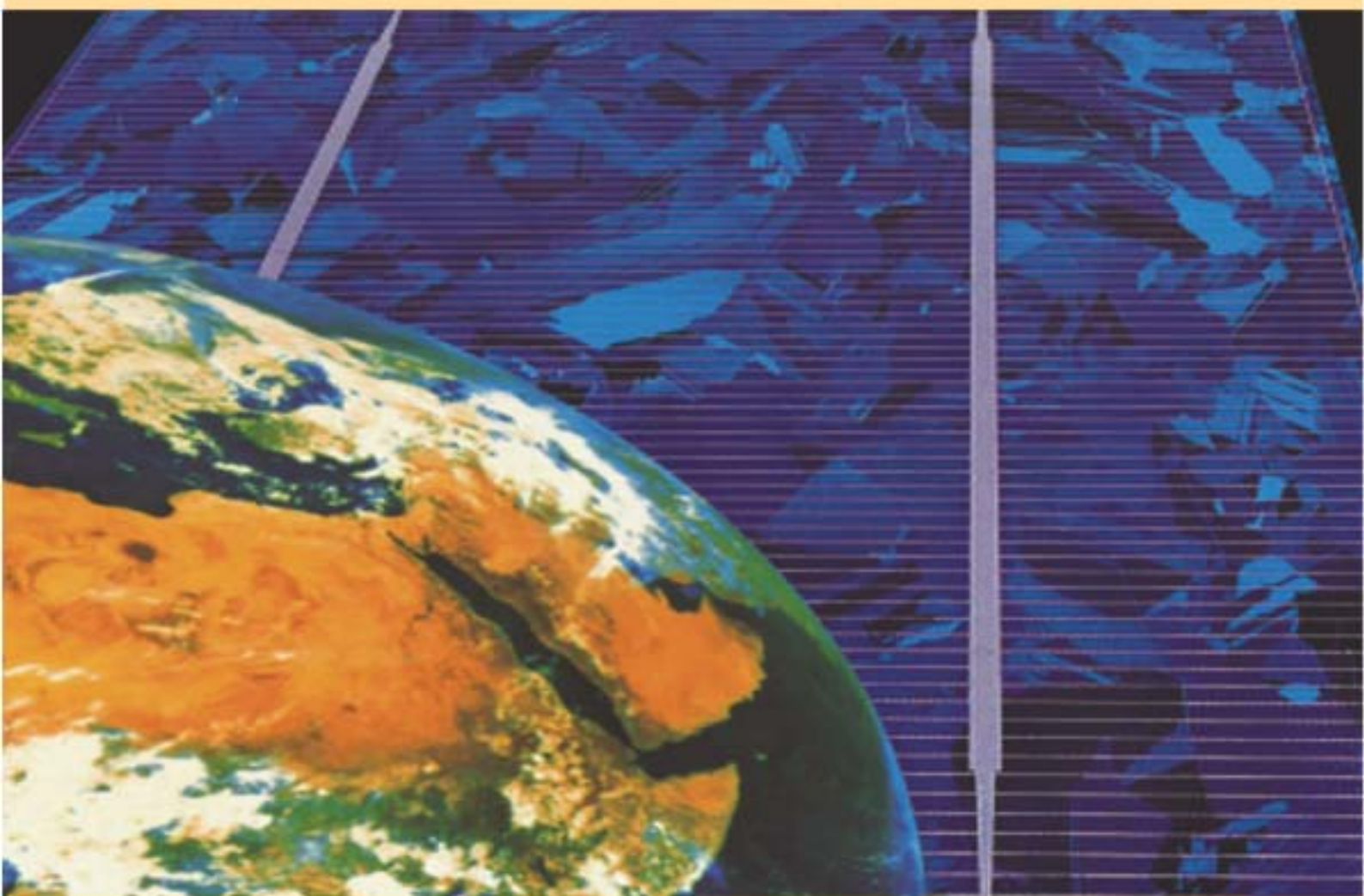


GEBÄUDEINTEGRIERTE PHOTOVOLTAIKANLAGEN

Tagung und Exkursion am 29. und 30. Juni 2001



TAGUNGSBAND

bmvit
Bundesministerium für
Verkehr, Innovation
und Technologie



TAGUNG UND EXKURSION

**Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen -
Energiespendende Fassaden, Dächer und
Elemente der Gebäudehülle**

29. und 30. Juni 2001

PROGRAMM Tagung

- 09:00 h Registration und Kaffee
- 09:30 h **Eröffnung und Begrüßung**
Bürgermeister Christoph Stark, Stadt Gleisdorf
Ing. Ewald Selvicka, AEE INTEC, Gleisdorf
- 09:40 h **Gebäudeintegrierte Photovoltaik-Anlagen Forschungsprojekte im Rahmen der Internationalen Energieagentur, IEA/OECD**
Univ-Prof. Dr. Gerhard Faninger, IFF, Klagenfurt
- 10:00 h **Marktentwicklung, Trends und neue Photovoltaiktechnologien**
Dipl.-Ing. Heinrich Wilk, Energie AG OÖ
- 10:30 h **Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen**
Dr. Gerd Schauer, Verbund AG, Wien
- 10:50 h Pause
- 11:10 h **Solarstrom Wechselrichter**
Mag. Hannes Wendeler, Fronius Internationals GmbH, Wels
- 11:50 h **Forschungsstrategien der EU im Photovoltaikbereich**
Dipl.-Ing. Siegfried Loicht, BIT Büro für internationale Forschungs- und Technologiekoooperation, Wien
- 12:00 h **Diskussion der Vorträge des Vormittags**
- 12:15 h Mittagspause
- 14:00 h **Optimale Integration in die Gebäudehülle**
Dr. Karin Stieldorf, Institut für Hochbau, TU Wien
- 14:25 h **Fassadenintegrierte PV Anlagen – der architektonische Anspruch**
Arch. Dipl.-Ing. Michael Heim, Architekturbüro MHM
Günter Köchle, stromaufwärts Photovoltaik GmbH, Satteins
- 15:15 h Diskussion der Vorträge des Nachmittags
- 16:00 h** Besuch der Steirischen Landesausstellung „energie“ in Gleisdorf
- 18:00 h Ende**

PROGRAMM Exkursion

- 09:00 h Registration
- 09:15 h Energiepark Feistritzwerke Gleisdorf
- 10:15 h Straße der Solarenergie in Gleisdorf
- 11:30 h Netzgekoppelte, dachintegrierte PV Anlage Weiß
- 12:30 h Mittagessen
- 14:00 h Abfahrt zum Gemini Haus und Musikhauptschule in Weiz
- 16:15 h** Besichtigung der Steirischen Landesausstellung „energie“ in Weiz
- 18:00 h Ende in Gleisdorf**

Die Tagung „Photovoltaikintegration in Gebäuden - Energiespendende Fassaden, Dächer und Elemente der Gebäudehülle“ wird von der AEE-INET im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie und der Stadt Gleisdorf durchgeführt. Die Tagung ist Teil einer Veranstaltungsserie, die dem verstärkten Know-how Transfer von Ergebnissen aus IEA Tasks im Rahmen des Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) dienen.

Veranstalter



Im Auftrag von

bmvit
Bundesministerium für
Verkehr, Innovation und
Technologie



STADT *Solar* GLEISDORF

**GEBÄUDEINTEGRIERTE PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN
FORSCHUNGSPROJEKTE IM RAHMEN DER INTERNATIONALEN
ENERGIEAGENTUR, IEA/OECD**

Prof. Dr. Gerhard Faninger
iff-Studienzentrum für Weiterbildung, Universität Klagenfurt
A-9020 Klagenfurt, Sterneckstraße 15
E-Mail: gerhard.faninger@uni-klu-ac.at

GEBÄUDEINTEGRIERTE PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN Forschungsprojekte im Rahmen der Internationalen Energieagentur, IEA/OECD

Gerhard Faninger
iff-Studienzentrum für Weiterbildung,
Universität Klagenfurt
A-9020 Klagenfurt, Sterneckstraße 15
E-Mail: gerhard.faninger@uni-klu-ac.at

1. Organisation und Inhalte der Forschungsprojekte

Interesse für die dezentrale Nutzung der Sonnenenergie mit Photovoltaik-Anlagen gab es erstmals in einzelnen Ländern Ende der 80er Jahre. Es wurden Pilotanlagen errichtet, aber es fehlte an dem notwendigen Know-how und den Informationen für Architekten und Elektroinstallateure. Ein gelungenes Beispiel aus Österreich ist die erste gebäudeintegrierte 2 kW-Photovoltaik-Anlage im Inselbetrieb auf der elektrisch nicht erschlossenen *Baumgartalm* in Salzburg im Jahre 1985, mit welcher ein Dieselaggregat zur Bereitstellung des Strombedarfs für Beleuchtung und zum Betrieb einer elektrischen Melkmaschine auf einer Almbewirtschaftung ersetzt wurde; Abb.1.



Abb. 1: Gebäudeintegrierte 2 kW-Photovoltaikanlage im Inselbetrieb.
Baumgartalm in Salzburg

Die Bedeutung der Photovoltaik im Rahmen der Forschungsprogramme der Internationalen Energieagentur, IEA/OECD, wurde erstmals im Rahmen des Forschungsprogramms „Solar Heating and Cooling“ (*IEA-SHC-Programme*) für die Entwicklung fortgeschrittener Solargebäude - als Vorstufe für *Nachhaltiges Bauen* („*Sustainable Solar Housing*“) - erkannt und in einem im Jahre 1990 beschlossenen Forschungsprojekt „*Photovoltaics in Buildings*“ als Projekt TASK 16 in internationaler Zusammenarbeit mit 12 Ländern bearbeitet; TAFEL 1. Damit wurde es möglich, das bis zu diesem Zeitpunkt ausschließlich von der Industrie beherrschte Entwicklungsgebiet einer internationalen Zusammenarbeit zuzuführen. Allerdings nicht auf die technologische Weiterentwicklung der PV-Technologien bezogen, sondern auf deren Anwendungen im Gebäudebereich.

