Das schweizerische Photovoltaik-Umsetzungsprogramm

Autor(en): **Nordmann, T.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **82 (1991)**

Heft 16

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902996

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Das schweizerische Photovoltaik-Umsetzungsprogramm

Th. Nordmann

Die Entwicklung und Einführung der Photovoltaik zur Stromerzeugung ist weltweit eine Herausforderung. Das schweizerische Photovoltaik-Umsetzungsprogramm will zu einem konzertierten Einsatz der involvierten Forscher, Ingenieure, Berufsfachleute, Anwender und Konsumenten beitragen. Die hier zusammengefasste Projektskizze schlägt konkrete Massnahmen vor. Nach Abschluss der Vernehmlassung prüft das BEW zurzeit das weitere Vorgehen auch im Rahmen des Programms «Energie 2000».

Le développement et l'introduction de la technique photovoltaïque utilisée pour la production d'électricité est un défi à l'échelle mondiale. Le programme suisse de réalisation photovoltaïque vise une action concertée des chercheurs, ingénieurs, spécialistes, usagers et consommateurs intéressés. L'esquisse du projet résumé ici propose des mesures concrètes. Après une procédure de consultation, l'OFEN en étudie maintenant aussi la suite à donner dans le cadre du programme «Energie 2000».

Adresse des Autors
Thomas Nordmann, Projektverfasser
TNC Consulting AG, Alexanderstrasse 18, 7000 Chur

Warum ein schweizerisches Photovoltaik Umsetzungsprogramm?

Die Photovoltaik-Nutzung in der Schweiz ist im Begriff, sich zu einer ernstzunehmenden, zusätzlichen Möglichkeit der Stromerzeugung zu entwikkeln. Mit der Realisierung einer Vielzahl grösserer und kleinerer Solarnetzverbundanlagen, mit den Projekten Megawatt, Solar 91, der «Erfindung» und der jährlichen Durchführung der Tour de Sol, hat die Schweiz in der Photovoltaik-Anwendung europäische Pionierarbeit geleistet. In all diesen Fällen wurde die Initiative durch einzelne private Exponenten ergriffen.

Der politische Wille des Souveräns

Mit dem Resultat der Eidgenössischen Volksabstimmung vom 23. September 1990, mit einer wuchtigen Annahme des Energieverfassungsartikels und des 10jährigen Baustopps für Atomanlagen (Moratoriums-Initiative), sind in der Schweiz neue, verfassungsrechtliche Voraussetzungen geschaffen worden. Der Bund hat nach über 15jährigem politischem Ringen belastbare Verfassungsgrundlagen erhalten, um unter anderem die Entwicklung erneuerbarer Energien aktiv zu fördern.

Ist die Photovoltaik-Nutzung weltweit vor dem technischen und wirtschaftlichen Durchbruch?

Die Photovoltaik-Branche befindet sich weltweit im Auf- und Umbruch. Die laufende technische Weiterentwicklung erlaubt wahrscheinlich schon vor der Jahrtausendwende die Erzeugung von auch wirtschaftlich konkurrenzfähiger Elektrizität für das Verbundnetz. Die Darstellung (Bild 1) zeigt die erstaunlichen Fortschritte, die bei der Anhebung des Umwandlungswirkungsgrades photovoltaischer Zellen in den letzten Jahren erzielt wurden. Die Umsetzung der Forschungsresultate aus dem Labor zu marktfähigen Produkten ist stark abhängig von der Grösse und der Nachfrage am Markt. Der heute typischerweise in der Schweiz verfügbare Zellenwirkungsgrad liegt markant unter den Laborwerten. Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit der Marktausweitung, sonst verbleiben die neuen technologischen Erkenntnisse in den Forschungslabors.

Die Faszination, die durch die heute noch «teure Nobelenergie Photovoltaik» weltweit auf Forscher und Entwicklung ausgeübt wird, erklärt sich aus der konzeptionellen Einfachheit, mit der die Photovoltaik die komplizierten, elektrischen und thermonuklearen Prozesse, die wir heute zur Stromversorgung benutzen, umgeht. Die erneuerbare Sonnenenergie wird durch den photovoltaischen Effekt direkt in elektrischen Gleichstrom verwandelt. Ohne mechanisch rotierende Teile wird der Gleichstrom bei hohem Wirkungsgrad in netzkonformen Wechselstrom umgewandelt.

Die weltweite PV-Produktion

Eine stete Produktionszunahme kennzeichnet die PV-Weltmarktsituation (Bild 2). Auch 1990 wurde ein Zuwachs von rund 15% registriert, zurückzuführen vor allem auf Mehrproduktionen in Deutschland und Japan. Die USA dagegen konnte nur ein kleines Wachstum verzeichnen, einerseits wegen struktureller Schwierigkeiten einiger Firmen, andererseits wegen der langfristigen Konsequenzen einer nicht PV-freundlichen Politik. Die Darstellung der Produktionsmenge und Zuwachsraten der wichtigsten Hersteller zeigt Bild 3.

Das Programm «Energie 2000»

