000 Bern.
- [6] Empfehlungen für die Berechnung und die Festlegung der Vergütung der von Selbstversorgern abgegebenen Elektrizität, EVED, 21.12.92.
- [7] H. Knöpfel, Th. Nordmann: Jahresbericht 1992 Photovoltaik-Netzverbundanlagen Berufsschulhaus an das BEW, TNC Consulting AG.

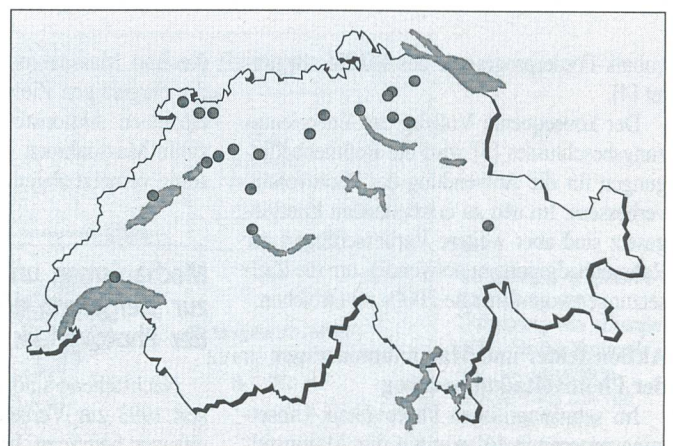


Bild 6 Geographische Verteilung der konkret am Projekt interessierten Berufsschulen