Im Teilprojekt „*Design and Engineering*“ wurden Fragen der Auslegung von photovoltaischen Systemen, inklusive Komponentenentwicklung für existierende Systeme und Abnehmer, wie Beleuchtungskörper und Haushaltsgeräte, sowie Standards für Komponenten- und System-Tests mit Zertifikat entwickelt und am Markt eingeführt. Damit konnte ein jährlich immer stärker wachsender Markt für gebäudeintegrierte PV-Systeme aufgebaut werden. Im Teilprojekt „*Building Integration*“ wurden neue Wege zur Integration von PV-Modulen in Gebäuden entwickelt und in der Praxis getestet. Hierbei wurden sowohl technische als auch architektonische Fragestellungen beachtet. Mit internationalen Workshops, Architektur-Wettbewerben, EDV-gestützten Planungshilfen sollte und wurde auch das Interesse für den Einsatz der Photovoltaik im Gebäudebereich in der Öffentlichkeit und bei Bauträgern gefördert. In einem Messprogramm („*Demonstration Projects*“) wurden in den am Forschungsprojekt teilnehmenden Ländern Objekte mit integrierten PV-Modulen errichtet, getestet und die Ergebnisse dokumentiert. Als Abschluss des sechsjährigen Forschungsprojektes wurden die Ergebnisse der Untersuchungen in einem Handbuch veröffentlicht und für die praktische Anwendung verfügbar gemacht: „*Photovoltaics in Buildings: A Design Handbook for Architects and Engineers*“, James&James, 1996. Die Weitergabe der Forschungsergebnisse erfolgte in Österreich über das Wissenschaftsministerium, mit einer zusammenfassenden Präsentation im Rahmen der Solartagung „Gleisdorf 1966“; Abb. 2.

Die auf die Anwendung begrenzten Forschungsarbeiten im Bereich photovoltaischer Systeme haben zur Entwicklung eines eigenen Forschungsprogramms „*Photovoltaic Power Systems*“ (*IEA-PVPS*) im Rahmen der Internationalen Energieagentur geführt, und die Weiterführung des Forschungsvorhabens *IEA-SHC-TASK 16* wurde in dieses Forschungsprogramm als Teilprojekt TASK 7 eingebaut: *IEA-PVPS-TASK 7*.

Schwerpunkte der Forschungsprojekte im derzeit noch laufenden IEA Projekt *PVPS-TASK 7* sind die Weiterentwicklung der architektonischen Qualität gebäudeintegrierter PV-Module, die Verbesserung des technischen Standards - inklusive Sicherheitseinrichtungen - von installierten Gesamtsystemen, die Reduktion der Kosten für installierte PV-Anlagen sowie der Wartungs- und Erneuerungskosten, die zusätzliche Verwendung von Solarmodulen als Luft-Kollektoren, die Entwicklung von hybriden Solarkollektoren (thermisch und elektrisch) sowie die Überwindung nicht-technischer Barrieren bei der Markteinführung. Eine Zusammenarbeit zwischen PV-Spezialisten, Industrie, Gewerbe, Planern und Bauträgern wurde gesucht und auch gefunden. Die Aktivitäten bezogen sich vorwiegend auf die Abhaltung von

Fachseminaren, Training sowie die Organisation und Abwicklung von Wettbewerben.

Österreich war sowohl bei der Entwicklung von IEA-SHC-TASK 16 als auch bei der Entwicklung des IEA-Forschungsprogramms „Photovoltaic Power Systems“ aktiv beteiligt. Beide Forschungsprojekte wurden bzw. werden unter der Teilnahme von österreichischen Experten aus Wissenschaft und Industrie abgewickelt.

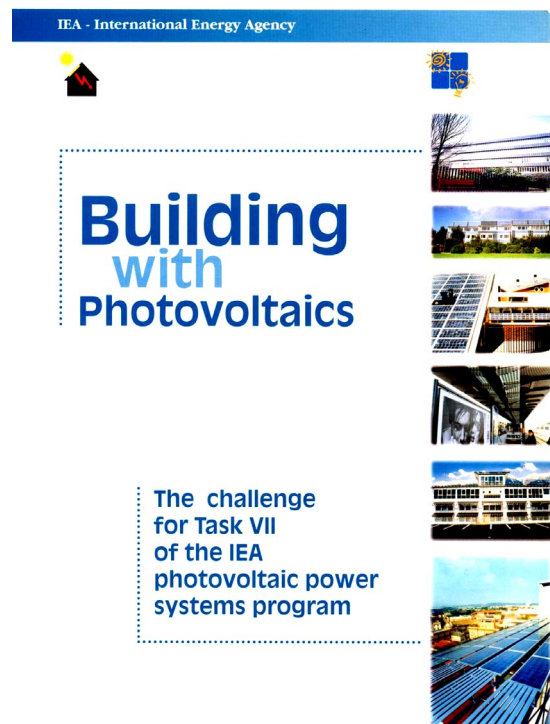
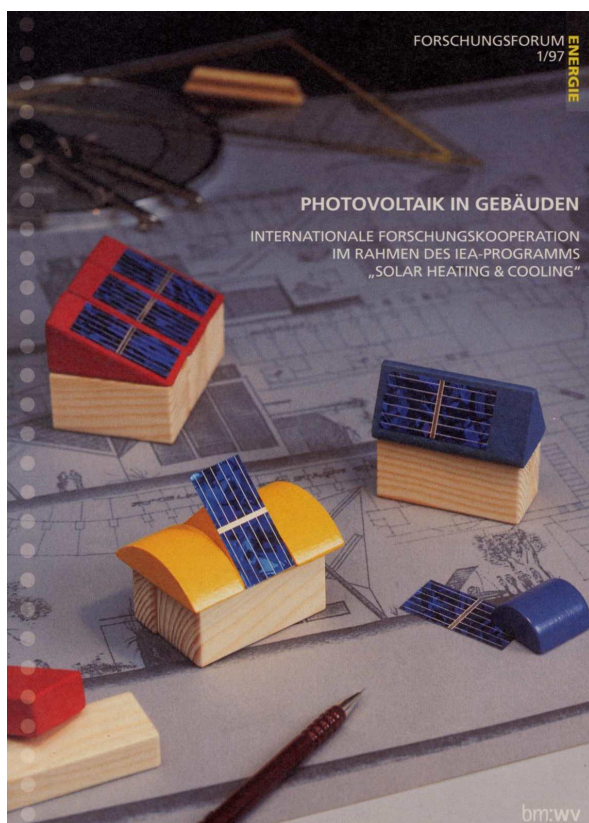
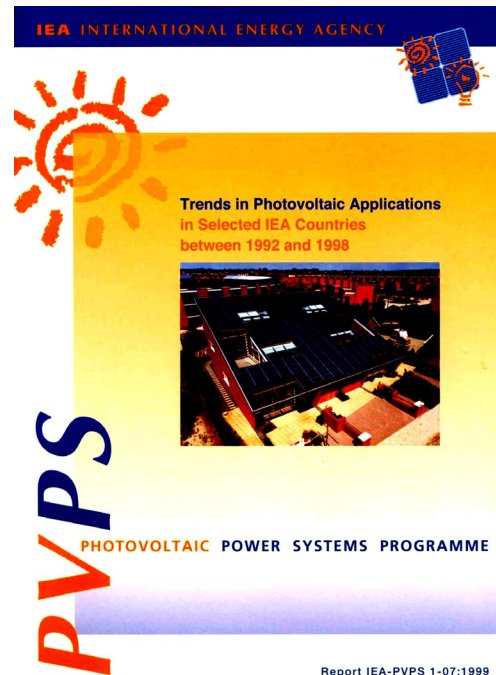
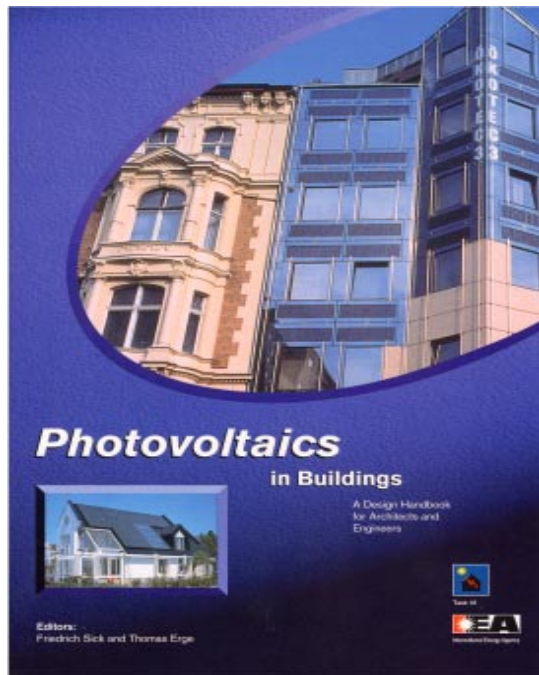


Abb. 2: Projektberichte

TAFEL 1: GEBÄUDEINTEGRIERTE PHOTOVOLTAIKANLAGEN IN GEBÄUDEN <i>Photovoltaics in Buildings</i>	
<i>Forschungsprojekte im Rahmen der Internationalen Energieagentur, IEA/OECD</i>	
<i>IEA-Forschungsprogramm Solar Heating and Cooling, IEA-SHC</i>	<i>IEA-Forschungsprogramm Photovoltaic Power Systems, IEA-PVPS</i>
TASK 16: Photovoltaics in Buildings	TASK 7: Photovoltaic Power Systems in the Built Environment
<p>(A) System Design and Engineering Existing PV-systems and components, energy-efficient electric appliances and lighting equipment, safety issues and national regulations, codes and pricing practices for electric regulations, guidelines for energy concepts.</p> <p>(B) Building Integration Architectural and engineering aspects, architectural ideas competition, design supporting tools, demonstration projects.</p> <p>(C) PV Demonstration Buildings Evaluation and documentation of demonstration buildings.</p> <p>(D) Technology Communication Design handbook for PV project planners and engineers, national and international workshops.</p>	<p>(A) Architectural Design A database of existing PV projects, case studies, architectural book, design tools.</p> <p>(B) Systems Technologies Building integrated, non building structures, guidelines and safety issues, PV thermal systems, new electrical concepts, reliability and maintenance, interconnection issues, electrical design issues.</p> <p>(C) Non-technical Barriers Non-technical barriers, potential, economic issues, marketing and publicity strategies.</p> <p>(D) Demonstration and Dissemination Demo site, conferences, competition, dissemination strategies, education and training.</p>
<p>Projektdauer: 1991 - 1996</p> <p>Website: http://www.iea-shc.org/</p>	<p>Projektdauer: 1997 - 2001</p> <p>Websites: TASK 7: http://www.task7.org/ demosite: http://www.demosite.ch/ database: http://www.purplepigeon.com/iea-db/</p>

2. Vorteile und Ziele

Der modulare Aufbau photovoltaischer Systeme ermöglicht die Umwandlung der Strahlungsenergie in Elektrizität in einem großen Leistungsbereich von einigen *Milliwatts* bis zu *Megawatts*. Damit ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten, Gebäudeflächen zur solaren Stromerzeugung heranzuziehen. Einerseits für den Eigenverbrauch und andererseits als Beitrag für eine regionale und überregionale Stromversorgung über elektrische Netze. PV-Module können zu einem integralen Bauteil herangezogen werden, wie etwa als witterungsfestes Dach oder Gebäudefassade oder als Verschattungselement an der Gebäudefassade. In diesem Sinne sind photovoltaische Systeme ein wesentlicher Bestandteil eines solarorientierten Gebäudes, sowohl im Neubau als auch im Rahmen der Althausanierung; Abb. 3.