Der Bundesrat hat am 23. Februar 1991 das Programm und die Zielsetzun-

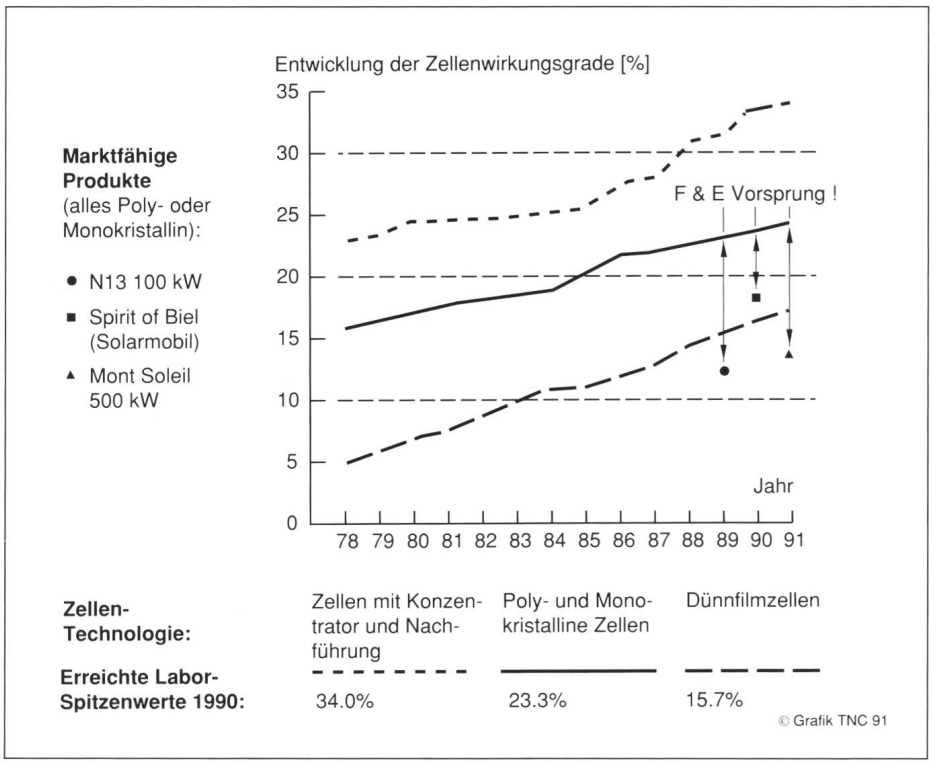

Bild 1 Entwicklung des Photovoltaik-Zellenwirkungsgrades

Quelle: Photovoltaic Insider's Report June 1990/TNC

gen von Energie 2000 genehmigt. Dort werden von den erneuerbaren Energien erhebliche Beiträge gefordert: 0,5% zur schweizerischen Stromproduktion und 3% der fossilen Wärmeerzeugung bis zum Jahre 2000.

Für den Laien scheinen diese Zahlen bescheiden. Substitutionsprozesse zwischen Energieträgern stellen aber auch bei einer gesunden Volkswirtschaft immer sehr langsam ablaufende Vorgänge dar. Diese für alle Energieträger zutreffende Tatsache darf nicht fälschlicherweise als Argument gegen die Erfolgsträchtigkeit der zukünftigen Nutzung der Solarenergie verwendet werden. Müsste beispielsweise die Photovoltaik allein für das halbe Prozent Stromerzeugung aufkommen, bedeutete dies eine Ausweitung der heute am Netz installierten Leistung von 0,9 MW auf über 200 MW Spitzenleistung innert neun Jahren.

Die 0,5% an der schweizerischen Stromproduktion scheinen energiepolitisch unbedeutend. Für die Photovoltaik sind sie aber ausreichend, um diese Technologie aus dem heutigen Entwicklungs-, Pilot- und Demonstrationsstadium zur Industriereife und so zum technischen und kommerziellen Durchbruch zu führen.

Auch in der Schweiz ist die Solarenergiebranche bereit, diese Herausforderung anzunehmen. Allerdings werden sich die geforderten enormen Steigerungen der Beiträge der erneuerbaren Energien zur schweizerischen Energieversorgung vom Markt allein nicht realisieren lassen; dies vor allem wegen der heute nur teilweise erreichten Wirtschaftlichkeit dieser Technologien. Die erneuerbaren Energien «leiden» zusätzlich unter den viel zu niedrigen Ölpreisen, welche die externen Umweltkosten nicht enthalten. Zugunsten der Photovoltaik ist mit dem Energienutzungsbeschluss der Handlungsspielraum wesentlich grösser geworden (Art. 7, Anschlussbedingungen; Art. 10, Forschung und Entwicklung).

Bei der Würdigung dieser Ausgangsbedingungen haben die Eidgenössischen Räte dem Bund mit Art. 12 des Energienutzungsbeschlusses zusätzlich eine Förderungskompetenz für die erneuerbaren Energien zugestanden. Wenn dieser zusätzliche finanzielle Handlungsspielraum nicht schnell genutzt wird, besteht die Gefahr, dass wir die Zielsetzungen von Energie 2000 bei den erneuerbaren Energien nur ansatzweise erreichen werden. In diesem Falle wäre zu befürchten, dass die Chancen der erneuerbaren Energien auch politisch vertan werden.

Die Schweiz besitzt heute das geistige Potential und die materiellen Möglichkeiten, in diesem Bereich europäische Pionierarbeit zu leisten. Die Beschaffung der notwendigen Mittel für eine schnelle und marktmässig erfolgreiche Umsetzung bedürfen eines ausreichenden Engagements der Elektrizitätswirtschaft und der öffentlichen Hand, mindestens so lange die externen Kosten der konventionellen Energieträger nicht durch Steuern und Lenkungsabgaben internalisiert werden können.

Die schnelle und erfolgreiche Lancierung des Programms Energie 2000 stellt eine wichtige Randbedingung zur erfolgreichen Umsetzung der Photovoltaik dar.