Nach technischen, architektonischen und finanziellen Kriterien ergeben sich die folgenden Vorteile für gebäudeintegrierte PV-Systeme:

- C Es werden keine zusätzlichen Bodenflächen für die Installation beansprucht.
- C Es sind keine weiteren zusätzlichen Anforderungen an die Infrastruktur zur Versorgung eines PV-Systems erforderlich.
- C Mit PV-Systemen wird auch die Erzeugung von Strom aus dem öffentlichen Netz zu Spitzenzeiten reduziert, etwa in den Mittagsstunden für Kochzwecke und für Kühl- bzw. Klimatisierungsanlagen.
- C Stromverluste im elektrischen Netz werden verringert.
- C Mit PV-Anlagen kann ein wesentlicher Bedarf des Stromeinsatzes in Gebäuden abgedeckt werden.
- C Gebäudeintegrierte PV-Anlagen können andere Bauteile ersetzen bzw. eine zusätzliche Funktion in der Gebäudehülle übernehmen.
- C PV-Anlagen sollen und können das Gebäude ästhetisch verbessern und diesem eine innovative Erscheinung verleihen.
- C PV-Anlagen in neuerrichteten Gebäuden können die Planungskosten reduzieren.

Der wahre Wert einer gebäudeintegrierten PV-Anlage ist somit nicht nur in der erzeugten Energie zu messen.

Eine wichtige Frage ist aber nicht nur die nach den Vorteilen, sondern auch nach dem gesellschaftlichen Stellenwert der Photovoltaik. Trotz derzeit relativ hoher Kosten lassen es die positiven Aspekte der dezentralen Photovoltaikanlagen aus gesellschaftlicher Sichtweise sinnvoll erscheinen, diese Technologie durch Forschungs- und Förderungsprogramme zu unterstützen und weiter zu entwickeln.

- C PV-Anlagen weisen im Betrieb keinen Verbrauch fossiler Energieträger auf und sind emissionsfrei.
- C Der dezentrale Einsatz kann einen Energiespareffekt bewirken; die Nähe des Konsumenten zur Stromproduktion beeinflusst das Verbrauchsverhalten.
- C PV-Anlagen haben keine Leistungsbegrenzung nach unten, deshalb sind sie auch in kleinen Leistungsbereichen und bedarfsorientiert einsetzbar.
- C Durch die Integration der PV-Anlage in den Gebäudebereich entsteht kein zusätzlicher Landschaftsverbrauch.

3. Ergebnisse

Für den Gebäudebereich bieten sich heute eine Reihe von Technologien an, mit denen *Nachhaltiges Bauen* - inklusive Wärmeversorgung und Haustechnik - realisiert werden können. Dazu zählen primär alle Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfes für Heizung und Warmwasser und die Bereitstellung des Energiebedarfes mit effizienten Heizungstechniken und Nutzung solarer und anderer erneuerbarer Energieträger. Weiteres kommt stromsparenden Haushaltsgeräten und Beleuchtungseinrichtungen eine immer größer werdende Bedeutung zu, da deren prozentueller Anteil an der Energieversorgung bei der stark zunehmenden Zahl von Niedrigenergiegebäuden zunimmt. PV-Systeme in Gebäuden geben diesen eine neue Dimension für eine *energie-optimierte* Gestaltung.

PV-Module und PV-Systeme sind heute von einer Vielzahl von Vorteilen gekennzeichnet.

- C Die Komponentenentwicklung ist weitgehend abgeschlossen und die Lebensdauererwartung sollte zumindest 30 Jahre betragen.
- C Es existieren bereits umfangreiche Erfahrungen mit der Installation und mit dem Betrieb von kleinen und großen PV-Anlagen, auf die in Planung, Ausführung und Betrieb zurückgegriffen werden kann.
- C Mit PV-Systemen kann die Stromerzeugung auch in kleinen Einheiten und in kurzen Errichtungszeiten realisiert werden.
- C PV-Systeme sind heute bereits wirtschaftlich konkurrenzfähig in Gebieten ohne elektrische Infrastruktur.
- C PV-Systeme in Verbindung mit Batterien ermöglichen auch den Betrieb der Heizungsanlage und Warmwasserbereitung außerhalb eines elektrischen Versorgungsnetzes:
Antrieb von Umwälzpumpen, Brennern, Regelungssysteme etc.
- C PV-Systeme bieten in den noch nicht entwickelten Ländern die Möglichkeit zur Industrialisierung, ohne auf Großtechnologien und die in den Vorräten begrenzten fossilen Energieträger zurückgreifen zu müssen.
- C PV-Systeme bieten in den Industriestaaten die Chance, ihre derzeitige aus fossilen und nuklearen Energieträgern basierende Energieversorgung, auf eine nachhaltige - umweltfreundliche Stromversorgung mit einem unerschöpflichen Energieträger - umstellen zu können.

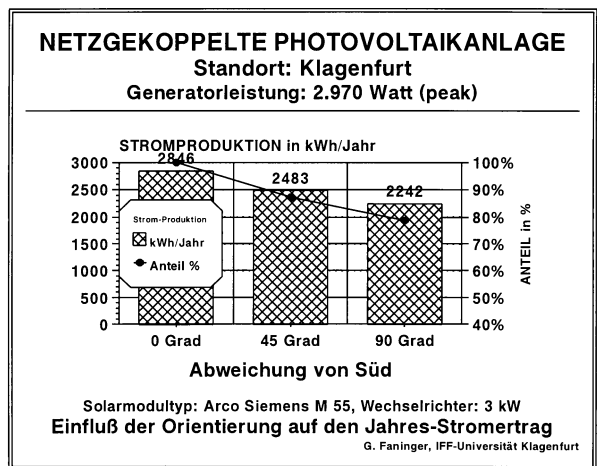
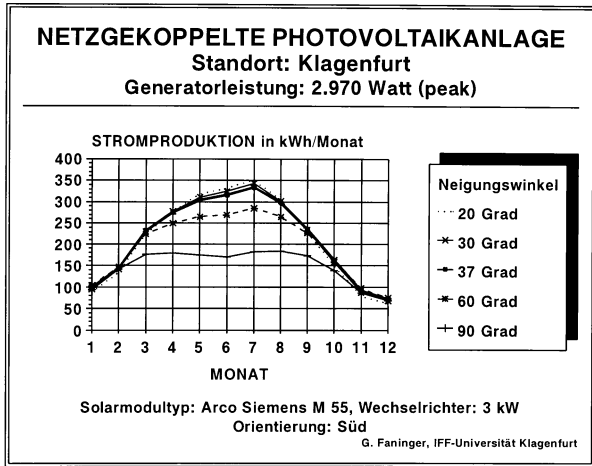
Das Interesse von Planern und Architekten sowie von Bauträgern wurde über **Architekten-Wettbewerbe** geweckt mit dem Ziel, gebäudeintegrierte PV-Anlagen in den Planungsprozess aufzunehmen, mit allen Vorteilen und Problemen für einen gesamtheitlichen Planungsprozess solarorientierter Gebäude. Motto: „*Solar Buildings are better Buildings*“. Die Ergebnisse der Architektenwettbewerbe in Norwegen und in den Niederlanden waren bemerkenswert und haben das Interesse für die Einbeziehung von Photovoltaikanlagen in der Gebäudeplanung, insbesondere in Verwaltungsgebäuden entscheidend beeinflusst. Die Photovoltaik gilt heute auch als Signal für auf die Zukunft orientierte Gebäude, einerseits zur Absicherung des Eigenbedarfes und andererseits als Energielieferanten. Als ein besonders gelungenes Projekt ist der Architektenwettbewerb mit der Planung eines neuen Stadtteiles in der Stadt Amersfoort in den Niederlanden anzusehen: *Nieuwland*

Amersfoort. In den Jahren 1995 bis 1999 wurden in einem Neubaugebiet um 4.400 Wohneinheiten und mehrere Verwaltungs- und Freizeitgebäude mit weitgehender Nutzung der Sonnenenergie in Gebäuden geplant und realisiert: Hochwärmegedämmte Baukonstruktionen in Verbindung mit solararchitektonischen Konzepten zur passiven Nutzung der Sonnenenergie, aktive thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und PV-Anlagen zur Stromerzeugung; Abb. 4. Etwa 874 Wohnhäuser wurden bisher mit PV-Anlagen ausgestattet, davon um 400 mit Solargeneratoren mit über 20 m². Mehr als 1 MW(peak) PV-Leistung wurden installiert, mit unterschiedlichen Techniken der Gebäudeintegration. Derzeit werden mit den PV-Anlagen um 800.000 kWh/Jahr produziert, entsprechend etwa 80 kWh pro 1 m² Generatorfläche. Die Wohnungen wurden am freien Markt verkauft, das Gesamtprojekt konnte über EU-Forschungsmittel unterstützt werden.

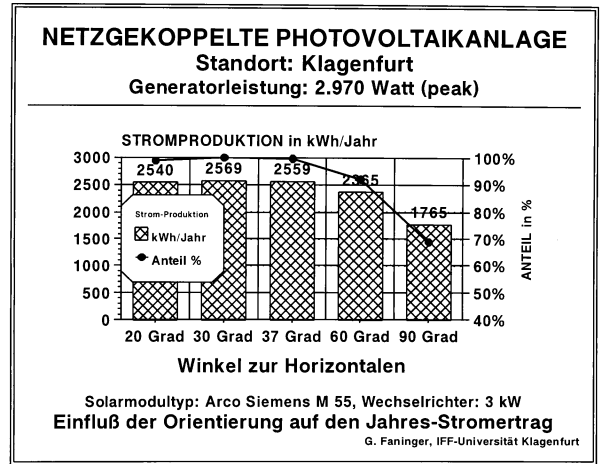
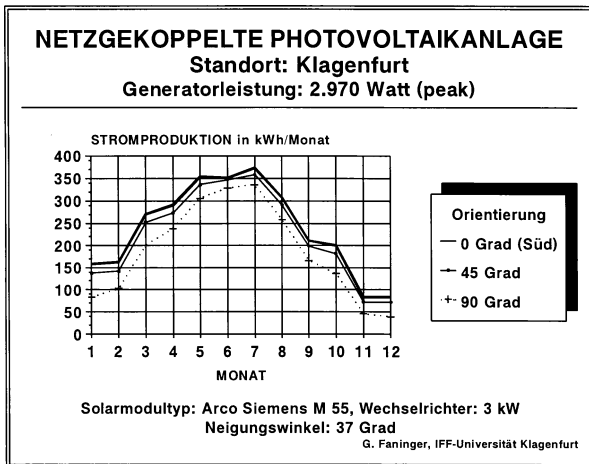
Die Planung von PV-Anlagen ist heute ein Teil einer integrierten Gebäudeplanung mit der Zielsetzung für *Nachhaltiges Bauen*. Die architektonische Integration eines PV-Systems ist eine interdisziplinäre Aufgabe: Die Zusammenarbeit von Architekten und Technikern schon am Beginn des Planungsprozesses ist Voraussetzung, dass effiziente und damit kostengünstige Lösungen gefunden und letztlich auch realisiert werden können. Vorliegende und dokumentierte Ergebnisse aus Forschung und Anwendung bieten die Gewähr, dass ein erfolgreicher Planungsprozess ein erfolgreiches Projekt entstehen lässt.

Der zentrale Schwerpunkt der internationalen Forschungsprojekte lag und liegt noch immer bei der *Integration von Photovoltaikanlagen in die Gebäudehülle*, also zum Beispiel als Dach- oder Fassadenintegration oder auch die Verwendung der Photovoltaik als Abschattungseinrichtung usw. Beispiele werden in Abb. 5 illustriert. Derzeitige Versuche beziehen sich auf den Einsatz von Solarmodulen auch in Verbindung von Luftkollektoren sowie auf hybride thermisch-elektrische Solar-Kollektoren/Solar-Module. Stehen für die Installation von PV-Modulen geeignete Dachflächen nicht zur Verfügung, dann werden auch Fassadenflächen in Betracht gezogen, mit einem Verzicht auf eine optimale Stromausbeute.

Der Einfluss der Ausrichtung bzw. Neigung des Solargenerators auf den Stromertrag einer netzgekoppelten 3 kW-Photovoltaik-Anlage geht aus Abb. 6 hervor: Monats- und Jahreswerte. Eine Abweichung zur optimalen Süd-Orientierung führt zu einem verringerten Stromertrag, der bei einer Abweichung von 45 Grad (Süd/West- bzw. Süd/Ost-Orientierung) bei circa 6,5 % des Jahresertrages liegt. Die günstigste Neigung des Solargenerators zur horizontalen Ebene liegt bei 30 Grad. Aus den Grafiken geht hervor, dass eine optimale Ausrichtung der Solargeneratoren sowohl hinsichtlich Orientierung als auch Neigung keine unbedingte Forderung darstellt. Aus diesem Grunde können Solargeneratoren auch nach architektonischen Gründen in das Gebäude integriert werden: Dachflächen, aber auch Fassadenflächen. Den höchsten Stromertrag einer Photovoltaik-Anlage kann man erzielen, wenn der Solargenerator dem Sonnenstand nachgeführt wird, sodass die Sonneneinstrahlung stets senkrecht auf den Solargenerator fällt. Der Jahresstromertrag einer nachgeführten Photovoltaik-Anlage liegt dann um ca. 30% über dem einer stationär aufgestellten Anlage. Dieser Mehrertrag wird allerdings durch den Strombedarf für die Nachführung nahezu zur Gänze wieder aufgehoben, sodass auf eine derartige Installation bei gebäudeintegrierten PV-Anlagen verzichtet werden sollte.



Abweichung von der Süd-Ausrichtung



Winkel zur Horizontalen

Abb. 6: Einfluss der Ausrichtung der Solarmodule auf den Stromertrag

Die Anforderungen an gebäudeintegrierte PV-Systeme beziehen sich nicht nur an die Technik, sondern werden auch von anderen Fragestellungen mitbestimmt: örtliche Sonneneinstrahlung, architektonische Fragen, Wünsche und finanzielle Möglichkeiten des Bauträgers.

Der Markt für PV-Anlagen konnte sich in den letzten Jahren stetig erweitern, mit jährlichen Zuwachsraten von mehr als 30%; Abb. 7. Einerseits wurden interessante Marktnischen erschlossen, für welche heute schon ein wirtschaftlicher Vorteil gegenüber anderen am Standort verfügbaren Technologien gegeben ist, wie Almhütten, Parkuhren, Warn- und Telephonanlagen auf Autobahnen, andererseits werden aber auch netzgekoppelte PV-Anlagen von staatlicher Seite finanziell gefördert, um einerseits der weiteren Entwicklung der PV-Technologie im Sinne höherer Effizienz und reduzierten Errichtungskosten entgegenzukommen - „Technologieförderprogramme“ in EU-Mitgliedsländern, aber auch in Japan - und um andererseits auch die Möglichkeiten für den Aufbau eines flächendeckenden PV-Systems zur Stromerzeugung vorzubereiten. Mit diesen Maßnahmen ist es auch gelungen, die Markteinführung von photovoltaischen Systemen deutlich zu beschleunigen. Zuwachsraten von über 100% sind im letzten Jahr in Deutschland festzustellen, aber auch in Österreich konnte die installierte Leistung von PV-Anlagen von 1999 auf 2000 verdoppelt werden.

Das Potential der solaren Stromerzeugung über gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen wird für Österreich auf etwa 7% des derzeitigen Stromverbrauches geschätzt; TAFEL 2.

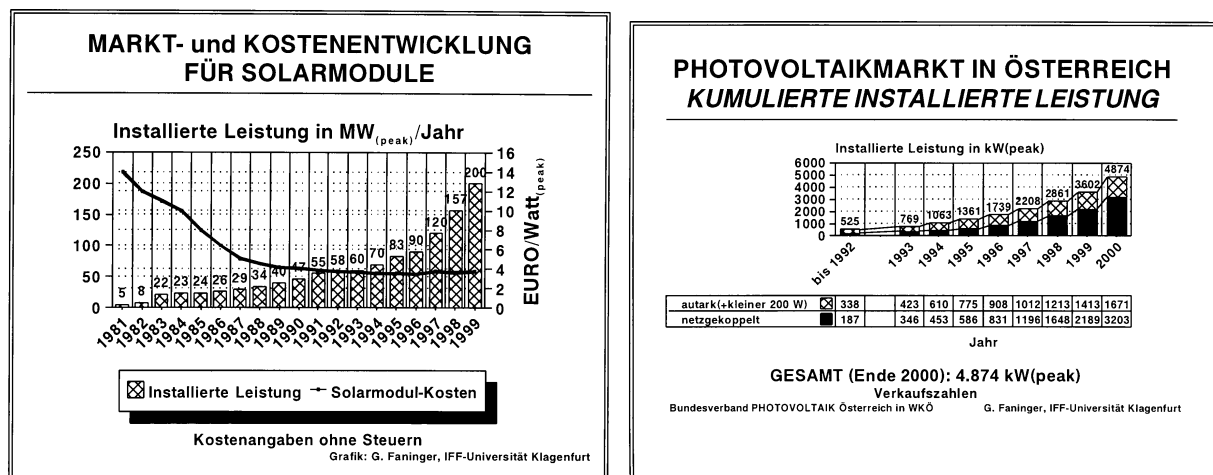


Abb. 7: Marktentwicklung der Photovoltaik: Weltweit und Österreich

TAFEL 2:							
NETZGEKOPPELTE GEBÄUDEINTEGRIERTE PHOTOVOLTAIKANLAGEN IN ÖSTERREICH							
<i>Flächenangebot auf Wohnhaus-Dächern und Jahres-Stromertrag</i>							
GEBÄUDE-TYP	GEBÄUDE, gesamt	GEBÄUDE, Süd	MODUL- FLÄCHE, m ² /Gebäude	MODUL- FLÄCHE, gesamt, m ²	JAHRES- STROMERTRAG GWh/Jahr		
					(1)	(2)	(3)
<i>Ein-/Zweifamilien- Häuser</i>	735.000	367.500	25	9,187.500	551	919	1,378
<i>Mehrfamilien- Häuser</i>	129.000	64.500	150	9,675.000	581	968	1,451
<i>Bauern-Häuser</i>	247.000	123.500	30	3,705.000	222	371	556
SUMME	1,111.000	555.500		22,567.500	1.354	2.257	3.385
<p>Annahmen: <i>Jahresstromertrag: 60 kWh/m² (1), 100 kWh/m² (2), 150 kWh/m² (3) Grobe Schätzung: 50 % der Gebäude haben eine für die Installation von Solarmodulen geeignete Dach- bzw. Fassadenfläche</i></p>							

Flächenangebot und Stromerträge							
FLÄCHENANGEBOT	SOLARMODUL- FLÄCHE km ²	JAHRES- STROMERTRAG GWh/Jahr			ANTEIL AM STROMVERBRAUCH %		
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
<i>Wohnhausdächer</i>	22,6	1.356	2.260	3.390	2,7	4,5	6,7
<p>Annahmen: <i>Jahres-Stromertrag pro Solarmodulfläche: 60 kWh/m² (1), 100 kWh/m² (2), 150 kWh/m² (3) Jahres-Stromverbrauch 1999: 50.567 GWh (182.028 TJ)</i></p>							

MARKTENTWICKLUNG, TRENDS UND NEUE PHOTOVOLTAIKTECHNOLOGIEN

Dipl. Ing. Heinrich Wilk
Energie AG OÖ
Böhmerwaldstrasse 3, A-4020 Linz
Tel.: +43 732 9000-3514 , Fax: DW -3309
E-Mail: heinrich.wilk@energieag.at

MARKTENTWICKLUNG, TRENDS UND NEUE PHOTOVOLTAIKTECHNOLOGIEN

Dipl. Ing. Heinrich Wilk
Energie AG OÖ
Böhmerwaldstrasse 3, A-4020 Linz
Tel.: +43 732 9000-3514 , Fax: DW -3309
E-Mail: heinrich.wilk@energieag.at

1) Einleitung

Mit dem Belichtungsmesser und der Selenzelle begann die Entwicklung der Photovoltaik. Die Versorgung von Satelliten mit Solarstrom war die erste wirklich nützliche Anwendung von Silizium-Solarzellen. Die Pionierprojekte in Österreich waren Funkanlagen und Alpenvereinshütten.