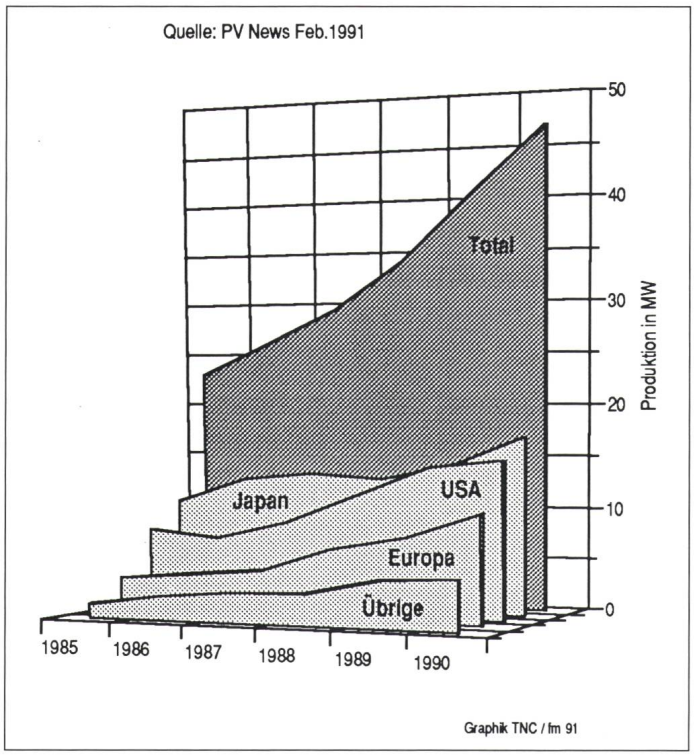

Bild 2 Der Photovoltaik-Weltmarkt

Grundlagenforschung ist noch keine Umsetzung

Mit dem schweizerischen Photovoltaik-Umsetzungsprogramm soll dazu beigetragen werden, diese Lücke zu schliessen. Auch erfolgreiche Grundlagenforschung bedeutet noch keine Umsetzung in der Energiewirtschaft. Erfolgreiche Ergebnisse aus dem Labor müssen zu konkurrenzfähigen, zuverlässigen und am Markt erfolgreichen Produkten umgesetzt werden. Dieser Teil der Innovationskette wurde bis heute in der Schweiz in vielen Bereichen (nicht nur in der Energiewirtschaft) falsch eingeschätzt und zu wenig erfolgreich realisiert. Mit dem schweizerischen Photovoltaik-Umsetzungsprogramm wollen wir dazu beitragen, diese Lücke gezielt zu schliessen. Wir müssen uns auf ehrgeizige, aber nicht unrealistische Zielsetzungen einigen und die vor uns liegenden 90er Jahre dazu verwenden, diese Ziele im gemeinsamen, abgestimmten Einsatz zu erreichen.

Um die Vorgaben zeitgerecht erreichen zu können, bedarf es des koordinierten Einsatzes aller Beteiligten: Politiker, Forscher, Technologieträger, Anwender und Konsumenten. Die Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Einsatz dieser umweltfreundlichen Energiequelle müssen erarbeitet werden. Dazu braucht es ein konzertiertes, taktisches Vorgehen, das im schweizerischen Photovoltaik-Umsetzungsprogramm definiert wird.

Vorgehen zur Erarbeitung des Umsetzungsprogramms

Im Vorfeld der SOFAS-Fachtagung «Photovoltaik Nutzung 1990» – diese fand am 20. Januar 1990 an der ETH Zürich statt – wurden die Voraussetzungen und die Notwendigkeit für ein schweizerisches Umsetzungsprogramm geprüft, erarbeitet und mit einzelnen Entscheidungsträgern aus der Energiewirtschaft, Forschung und Politik diskutiert. Die Resultate der Fachtagung – dort wurde das Projekt unter dem Titel «Ein schweizerisches Photovoltaik-Umsetzungsprogramm, eine Notwendigkeit» [1] vorgestellt – führten zur Formulierung eines Projektantrages an das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW). Das Vorgehen wurde mit dem Vorstand des Sonnenenergie-Fachverbandes Schweiz (SOFAS) abgesprochen. Der Fachverband unterstützte gegenüber dem BEW das vorgeschlagene Vorgehen. Nach Vorliegen der Resultate der Volksabstimmung vom 23. September 1990 wurde die TNC Consulting AG mit der Durchführung der Projektstudie durch das BEW am 24. September 1990 beauftragt.

Um eine breit abgestimmte Ideensuche sicherzustellen, wurden 25 Exponenten der Photovoltaik-Szene und der Elektrizitätswirtschaft der Schweiz zu einer 2tägigen Klausurtagung nach Gersau (18. – 20. November 1990) eingeladen. In den 4 Arbeitsgruppen

- Forschung und Innovation
- Pilot- und Demonstrationsanlagen, Förderung
- Information und Beratung
- Ausbildung und Qualitätssicherung

wurden Handlungsstrategien und Massnahmen für das Umsetzungsprogramm entworfen und erarbeitet. Die Tagungsteilnehmer hatten die Möglichkeit, ihre Vorschläge anschliessend schriftlich zu konkretisieren [2].

Um die Zusammenhänge zur europäischen und internationalen Ebene auszuleuchten, hat der Autor an der IEA/ENEL Executive Conference on Photovoltaic Systems for Electric Utility Applications vom 2. – 5. Dezember 1990 in Taormina/Italien teilgenommen. Anlässlich dieses Expertentreffens wurde erstmals versucht, unter der Schirmherrschaft der IEA die Entscheidungsträger der Photovoltaik-Industrie, der Photovoltaik-Forschung, der schon traditionellen Photovoltaik-Anwender und der neuen, zukünftigen Photovoltaik-Anwender, die Elektrizitätswerke an einen Tisch zu bringen. Die Handlungs- und Anwendungsstrategien für die Elektrizitätswirtschaft beim Photovoltaik-Einsatz im Netzverbund wurden entwickelt und aufgezeigt [3].

Die schnelle Verabschiedung des Energienutzungsbeschlusses durch die beiden Kammern der Eidgenössischen Räte noch im Dezember 1990 hat die definitive Formulierung und Ausarbeitung des Umsetzungsprogramms zusätzlich beschleunigt. Das vorliegende Konzept wurde im SOFAS-Vorstand und von der SOFAS-Fachgruppe Photovoltaik diskutiert und ergänzt.