Der Markt der autonomen Solarstromanlagen entwickelte sich stetig und unabhängig von Förderprogrammen. Viele Konsumenten wissen heute die Annehmlichkeit eines mit Solarstrom versorgten Kühlschranks zu schätzen oder wollen ein Fußballspiel auch in der Gartensiedlung ohne Netzanschluß live verfolgen (Beleuchtung, Wasser pumpen, Mobiltelefon aufladen etc.).



Bild 1: PV-Fassadenintegration, BRG Vöcklabruck, Grünstromanlage der Energie AG [1]

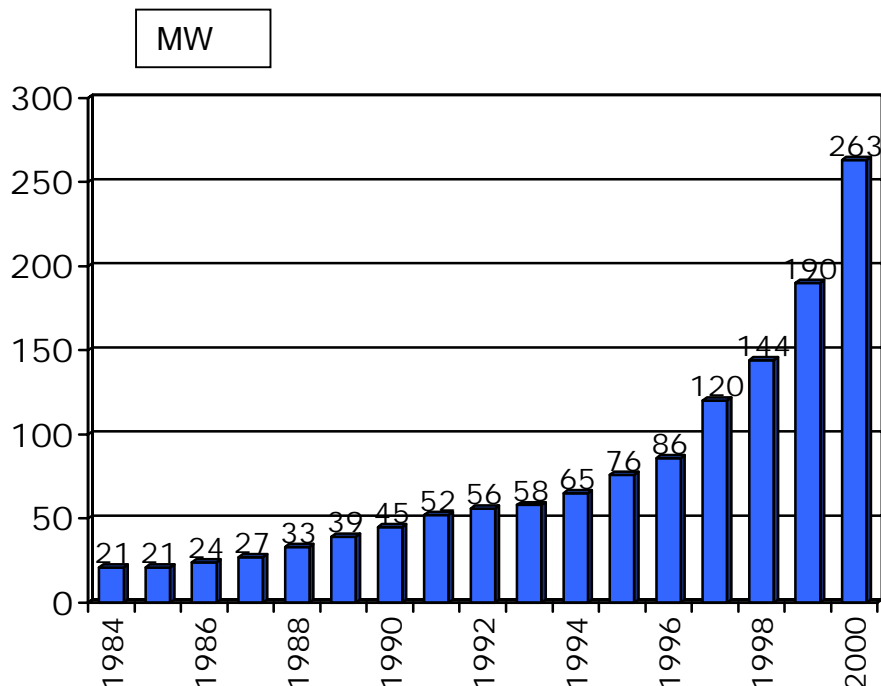
Netzgekoppelte Photovoltaiksysteme sind modular aufgebaut und können in Fassaden, Dächer oder andere Elemente der Gebäudehülle integriert werden. Die Marktentwicklung wurde in diesem Sektor durch das 200 kW – Photovoltaik-Dächerprogramm und das oberösterreichische Förderprogramm seit 1991 unterstützt [2]. In diesem Umfeld war es möglich ein umfassendes Systemtechnik-Know-how zu erarbeiten. In Zusammenarbeit mit der TU-Wien entstanden intelligente Produkte wie z.B. die Solarstrom-Wechselrichter der Firma Fronius. Damit entsprang einem Förderprogramm ein heimisches Produkt welches in viele Staaten der Welt exportiert wird.

2) Der Photovoltaikmarkt

Das Produktionsvolumen von Photovoltaikmodulen hat sich weltweit überaus positiv entwickelt. Im Jahr 2000 wurden Solarmodule mit einer Gesamtleistung von etwa 250 MW produziert und verkauft. Das entspricht einer Sonnenzellenfläche von insgesamt 2.500.000 m². In den letzten Jahren bewegte sich der Zuwachs im Bereich von 30 % pro Jahr. Lag vor 5 Jahren noch der Anteil der Module, die in Inselanlagen eingebaut wurden bei 80 %

so hat sich das Hauptgewicht derzeit auf die Netzkopplung verschoben. Der Grund liegt in den großen Förderprogrammen für netzgekoppelte und gebäudeintegrierte Solarstromanlagen in Japan, Deutschland, Holland, der Schweiz und Österreich. In Deutschland wurden im Jahr 2000 etwa 45 MW installiert [5]. Im Jahr davor waren es nur 12 MW. Durch das deutsche „Erneuerbare Energien Gesetz“ wird der Einspeisetarif für Solarstrom mit 0,99 DM/kWh festgelegt. Der dadurch verursachte Bauboom hat bei den Modulen zu einer Knappheit geführt und die Preise steigen lassen. Die in Bild 4 dargestellten PV-Systemkosten von oberösterreichischen Anlagen spiegeln diese Tendenz wider. Man sieht, daß in den letzten 4 Jahren die spez. Systempreise nur noch ganz leicht sanken und im Jahr 2000 sogar zunahmen.

Bild 2: Weltmarkt für Photovoltaikmodule, nach Räuber [5]



3) Solarzellentechnologie

Bei der Solarzellenproduktion hatten europäische Hersteller im Jahr 1998 einen Anteil von 20 %. Bei den Solarmodulen dominiert weiterhin das kristalline Silizium als Ausgangsmaterial mit einem Anteil von 88 %. Nach Meinung von Experten wird sich diese Verteilung, wenn überhaupt nur langfristig ändern. 93 % der Solarzellen, die im Freien verwendet werden sind aus kristallinem Silizium gefertigt. Der Anteil des amorphen Siliziums, welches zumeist für Anwendungen in Innenräumen genutzt wird, lag bei 10 %.

Die 4 größten Firmen beherrschen mehr als die Hälfte des Weltmarktes. Shell Solar und ASE sind die wichtigsten Verfolger. Sie expandieren stark und bauten neue Produktionskapazitäten zu:

- Shell Solar 25 MW, Gelsenkirchen
- ASE 13 MW, Alzenau

Folgende Firmen sind die weltgrößten Hersteller von Solarmodulen. Sie haben für das Jahr 2000 nachfolgende Produktionszahlen gemeldet:

- Kyocera 40,8 MW

• BP Solar	40,5 MW	
• Sharp	33,9 MW	
• Siemens Solar	31,3 MW	
• AstroPower	17,4 MW	
• ASE	13,7 MW	
• Photowatt	12,4 MW	
• Shell Solar	9,7 MW	
• Isofoton	9,2 MW	
• Sanyo	8,7 MW	nach Räuber [5]

Bemerkenswert ist, daß im Bereich der Dünnschichttechniken – wie a-Si, CIS und CdTe – vermehrt Pilotfertigungen gebaut werden:

• Siemens Solar	5 MW	CIS	USA
• Solarex (heute BP)	10 MW	a-Si	USA
• BP-Solar	10 MW	CdTe	USA
• Antec-Solar Freiberg	10 MW	CdTe	D
• Würth Solar Marbach	1 MW	CIS	D

Es ist dennoch zu erwarten, daß das kristalline Silizium weiterhin im wachsenden Markt dominiert. Der Wirkungsgradrekord liegt derzeit bei 24,4 % bei mono-Si und bei 19,8 % bei multikristallinem Silizium.

Der Bedarf an hochreinem Silizium als Ausgangsmaterial für die Zellenherstellung wird weiter steigen. Es gibt derzeit keine Produktionsstätte von Reinstsilizium, die allein auf die Photovoltaik-Industrie zugeschnitten ist. Jährlich werden über 800.000 t metallurgisches Silizium mit einer Reinheit von 99 % erzeugt. Die PV-Industrie verwendet electronic-grade-Silizium welches großteils als Abfallprodukt aus der Chipherstellung stammt. Von den rund 20.000 t, die im Jahr an die Chipfabriken geliefert werden, kommen 2.000 t bei der Photovoltaik-Industrie an. Derzeit ist also die PV-Industrie von den Boom-Zyklen der Computerbranche abhängig. Für eine Solarzellenleistung von 1 kW werden 10 bis 15 kg Solarsilizium benötigt.

Zur Erzielung weiterer Kostenreduktionen ist der verstärkte Einsatz innovativer Fertigungstechniken erforderlich. Die neuen und großen Fabriken werden dazu beitragen. Das Ziel ist immer dünnere Zellen zu verarbeiten.

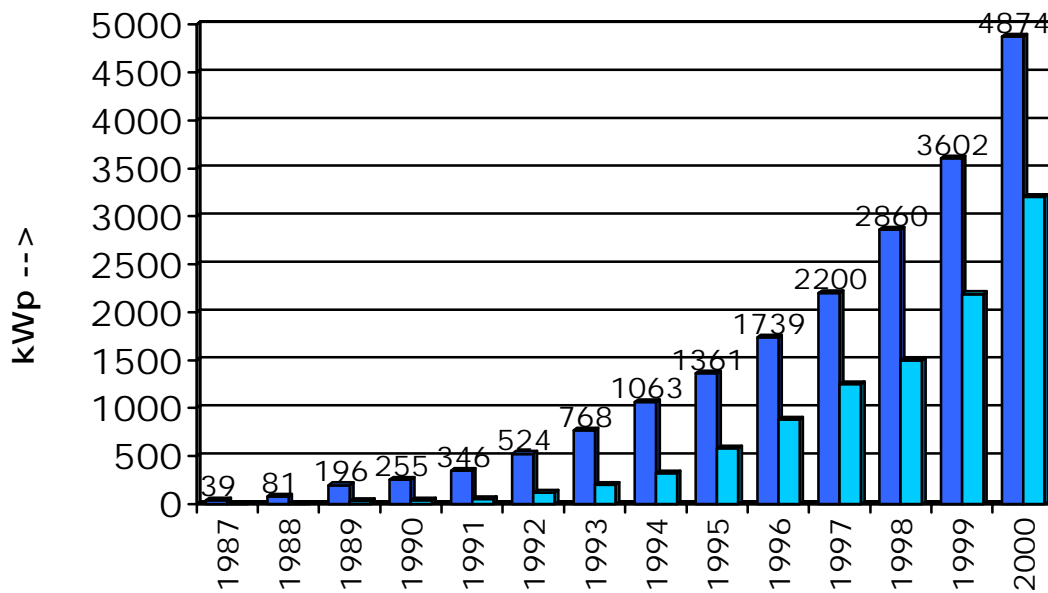


Bild 3: PV in Österreich, gesamt: 4874 kWp, davon 3203 kWp mit Netzkopplung [4]

Weltweit wurden 80 % der Solarmodule für netzferne Anwendungen eingesetzt. Heute ist dieser Anteil auf etwa die Hälfte gesunken 66 % der in Österreich verkauften Module werden in netzgekoppelten Anlagen eingesetzt [4].

Autonome Inselanlagen können im kleinen Leistungsbereich wirtschaftlich betrieben werden. Sie sind eigentlich das natürliche und größte Marktsegment der PV-Anwendung, welches nur in geringen Maß von Förderungen abhängig ist:

- Meßstationen, Warnanlagen für Straßen und Autobahnen
- Sendeanlagen, z.B. Max Mobil Richtfunkstation
- Radarstationen, z.B. Bundesheer Dachstein
- Almwirtschaften, z.B. Lecknertal VKW Vorarlberg
- Freizeitinstallationen, Entwicklungshilfeprojekte

Dieser Markt wird meist von intelligenten maßgeschneiderten Lösungen geprägt. Oft gibt es Kombinationen mit konventionellen Stromgeneratoren wie Diesel- oder Gasmotoren. In diesem Sektor wird im professionellen Bereich ein starkes Augenmerk auf Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit gelegt.

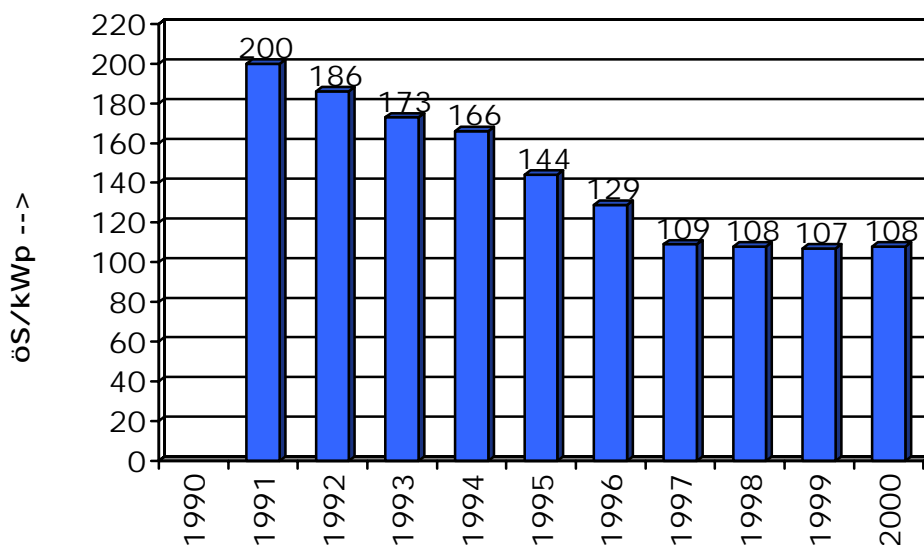


Bild 4: Spezifische Gesamtsystemkosten von kleinen netzgekoppelten PV-Anlagen (inkl. USt.), Quelle [7]

4) Förderungen

Netzgekoppelte PV-Systeme stehen am Preismarkt im Wettbewerb mit konventionellen Stromerzeugungsanlagen - z.B. den abgeschriebenen Wasserkraftwerken, die um ca. 0,3 ATS/kWh CO₂-freien Strom produzieren. Da die Produktion von Solarstrom derzeit in unserer Klimazone noch knapp 10 ATS/kWh kostet, werden netzgekoppelte PV-Systeme heute über den Wertemarkt verkauft. Interessierte Einzelkunden, umweltbewußte Firmen, aber auch Stadtwerke bauen PV-Anlagen, um die Technik zu demonstrieren bzw. Kunden mit „Grünem Strom“ zu versorgen (Feistritzwerke Gleisdorf, Energie AG OÖ, VKW Sonnenscheinaktion etc.).

Folgende Förderaktionen haben das allgemeine Interesse erweckt:

- Oberösterreichische PV-Förderung seit 1991, Investitionszuschuß
- Österreichisches 200 kW Dächerprogramm, VEÖ 1992
- Deutsches 1.000 – Dächerprogramm, 1993
- Kärntner PV-Einspeisetarif 10 ATS/kWh seit 1996
- PV-Einspeisetarif in der Steiermark 5 ATS/kWh seit 1999
- Japanisches 70.000 - Dächerprogramm, seit 1996
- 1 Million Roofs Programme in den USA, seit 1997
- Neues 100.000 - Dächerprogramm in Deutschland, seit 1.1.1999
- Erneuerbare Energien Gesetz in Deutschland, seit 1.4.2000, Einspeisetarif von 99 Pf/kWh für PV-Strom
- Elwog und Elwog-Novelle führten zu Einspeiseverordnungen, je nach Bundesland bis zu 10 ATS/kWh
- HIP HIP: EU Projekt zur Förderung von netzgekoppelten PV-Anlagen, Start Mitte 2.000 [11] Österreich Anteil 500 kW

Die bisherigen Förderungen in Oberösterreich und Vorarlberg haben sich als sehr wirksam erwiesen. In beiden Fällen wurden vom Land und vom EVU Investitionszuschüsse auf unbürokratische Weise ausbezahlt. Es hat sich gezeigt, daß der Investitionszuschuß im Privatbereich eine der wirksamsten Fördermethoden ist. Im Vergleich dazu hat das 10 ATS/kWh – Modell, welches in Kärnten seit 1996 in Kraft ist, nur den Bau von wenigen Neuanlagen bewirkt. Im Jahr 2000 kam allerdings die 200 kW - Großanlage bei Green One Tec in St. Veit dazu, die von der SAG im Leasingverfahren betrieben wird. Weiters gab es noch die Änderung, daß bei Anlagen über 10 kW der Einspeisetarif auf 7,50 ATS/kWh abgesenkt wurde.

In anderen Staaten und Bundesländern ergaben die diversen Förderphilosophien folgende Marktdurchdringung:

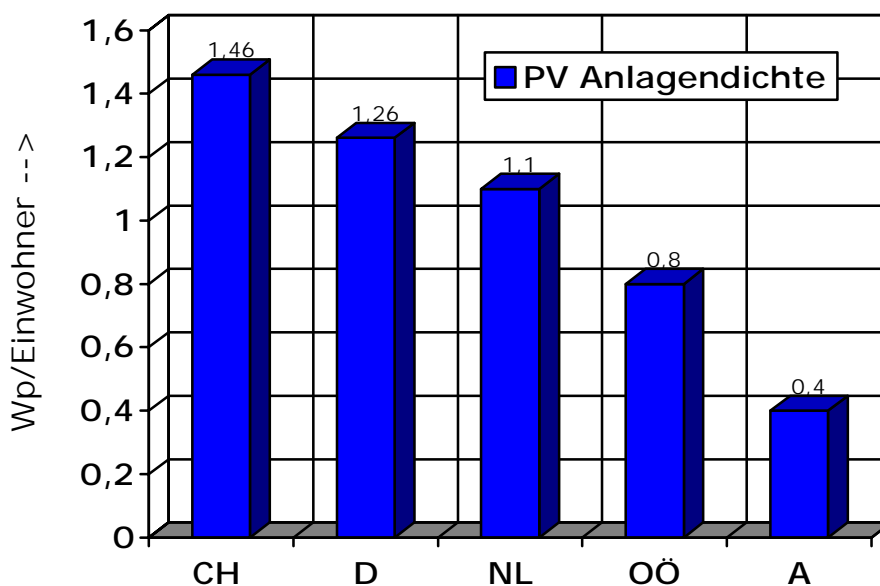


Bild 5: PV-Anlagendichte in Europa, nur netzgekoppelte Systeme

Aktion Sonnenschein in Vorarlberg:

Auf Initiative des Energieinstitutes Vorarlberg und einiger PV-Firmen wurden Anteilscheine, genannt Sonnenscheine, von geplanten PV-Anlagen verkauft. Sind bei einem bestimmten Projekt genügend Anteile gezeichnet worden, wurde die Anlage gebaut. Die Initiative ging oft von aktiven Gruppen in den Gemeinden aus. Manchmal standen auch Dächer von Gemeindebauten zur Verfügung. Die Vorarlberger Kraftwerke AG (VKW) unterstützt diese Aktion mit einer Solarstromvergütung, die etwa dem Haushaltstarif entspricht.

Öko-Energie-Pool Oberösterreich:

Als Folge des Elwog und der OÖ-Ausführungsgesetze und Verordnungen [8] wurde in OÖ der Öko-Energie-Pool gegründet. Der Topf wird aus einem von allen Stromkunden eingehobenen Zuschlag [10] auf die Netzgebühr gespeist (0,017 ATS/kWh). Für das Jahr 2001 werden ca. 90 Mio. Schilling erwartet, die für verschiedene Projekte ausgegeben werden sollen. In der Ausschreibung [9] wurden für 2000 für die einzelnen Technologiesektoren folgende Summen genannt:

- Windenergie 22,5 Mio. Schilling (18,0)
- Photovoltaik 13,5 Mio. Schilling (13,5)
- Biomasse 27,0 Mio. Schilling (22,5)
- Biogas 22,5 Mio. Schilling (31,5)
- Deponiegas und Geothermie 4,5 Mio. Schilling (4,5)

Die Zahlen in der Klammer beziehen sich auf die Ausschreibung für das Kontingent für den OÖ Öko-Energie-Pool für das Jahr 2001.