Entwicklungsstand der Photovoltaik-Nutzung

Die Entwicklung der Photovoltaik-Nutzung erfolgte in der Vergangenheit weltweit unter Ausnützung einzelner Marktnischen. Ursprünglich für die

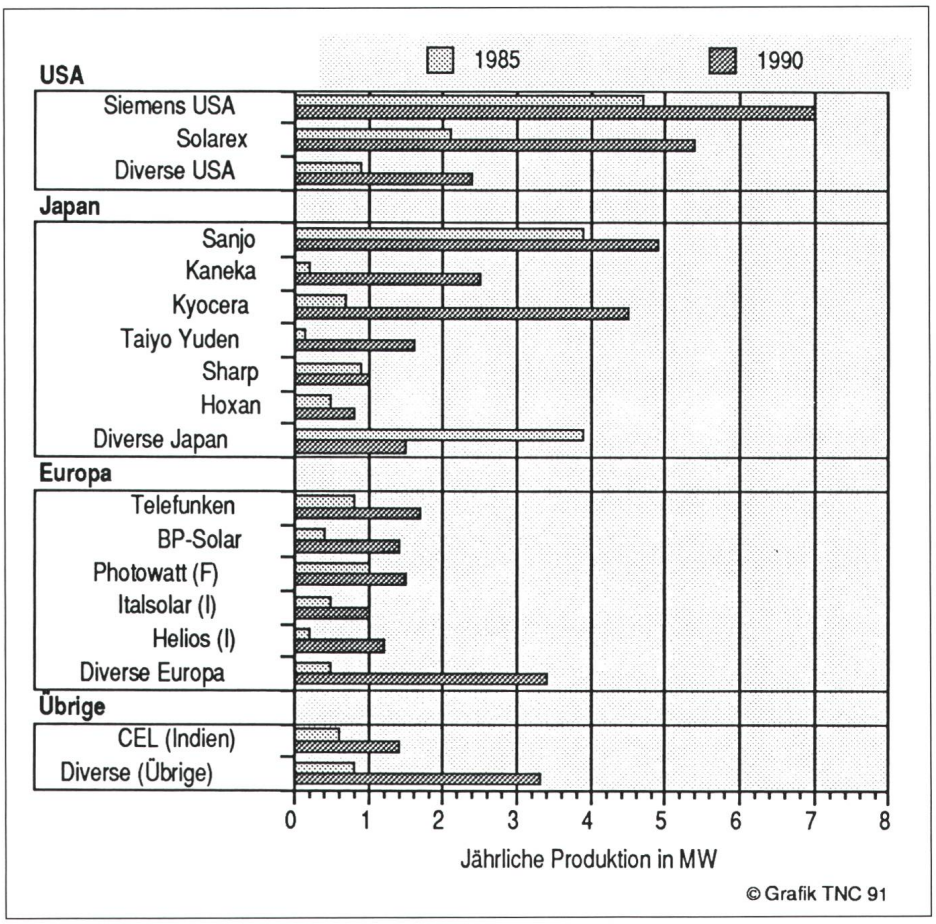

Bild 3 Weltproduktion von Solarzellen in MW 1985 und 1990

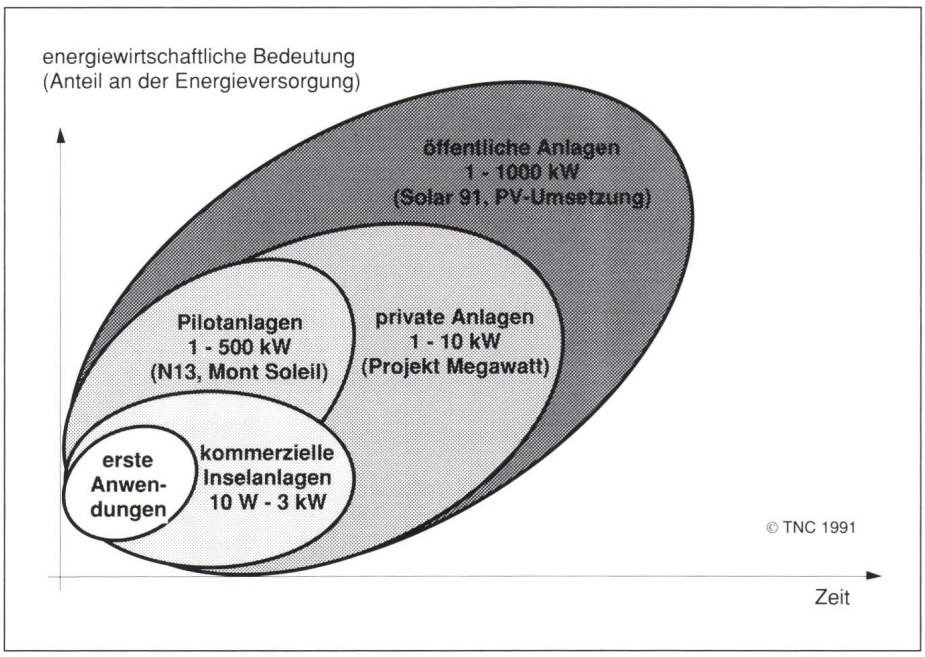

Bild 4 Die Entwicklung des Photovoltaikmarktes in der Schweiz

Weltraumanwendung ohne jede Wirtschaftlichkeitsüberlegungen entwikkelt, wurde die Basistechnologie für terrestrische Anwendungen weiter entwikkelt. Erste Anwendungen resultierten im Bereiche des Batterien-Ersatzes (Portable Power). Weltweit wurde die Photovoltaik für die Versorgung von kleinen Inselanlagen im Bereiche der Telekommunikation oder zum Beispiel in der Schweiz zur elektrischen Beleuchtung von Alphütten eingesetzt. Diese Anlagen werden zum grossen Teil als Gleichstrom-Niederspannungsnetze durch die Verbraucher selbst betrieben. In diesen Bereichen hat die Photovoltaik in der Schweiz erfolgreich wichtige Funktionen für die Versorgung von Inselanlagen übernehmen können, ohne dabei eine energiewirtschaftliche Bedeutung zu erlangen.

Erst der Übergang zum Netzverbund eröffnete der Photovoltaik eine neue, auch energiewirtschaftlich relevante Dimension (Bild 4). Die Möglichkeit der Symbiose mit dem Betrieb von Hochdruckwasserkraftwerken erlaubt ein optimales Einfügen der Photovoltaikanlagen in das schweizerische Verbundnetz.