Der Abgabetermin für Projektvorschläge ist immer der 1. März jeden Jahres. Eine Jury wählt die interessantesten und effizientesten Projekte in jeder Kategorie aus.

Photovoltaikanlagen werden mit einem Direktzuschuß von 50.000 ATS/kW gefördert. Die oben genannten Geldmittel ergeben ein Bauvolumen von ca. 250 kW. Weiters wird ein auf 300 % erhöhter Einspeisetarif bezahlt (garantiert auf 15 Jahre). Die Aufwendungen werden vom EVU vorfinanziert und dann aus den Mitteln des Öko-Energie-Pools refundiert. Der Zuschlag auf die Netzgebühr wird dem Konsumenten bei jeder Stromrechnung als eigene Zeile ausgewiesen.

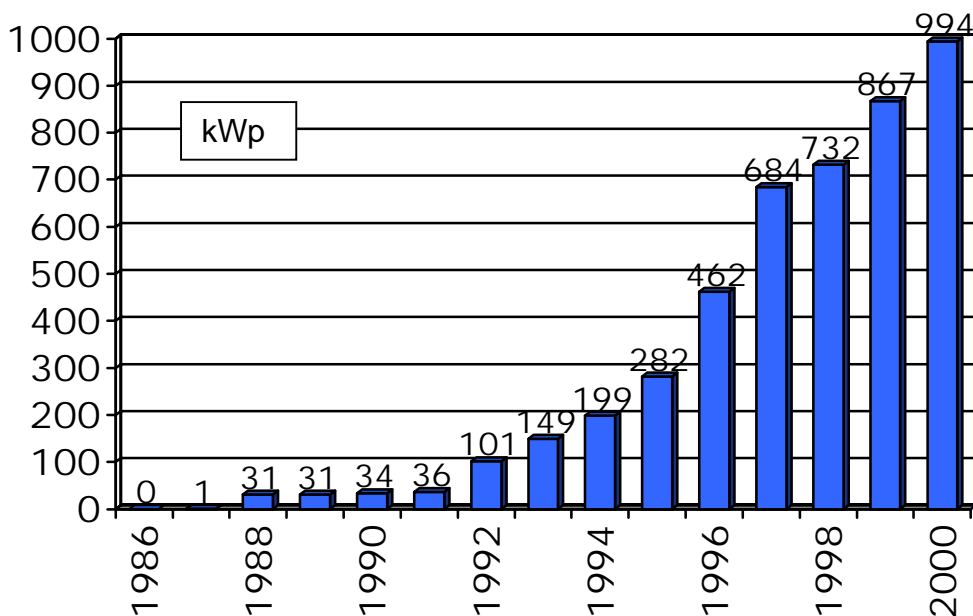


Bild 6: PV-Netzkopplung in Oberösterreich inkl. Loser



Bild 7: Größte PV-Anlage Österreichs: Green-One-Tec in St. Veit (Foto: SAG Solarstrom)

5) Betriebsergebnisse, Zuverlässigkeit

Die Energie AG führte 1999 eine Betreiberbefragung durch. Die Untersuchung bezog sich hauptsächlich auf technische und betriebliche Aspekte. Insgesamt wurden Erfahrungswerte von 4.267 Betriebsmonaten analysiert [13]. Eines der Hauptergebnisse war, daß die Wahrscheinlichkeit für eine Anlagenstörung bei 1 mal in 7,7 Jahren lag. Rechnet man die bekannten „Kinderkrankheiten“ der Wechselrichter weg, so kommt man auf 1 Störung in 15 Jahren. Die Wahrscheinlichkeit, daß durch Blitzeinwirkung ein Wechselrichterdefekt verursacht wird, liegt in OÖ bei 1 mal in 39,5 Jahren.

Die Frage ob der Betrieb der PV-Anlage bei anderen Verbrauchern oder Nachbarn zu Störungen geführt hat wurde 3 mal positiv beantwortet:

- Rundfunk- und Fernsehempfang gestört
- akustische Belästigung durch das Wechselrichtergeräusch
- Babyphon funktionierte nicht

Der spezifische Stromertrag der OÖ Anlagen wurde je nach Anlagengröße mit 800 bis 850 kWh/kWp ermittelt. Die Stromproduktion der PV-Anlagen der Energie AG OÖ können als 15 Minutenwerte unter www.energieag.at abgefragt werden.

6) IEA-Forschungskooperationen, Photovoltaik

Die Internationale Energie Agentur wurde 1974 gegründet. Sie arbeitet im Rahmen der OECD, der Vereinigung für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung mit Sitz in Paris. Bei der IEA gibt es 4 Hauptbereiche:

- Conservation
- Fossil Fuels
- Renewable Energy
- Fusion

In diesen Hauptbereichen gibt es verschiedene Gebiete der Zusammenarbeit, die als Implementing Agreement formuliert werden (Arbeitsübereinkommen). Das IEA Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) ist eines davon. Es entstand 1993 durch den Beschluß der Vertreter von 21 Staaten einen Beitrag zur Weiterentwicklung dieser Technologie leisten zu wollen. Im Auftrag des Ministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie wird Österreich von der Energieforschungsgemeinschaft des VEÖ vertreten. Dr. Martin Huemer ist der Koordinator von PVPS im Wissenschaftsministerium. Der Autor vertritt Österreich als ExCo-Mitglied.

Die konkrete Arbeit erfolgt in Arbeitsgruppen, den sogenannten Tasks:

- Task I „Exchange and Dissemination of Information on Photovoltaic Power Systems“, Dr. Gerd Schauer und Dr. Georg Beyer/VERBUND: Jahresberichte, Newsletter, International Survey Report, Publikationen etc.
- Task II „Operational Performance, Maintenance and Sizing of PV Power Systems and Subsystems“, DI. Michael Zoglauer/TIWAG, DI. Michael Heidenreich/ARSENAL: Monitoring, Betriebserfahrungen, Betriebsdaten-Datenbank, Ertragsstatistik, Richtlinien etc.
- Task III „Use of Photovoltaic Power Systems in Stand-Alone and Island Applications“, Österreich nimmt hier nicht teil, Zuverlässigkeit von Inselanlagen, Erfahrungen auswerten, Hybridsysteme
- Task V „Grid Interconnection of Building Integrated and other Dispersed Photovoltaic Power Systems“, Dr. Gerd Schauer/VERBUND und DI. Christoph Panhuber/FRONIUS: Erfahrungen mit bestehenden Anlagen, Netzstrukturen, Vergleich nationaler Richtlinien für die Netzparallelschaltung, neue Standards für die Netzschnittstelle, Auswirkung von hoher Dichte von PV-Anlagen auf den Netzbetrieb etc.

- Task VII „Photovoltaic Power Systems in the Built Environment“, Dr. Karin Stiel-dorf/TU-WIEN, Prof. Dr. Reinhard Haas/TU-WIEN, DI. Heinrich Wilk/ENERGIE AG: Optimale Integration von PV-Systemen in die Gebäudehülle, System Technologie (siehe auch Task V), Non Technical Barriers, Demonstration und Dissemination etc.
- Task VIII „Study on Very Large Scale PV Power Generation Systems“, Österreich nimmt nicht teil, Das Thema wird besonders von Japan verfolgt, Feasibility Study, es geht um die Ermittlung des Potentials von sehr großen PV-Anlagen, z.B. in Wüstengebieten, Kostenentwicklung, Anlagendesign etc.
- Task IX „Deployment of Photovoltaic Technologies – Cooperation with Developing Countries“, Österreich nimmt nicht teil, es geht hier besonders um Methoden und Technologien die speziell für die Entwicklungsländer geeignet sind

Österreichische Experten konnten einige bemerkenswerte Beiträge zum Arbeitsprogramm leisten. Es stand auch ein großer Fundus an Meßdaten und Erfahrungen von bestehenden PV-Systemen zur Verfügung. Einer der Hauptvorteile dieser Kooperation ist die Möglichkeit in Netzwerke eingebunden zu werden, die wiederum auch bei der Findung von EU-Forschungskooperationen hilfreich sind. Darüber hinaus können Kontakte mit den außereuropäischen Experten aus USA, Japan und Korea geknüpft werden, die gerade bei der Photovoltaik die Technologieführer sind. Vertreter der Photovoltaikindustrie - wie z.B. Fronius, Isovolta und auch der EVU - waren zum Nutzen aller Beteiligten eingebunden. Die in den verschiedenen Bereichen entstandenen Publikationen können beim Autor angefordert werden oder bei Dr. Martin Huemer, dem Koordinator von PVPS im BMVIT [12].

7) Literatur

- 1) PV-Anlage BRG Schloß Wagrain, Vöcklabruck, Spitzenleistung: 3,3 kWp, Netzkopplung, Module: ASE, errichtet 4/2000 Alpsolar, Ing. Granditsch, Steyr
- 2) Wilk H. „Grid connected PV Systems in Austria“, Plenary Presentation, 2. PV Weltkonferenz, Wien, Juli 1998
- 3) Curry Richard „Photovoltaic Insiders Report“ Vol. XVIII No. 8, 1999
- 4) Faninger G. „Der Photovoltaikmarkt in Österreich 2000“, Arge Umweltenergie, Wirtschaftskammer
- 5) Räuber A. PV-Studie, Photovoltaik Symposium Staffelsee, 10. März 2001
- 6) PV News Produktionsstatistik 1999
- 7) Datenquelle: Land OÖ und OÖ EVU
- 8) siehe OÖ Einspeiseverordnung vom 29. 9. 1999
- 9) siehe Ausschreibung „Strom aus erneuerbaren Energien in OÖ“ 1. 2000
- 10) siehe OÖ Zuschlagsverordnung vom 31. 1. 2000
- 11) Informationen bei SED, Wien

- 12) IEA PVPS: „Annual Report 1993 bis 1999“ und andere Publikationen
- 13) Wilk H. „Betriebsergebnisse von PV-Anlagen mit Netzkopplung – Betreiberbefragung“, PV-Symposium Staffelstein, OTTI, 3/2000