Der photovoltaisch erzeugte Strom, der in das schweizerische Verbundnetz eingespiesen wird, ermöglicht die Drosselung der Produktionsleistung in den Hochdruckwasserkraftwerken. Die leichte Regelbarkeit dieser Wasserkraftwerke ermöglicht eine optimale Zusammenarbeit mit Photovoltaik-Netzverbundanlagen. Die durch Sonnenenergie erzeugte und ins Verbundnetz eingespiesene Elektrizität steht in den Speicherbecken als zurückgehaltene Wasserkraft zur Verfügung. Diese Vorteile werden ergänzt durch das mit dem Sonnengang parallel verlaufende Stromverbrauchsprofil der Schweiz. Der Strombedarf ist im Tagesgang zwischen 11 und 12 Uhr am grössten.

Landeseigene Stromproduktionsmöglichkeit

Die Photovoltaik ist heute eine wichtige, ins Gewicht fallende, zusätzliche landeseigene Stromproduktionsmöglichkeit. Sie ist sehr umweltfreundlich und kann, wie erwähnt, optimal zusammen mit den vorhandenen Speicherwasserkraftwerken im schweizerischen Stromverbundnetz genutzt werden. Ihr realisierbares Potential wurde in der Untersuchung [4] auf rund 10% des Landesstromverbrauches 1990 geschätzt.

Wichtige Probleme bei der Weiterentwicklung der Photovoltaik-Nutzung

- Ohne Berücksichtigung der externen Kosten ist die Photovoltaik heute noch unwirtschaftlich. Die kaufmännisch berechneten Gestehungskosten für eine kWh, eingespiesen in den schweizerischen Netzverbund, liegen noch über 80 Rp./kWh.
- Bei einer grösseren Verbreitung entsteht je nach Anwendungskonzept ein relativ grosser Landbedarf.
- Das Problem des energetischen Erntefaktors muss bei der Weiterentwicklung berücksichtigt und beherrscht werden [5].
- Es gibt in der Schweiz noch keine landeseigene PV-Panelindustrie.
- Eine landeseigene Inverterindustrie ist erst in Ansätzen vorhanden.
- Die Gruppe von erfahrenen Fachleuten in Forschung, Umsetzung, Planung und Anwendung ist zwar gut qualifiziert, aber heute zahlenmässig noch ungenügend klein.

Das schweizerische Photovoltaik-Umsetzungsprogramm

Die erfolgreiche Implementierung neuer Technologien bedarf einer Vielzahl von Massnahmen und Aktivitäten, die als Ganzes bei der «richtigen» Mischung zu einer schnellen, erfolgreichen Umsetzung und Markteinführung beitragen. Normalerweise sollten solche Vorgänge der freien Marktwirtschaft, der Wechselwirkung zwischen Angebot und Nachfrage, überlassen werden. Im Falle der Photovoltaik müssen – wie seinerzeit bei der Kernenergie – aus energiepolitischen Motiven zusätzliche Hilfestellungen eingeleitet werden, um aus den bestehenden Sachzwängen, zwischen noch fehlender Wirtschaftlichkeit und dem heute noch zu kleinen Marktvolumen, ausbrechen zu können. Dabei wollen wir nicht unter dem Schutz einer zusätzlichen öffentlichen Förderung eine nicht konkurrenzfähige Photovoltaik-Industrie heranwachsen lassen. Vielmehr soll im Rahmen dieses schweizerischen Umsetzungsprogrammes eine wirtschaftlich tragfähige Photovoltaik-Nutzung entwickelt werden. Wenn dieses Ziel erreicht worden ist, werden die Marktkräfte selbst die Möglichkeiten der Photovoltaik erkennen, aufgreifen und voranbringen.

Was ist institutionelle Umsetzung?

Unter diesem Titel werden Aktivitäten in den Bereichen Forschung und Entwicklung (F & E) sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen (P & D) verstanden.

Bereich:	*Funktion:*
• Forschung	Stand des Wissens vertiefen und erweitern
• Entwicklung	Stand der Technik vertiefen und erweitern
• Pilotanlagen	Stand der Entwicklung erproben
• Demonstrationsanlagen	Stand der Technik demonstrieren

Die Bündelung einzelner Aktivitäten zu Massnahmen-Paketen ermöglicht das phasenweise, strategisch optimal geplante Vorgehen.

Was ist marktorientierte Umsetzung?

Die marktorientierte Umsetzung kann auch nur durch konkrete Markterfahrung erfolgen, das heisst die einzelnen nachstehenden Tätigkeiten müssen effektiv ausgeführt werden, um die so gesammelten Erfahrungen auf die gewählten Lösungskonzepte, Produkte- und Anwendungsstrategien zurückfliessen zu lassen (Feed-Back).

Bereich:	*Funktion:*
• Fertigen	Herstellung von technisch einwandfreien, möglichst wirtschaftlichen Produkten
• Ausbilden	Grund- und Weiterausbildung der beteiligten Fachleute auf allen Stufen
• Fördern	gezielte, flankierende Massnahmen der öffentlichen Hand zur Marktstimulation unter Berücksichtigung der externen Kosten
• Finanzieren	sichere Investitionen durch den Markt in gute Anlagen
• Realisieren	Planung, Bewilligung, Bau und Inbetriebnahme von funktionstüchtigen Photovoltaik-Anlagen
• Betreiben	Betriebserfahrung über mehrere Jahre, Erkennen und Ausmerzen von allfälligen Fehlern zur Verbesserung der Lebenserwartung und Betriebstüchtigkeit.

Die Massnahmen der marktorientierten Umsetzung beinhalten ein Förderungsmodell und ein Konzept zur Qualitätssicherung. Dabei müssen verschiedene Randbedingungen beachtet und eingehalten werden.

- Das Förderungsmodell ist so angelegt, dass das Eigeninteresse des Investors an einer möglichst ertragsreichen, langlebigen, technisch optimalen Photovoltaik-Netzverbundanlage erhalten bleibt.
- Für die Hersteller und Lieferanten soll eine Marktstimulierung erreicht werden. Das ist aber nicht gleichbedeutend mit einem protektionistisch gesicherten Marktsegment, das vom Staat garantiert wird. Der Wettbewerb zwischen den einzelnen Anbietern muss auch im Förderungsmodell aufrechterhalten bleiben.
- Die administrative und logistische Abwicklung der Förderung muss möglichst einfach, ohne Schaffung zusätzlicher unüberschaubarer Organisationsstrukturen realisiert werden.
- Das Förderungskonzept, als Eingriff in die freie Marktwirtschaft, muss sorgfältig geplant und dosiert werden, um nicht unerwünschte Nebenerscheinungen auftreten zu lassen.
- Der Umfang der Förderung im vorgeschlagenen Modell muss flexibel formuliert werden. Sinkende Preise der Photovoltaik-Komponenten bei der Herstellung müssen bei den Förderungsansätzen entsprechend kompensierbar ausgestaltet werden.
- Zwischen der Ankündigung, der Förderung durch die öffentliche Hand und dem effektiven Einsetzen der Förderungsmassnahmen soll eine möglichst kurze Zeit, also nicht mehr als ein Monat, verstreichen. Es besteht die Gefahr, dass sonst der Solarmarkt in Erwartung der angekündigten Förderung in der Zwischenzeit völlig zusammenbricht und keine Solaranlagen mehr bestellt werden. Effektive Förderungsmassnahmen können daher aus unserer Sicht frühestens gegen Ende 1991 einsetzen.
- Das Förderungskonzept geht aus von den heutigen Gestehungskosten einer photovoltaisch erzeugten kWh zwischen 80 Rp. und Fr. 1.30. Ziel dieses Förderungsmodells ist, die Preisdifferenz zum «normalen» Strompreis teilweise zu finanzieren.

Die möglichen Elemente der Förderung

Durch die Aufteilung der Förderung auf Investitionsbeihilfen und Vergütung pro erzeugte kWh soll die Motivation des Investors (z.B. Private, Gewerbebetriebe oder Industrieunternehmungen) erhalten, möglichst wirtschaftliche Netzverbundanlagen zu bauen, die möglichst viel solaren Strom erzeugen. Die Arbeitsteilung zwischen öffentlicher Hand und Elektrizitätswirtschaft soll durch unterschiedliche Förderungsstrategie klar geregelt werden.

a) *Beitrag der Elektrizitätswirtschaft*:
Vergütung der erzeugten Elektrizität bei der Wiedereinspeisung ins Verbundnetz durch die EW (Rp./kWh).
Im Energienutzungsbeschluss, Artikel 7, Absatz 3, ist die Vergütung der durch Eigenerzeugung produzierten Energie geregelt. Sie richtet sich im Falle der Photovoltaik nach den Kosten für die Beschaffung gleichwertiger Energie aus neuen inländischen Produktionsanlagen. Die Verordnung zum Energienutzungsbeschluss wird zurzeit durch das BEW ausgearbeitet. In Zusammenarbeit mit dem VSE und dem SOFAS wird die Schaffung eines Mechanismus vorgeschlagen, der innerhalb der Verordnung die Art der Tariffestsetzung definiert. In jährlich zwischen dem VSE, BEW, der Kantone und dem SOFAS durchzuführenden Tarifverhandlungen könnten so die aktuellen Vergütungsansätze festgelegt werden. Die voraussichtlich erzielbare Vergütung (1991) für photovoltaisch erzeugte Energie liegt im Bereiche zwischen 20 und 35 Rp./kWh.

b) *Beitrag der öffentlichen Hand*:
Investitionsbeihilfen durch die öffentliche Hand (Fr./W Spitzenleistung).
Es wird vorgeschlagen, ähnlich dem Fördermodell des Kantons Bern [6], einen bestimmten Betrag pro installiertes Watt Spitzenleistung als öffentliche Förderung der Photovoltaik-Nutzung aufzubringen. Die Förderung des Bundes erfolgt im Rahmen des Energienutzungsbeschlusses für die ganze Schweiz (Art. 12). Hier soll aber zukünftig eine Aufgabenteilung zwischen Bund und Kantonen einsetzen.
Nach der Ablösung des Energienutzungsbeschlusses durch das Energiegesetz des Bundes wird etwa 1995 die Bundesförderung von einer gleichzeitig kantonalen Förderung abhängig gemacht. Damit werden die Kantone motiviert, analog dem Berner Vorgehen, auf kantonaler Ebene entsprechende Förderungsmodelle auszuarbeiten und in Kraft zu setzen. Dieses Vorgehen trägt dem Postulat der Arbeitsteilung zwischen Bund und Kantonen im Energiebereich Rechnung. Diese geplante, öffentliche Förderung reduziert das Investitionsvolumen für den Investor um bis zu 50% (Bund 25%, Kanton 25%).

c) *Beitrag der Konsumenten:*
Solarbonus – Umverteilung der Kosten durch die Konsumenten (Rp./kWh).
Die verbleibende Differenz zwischen den PV-Gestehungskosten und dem Marktpreis wird durch einen Umverteilungsmechanismus (Solarbonus), mit Hilfe der bestehenden Inkasso-Organisation der Elektrizitätswirtschaft, ausgeglichen. Ähnlich dem Finanzierungskonzept der Nationalstrasse wird landesweit pro kWh elektrische Energie eine Abgabe von etwa 1 Rp./kWh erhoben. Die Elektrizitätswerke übernehmen das Inkasso; es handelt sich hier nicht um eine Strompreiserhöhung, sondern um eine zusätzliche, freiwillige Ab-

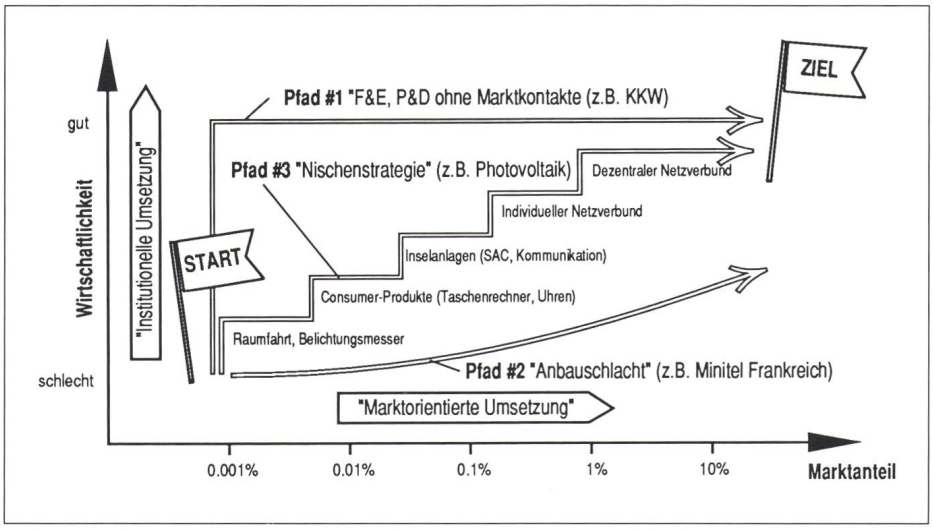

Bild 5 Konzepte zur Markteinführung
Die Einführung neuer Technologien kann mit unterschiedlichen Verhalten erfolgen:
Pfad 1 ist ein typisches Beispiel institutioneller Umsetzung. Bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie für die Stromerzeugung musste vor der Realisierung der ersten kommerziellen Kernreaktoren ein enormer Forschungs-, Entwicklungs-, Pilot- und Demonstrationsaufwand betrieben werden. Dieser erfolgte ohne Marktkontakt. Durch die Vorfinanzierung der institutionellen Umsetzungsmassnahmen konnte diese Technologie erst «wirtschaftlich» gemacht werden.
Pfad 2 beschreibt ein typisches, marktorientiertes Umsetzungsprogramm: die Verbreitung von Minitel Videotex-Geräten in Frankreich. Die staatlich finanzierte Anbauschlacht der französischen PTT – jedem Telefonbenützer ein geschenktes Minitelgerät – erzeugte trotz fehlender Wirtschaftlichkeit einen Markt für die Dienstleistungen des Minitels, der heute Eigendynamik erreicht hat.
Pfad 3, Nischenstrategie: Die Entwicklung der Photovoltaik verläuft in einer Kombination der beiden Vorgehensarten. Die Entwicklung der Basistechnologie erfolgte institutionell für die Raumfahrt. Marktorientierte Umsetzung erzeugt den Konsum- und Produktemarkt, zum Beispiel Taschenrechner, Uhren usw. Die technischen Fortschritte ermöglichten die Fertigung grösserer Panels. So wurde der Inselanlagemarkt erschlossen usw.

gabe auf der konsumierten elektrischen Energie. Die jährlich (1991) zu erwartenden Einnahmen von rund 400 Millionen Schweizer Franken werden durch die Elektrizitätswerke in einen nationalen Photovoltaik-Ausgleichsfonds einbezahlt. Pro photovoltaisch erzeugter kWh (Eigenverbrauch + Netzeinspeisung) durch Photovoltaik Netzverbundanlagen privater oder öffentlicher Werke, erfolgt eine Vergütung, um die Preisdifferenz zwischen Kosten und Marktwert auszugleichen. Dieser Ausgleich erfolgt im Rahmen der Rechnungsstellung durch die lokalen Elektrizitätswerke als Gutschrift.

d) *Beitrag der Solarbranche*: Qualitätssicherung. – Aufgrund dieses Förderungsmodells ist ein erhebliches, erwünschtes Marktwachstum in kurzer Zeit zu erwarten. Das Postulat der Qualitätssicherung ist wichtig, um die Realisierung technisch einwandfreier Photovoltaik-Netzverbundanlagen sicherzustellen. Auch eine kleine Fehlerrate bei der technischen Realisierung dieser Anlagen würde schwerwiegende, negative Signale gegenüber dem Markt auslösen. Als Instrument zur Qualitätssicherung am Markt wird der sogenannte «Solarschutzbrief» [7] vorgeschlagen.

Konzepte zur Markteinführung

Diese beiden Vorgehensmethoden bei der Umsetzung («institutionelle» und «marktorientierte» Massnahmen) dürfen nicht als konkurrenzierende, sondern als komplementäre Elemente betrachtet werden. Eine Kombination der beiden Aktivitäten ergibt ein grösseres und schneller erreichbares Erfolgspotential (Bild 5). Die Photovoltaik-Entwicklung lief bis heute in einer Kombination der beiden Funktionen in einem Nischenkonzept.

Bild 6 Aktionsfelder der Photovoltaik. Umsetzung (schematisch)

AKTIONSFELDER	TRÄGER: PV Industrie SOFAS, PROMES (1)	Öffentliche Hand Bund, Kantone, Gemeinden, NEFF (2)	Strom-Erzeuger: Elektrizitätswerke (3)	Strom-Erzeuger: Private, Gewerbe, Industrie (4)
Technik (T)	Produkteinnovationen, d.h. bessere • Wirkungsgrade • Systeme (T1)	Forschung Schwerpunkte: • ... • ... (T2)	Bau von Pilot- und Demonstrationsanlagen (T3)	«Sichere Investition in gute Anlagen» (T4)
Oekonomie (O)	Herstellung, d.h. günstigere • PV Panels • Systemkosten (O1)	• Förderung • Externe Kosten • Solarbonus (O2)	Grenzkostenvergütung an Erzeuger (O3)	• Markt • Förderung • Solarbonus (O4)
Institutionelle Aufgaben (I)	Weiterausbildung Impulsprogramm PACER Erstellung einer soliden Know-HowBasis (I1)	• Information • Vorgehensberatung • Grundausbildung: Berufsschulen ... Hochschulen PV-Elektriker ... dipl. PV Ing. (I2)	• Liberale Stromabnahmekonzepte • Zähler • Verrechnen • Statistik (I3)	«Liberale Bewilligungspraxis der Behörden» (I4)
Rahmenbedingungen (R)	Qualitätssicherung SOFAS Solarschutzbrief (R1)	• Verfassung • Gesetz • Beschlüsse • Vollzug (R2)	• Techn. Vorschriften für Netzverbund • Abnahme • Bewilligungsverfahren (R3)	«Attraktives Investitionsklima» (R4)

© TNC Consulting AG

Aktionsfelder der Photovoltaik-Umsetzung

Die Aktionsfelder: Technik, Ökonomie, institutionelle Aufgaben und Rahmenbedingungen müssen durch die einzelnen Träger der Photovoltaik-Umsetzung in ausreichender Intensität besetzt werden. Bild 6 gibt einen Überblick der Aktionsfelder und Umsetzungsträger. Die Massnahmenplanung erfolgt in den so entstehenden Tätigkeitsfeldern.

Der Wirkungsbereich der einzelnen, vorgeschlagenen Massnahmen (gemäss Bild 6) ist in deren Beschreibung erläutert.

Literatur

[1] *Th. Nordmann*: «Ein Nationales Photovoltaik-Umsetzungsprogramm – eine Notwendigkeit», SOFAS Fachtagung Photovoltaik-Nutzung 1990, 20. Januar 1990, ETH Zürich.

[2] Protokoll der Klausurtagung, 18. – 20. November 1990, Gersau (TNC).

[3] *Th. Nordmann*: Bericht der IEA/ENEL-Tagung, 2. – 4. Dezember 1990, Taormina/Italien, an das BEW.

[4] «Energieszenarien» Bericht der Expertengruppe EDMZ Bern, Februar 1988.

[5] *M. Real, D. Spreng*: «Energieaufwand zur Herstellung von Solarzellen», Besprechung eines Forschungsberichtes, Bulletin SEV/VSE Nr. 10/91.

[6] Energiegesetz und Verordnung des Kantons Bern.

[7] *Th. Nordmann*: «Der Solarschutzbrief, ein Instrument für die Qualitätssicherung». SOFAS Fachtagung an der Swiss-Bau 1991, 1. Februar 1991.

ETG/SGA-Informationstagung: Photovoltaik, additive Energie zur Stromerzeugung – Tagungsband erhältlich
Journée d'information de l'ETG et de l'ASSPA: Photovoltaïque, énergie additive pour la production d'électricité – receuil de conférences en vente

Am Dienstag, 14. Mai 1991 fand im Expocentro in Bellinzona eine Informationstagung statt. Der Tagungsband mit den nachfolgend aufgeführten Referaten kann zum Preis von Fr. 40.– unter folgender Adresse bestellt werden: SEV, Zentrale Dienste, Postfach, 8034 Zürich; Reihe ETG: Band 19 d/f

Inhalt/Table de matière

Photovoltaiksysteme – Stand der Technik
M. G. Real

Technologien für Solarzellen und Solarmodule
Prof. A. Shah

Technologie der Umformung
C. Giovannini

Réglage d'une installation photovoltaïque de grande puissance
A. Ch. Rufer

Betriebserfahrungen mit der Photovoltaik-Anlage an der N 13
T. Nordmann

Erfahrungen mit Planung, Bau und Betrieb photovoltaischer Anlagen
Dr. R. Minder

Das Forschungsprogramm der Internationalen Energieagentur (IEA) zum Thema Photovoltaik im Gebäude
P. Toggweiler

Die Photovoltaik und die Energiepolitik der Schweiz
J. Gfeller

Die Haltung der Elektrizitätswerke zur dezentralen Einspeisung aus Photovoltaik-Anlagen
W. Blum

Kurzfassungen der Referate in der zweiten Sprache/Résumés des conférences dans la deuxième langue

Kaufen Sie keine halben Sachen! MDM präsentiert an der INELTEC das neuartige, NIV-konforme Installations-Messgerät «remo-check».

remo-check®

hat zwei entscheidende Vorteile:
remo-check® ist klein und sehr funktionell konstruiert.
Sie bedienen das Gerät mit einer Hand.
remo-check® ist menuegeführt.
Das bedeutet: Dem Anwender wird die Abfolge der Hausinstallations-Messungen Schritt um Schritt vorgegeben.
Nichts wird mehr vergessen.
Die später über einen PC ausgedruckten Messergebnisse sind immer vollständig!
remo-check® verfügt über eine immense Speicherkapazität – diese reicht für rund ein Dutzend komplette Hausinstallations-Messungen.
remo-check® ist **das Messgerät** für den Elektro-Installateur.

Life-Präsentation
an unserem INELTEC-Messestand im September in Basel!

Messen und protokollieren Sie selbst eine Elektro-Installation vollautomatisch und menuegeführt.

mdm elektrosystem ag
Tel. 01/933 01 75 • Fax 01/932 43 29 • Hofstrasse 16 • 8620 Wetzikon

Eine Reichle+De-Massari-Unternehmung

WEBER
macht Strom sicher

... und die Ineltec um ein Angebot reicher.

"Ineltec-Z'morge" am Messestand der WEBER AG

Jeden Morgen von 9.00 bis 11.00 Uhr offerieren wir Ihnen heissen Morgenkaffee und frische Gipfeli. Sicher der richtige Start in einen anstrengenden Messetag.
Wir freuen uns auf Ihren Besuch.

Ihre WEBER AG

Ineltec '91,
10. bis 13. Sept. in Basel
Halle 115, Stand Nr. 451

WEBER AG Elektrotechnik 6020 Emmenbrücke Tel. 041-50 70 00

FAIRTEC AG • ***SCHNELL UND GÜNSTIG*** •

PCB

- ***Schnelltest's***
  PCB-Gehalt im Transformatoren- oder Kondensatorenöl
- ***Genaue PCB-Analysen***
- ***Transport***
- ***Entsorgung***
  - PCB's
  - PCB-kontaminierte Transformatorenöle
  - komplette PCB-Transformatoren
  - PCB-Kondensatoren
  - PCB-kontaminierte Materialien

Verlangen Sie Unterlagen für Offertunterbreitung bei Herrn E. Blaser

FAIRTEC AG – 5300 Turgi – Telefon 056 23 38 64 – Telefax 056 23 28 85

FAIRTEC AG • ***SCHNELL UND GÜNSTIG*** •