NETZGEKOPPELTE PHOTOVOLTAIKANLAGEN

Dipl.-Ing. Dr. Gerd Schauer
Österreichische Elektrizitätswirtschafts-AG
Am Hof 6a, 1010 Wien
Tel.: ++43-(0)1-53113-52439, Fax: DW -52469
Email: SchauerG@verbund.at Internet: <http://www.verbund.at/>

NETZGEKOPPELTE PHOTOVOLTAIKANLAGEN

Dipl.-Ing. Dr. Gerd Schauer
Österreichische Elektrizitätswirtschafts-AG
Am Hof 6a, 1010 Wien
Tel.: ++43-(0)1-53113-52439, Fax: DW -52469
Email: SchauerG@verbund.at Internet: <http://www.verbund.at/>

Zusammenfassung

Der Verbund befaßt sich seit über fünfzehn Jahren mit dem Thema der Photovoltaik (PV) und hat zahlreiche PV Forschungs- und Pilotanlagen errichtet. Dies erfolgte bereits zu einem Zeitpunkt, wo noch hohe Kosten der Photovoltaik den Einsatz nur in eingeschränkten Bereichen rechtfertigten. Ausführliche dokumentierte Ergebnisse liegen vor. Zur Erläuterung der Einbindung von Photovoltaikanlagen unterschiedlicher Größe in das Netz wird kurz die Gesamtheit des Systems in Verbindung mit anderen Energieerzeugern betrachtet. Eine kleine Auswahl von netzgekoppelten Anlagen, Beispiele der Fassadenintegration und deren Betriebsergebnisse wird beschrieben sowie die unterschiedlichen Konzepte und Arten der Wechselrichter erläutert. Die Photovoltaik im Umfeld der Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes, der Vorgaben seitens der EU und des ELWOG Nov. 2000, der Kostenstruktur, der Fragen zur Zuverlässigkeit und Versorgungssicherheit werden angesprochen. Zukunftsaspekte und Chancen der Photovoltaik werden aufgezeigt.

1 Allgemeines

1.1 Energiewirtschaftliche Daten

Der Anteil des *Bruttoinlandsverbrauches* in Österreich (1999) beträgt 1.197.500 TJ (~332 TWh), der Anteil der *elektrischen Energieaufbringung* (inländischer Erzeugung, 1999) mit 51.980 GWh davon 15,6 %.

1.1.1 Erneuerbare in Österreich, Potentiale

Im Vergleich zu anderen Ländern der EU nimmt Österreich durch den hohen Anteil an Wasserkraft bei der elektrischen Energieerzeugung (69,2 %) eine führende Rolle ein. Der Verbund erzeugte im Jahre 2000 91 % seiner Energie (25.475 GWh, 6,07 GW Engpaßleistung) mit seinen 71 Wasserkraftwerken und 9 % aus Wärmekraftwerken (2528 GWh, 1,28 GW EPL inkl. stehendem Reservekraftwerk). Die Wasserkraft ist in Österreichs zu rund 65 % ausgebaut, die restliche Erschließung ist jedoch derzeit nicht wirtschaftlich.

Biomasse wird vorwiegend zur Deckung des Wärmebedarf eingesetzt. Sie substituiert teilweise Kohle zur Stromerzeugung in Wärmekraftwerken des Verbund.

Windkraftanlagen verzeichneten in den letzten Jahren ein starkes Wachstum, Ende 2000 betrug die installierte Leistung der 122 Anlagen 77,2 MW. Das theoretische Potential beträgt rund 5.600 GWh, wobei (derzeit) wirtschaftlich realistisch rund 600 GWh sind, Großanlagen im Bereich 3 bis 5 MW lassen eine kostengünstigere Erzeugung erwarten.

Darüber hinaus sind Erzeugungsanlagen auf der Basis Deponiegas, Biogas, Geothermie, Brennstoffzelle und andere in Betrieb.

1.1.2 Photovoltaik

Der Photovoltaikmarkt in Österreich weist ein beachtliches Wachstum auf. Insgesamt sind (1999) 3,6 MW (Gesamterzeugung rund 2,3 GWh) installiert, wobei 60,8 % (2,2 MW, 1,8 GWh Erzeugung) auf die netzgekoppelten und 39,2 % auf Inselanlagen entfallen. Nimmt man ein kontinuierliches Wachstum des österreichischen Marktes für netzgekoppelte PV-Anlagen von 25 % an, dann beträgt die installierte PV-Leistung 2010 rund 30 MW (Ertrag 24 GWh) bzw. 2015 etwa 90 MW (Ertrag 72 GWh).

Bei einer Einstrahlung (Österreich) von 1100 bis 1400 kWh/m² und einem durchschnittlichen Ertrag von 854 kWh/kWp kann man auf einer Fläche von 10 km x 10 km eine Energie von 8.800 GWh (10,4 GW erforderliche Modulleistung) ernten. Betrachtet man die vorgegebenen EU-Programme (3 GW PV bis 2010) beträgt die anteilige Leistung für Österreich rund 15 MW (rund 20 %-iges Wachstum). Tabelle 1 gibt einen Überblick über das PV-Potential in Österreich:

Tabelle 1: Potential für PV in Österreich (siehe auch /1/)

Dachflächen, rund 107 km ² nutzbar	6,4 – 17,1 GW
Fassaden rund 10 km ²	0,6 – 1,6 GW
Freiflächen 1% der landwirtschaftl. Nutzfläche ~ 270 km ²	16,2 – 43,2 GW
Lärmschutzwände (800 km Länge, ~2,4 km ²)	0,3 GW
Daraus ergibt sich ein energetisches Potential von	20 bis 53 TWh/a

1.2 Politische und gesetzliche Grundlagen

Die Erneuerbaren und damit auch die Photovoltaik wird vor dem Hintergrund beschränkter Ressourcen durch politische Zielsetzungen gefördert. Seitens der Europäischen Kommission wurde eine Verdopplung der Produktion aus Erneuerbaren von 6 % auf 12 % beschlossen (Weißbuch).

Der Vorschlag für die Richtlinie zur Förderung der erneuerbaren Energien /2/ wurde ausführlich diskutiert, bis auf wenige Punkte konnte zwischen Europ. Parlament und Europ. Rat Konsens gefunden werden, sodaß mit großer Wahrscheinlichkeit mit der Verabschiedung (nach einem Vermittlungsverfahren) im Herbst zu rechnen ist.

Weitere Hinweise lassen sich dem Grünbuch der Europäischen Kommission zur Versorgungssicherheit /3/ entnehmen, ein Werk das durch langfristige Energieplanung Engpässe in der Energieversorgung und deren Folgen vermeiden soll.

Im derzeit in Diskussion stehenden Vorschlag zum 6. Rahmenprogramm /4/ sind „neue Photovoltaiktechnologien“ explizit als längerfristige Forschungsmaßnahmen angegeben.

Die EIWOG Novelle 2000 wurde im Juli 2000 vom Parlament verabschiedet. Die detaillierte Umsetzung der Ziele wird in den teils umstrittenen Ausführungen der Landesgesetze formuliert.

Untersuchungen im Rahmen einer vom BMWA und BMLFUW beauftragten Studie der TU-Wien geben Grundlagen für energiewirtschaftliche Überlegungen. Mit dem Energieforschungs- und Energietechnologiekonzept (EFTK) liegt ein nationales Forschungskonzept mit sechs Schwerpunkten entworfen.

2 Netzgekoppelte PV-Anlagen

Bereits vor mehr als zehn Jahren wurden erste Anlagen gebaut und erprobt, Anlagenbeispiele können der Literatur entnommen werden /5, 6, 7/. Im wesentlichen beschränken sich die Ausführungen hier auf die in Fassaden integrierte netzgekoppelte Anlagen. PV-Inselbetrieb werden hier nicht beschrieben.

Zu Beginn der Pilot und Demonstrationsprojekte standen technische Aspekte im Vordergrund. Das Erproben verschiedener Zelltechnologien, Arten und Bauweisen von Invertern und die exakte meßtechnische Dokumentation standen im Vordergrund. Auch gab es Probleme mit der Zuver-

lässigkeit einzelner Komponenten. Durch die Betriebserfahrungen konnten wesentliche Lernprozesse vollzogen werden. Im nächsten Schritt wurden weitere Anwendungsgebiete erschlossen. Durch die Substitution herkömmlicher Fassadenelemente durch eine PV-Anlage konnten nach den erforderliche Adaptierungen bzw. Entwicklungen (Aufhängungen, Module) Kosten reduziert werden. Bei senkrechter PV-Fassade ist der zu erwartende Energieertrag 70 - 75 % im Vergleich zu optimal geneigten Modulen.

2.1 Anlagenbeispiele

2.1.1 Umspannwerk Rieden

Die in die Fassade des Umspannwerkes integrierte PV-Anlage der VKW in Bregenz wurde im Februar 1998 in Betrieb genommen (Abb. 1). Die Nennleistung beträgt 11,73 kW (Modulfläche 92,73 m²). Der jährliche Stromertrag beträgt 5900 kWh, er ist durch eine Abschattung (Sammelschiene des Umspannwerkes) rund 11 % geringer. Die regelmäßige und detaillierte Auswertung der Ergebnisse zeigt einen zuverlässigen Betrieb (100 %, bisher keine Ausfälle) der Anlage.

2.1.2 Bürogebäude in Freiburg

Ein Bürogebäude (Freiburg, Deutschland) mit einer gut in die Fassade integrierten PV-Anlage zeigt Abb. 2. Nur aus geringer Entfernung lassen sich die Unterschiede zwischen den getönten Glasfenstern und den PV-Modulen erkennen.



Abbildung 1: 11,7 kW fassadenintegrierte Anlage Umspannwerk Rieden



Abbildung 2: Bürogebäude Freiburg

2.1.3 Photovoltaikanlage TIZ St. Florian

Diese Anlage wurde im Rahmen der Energie AG Aktion „Grüner Strom“ am Technologie- und Innovationszentrum in St. Florian errichtet. Bei dieser fassadenintegrierten Anlage war die Hauptaufgabe, eine Sonnenschutzfunktion zu erzielen. Die einzelnen Module sind über zwei Haltearme an der Fassade montiert, die durch die Wärmedämmung hindurch direkt an der Ziegelwand befestigt sind (Abb. 3).

Durch den Neigungswinkel der Module von 30° Grad gegen die Horizontale sind die Fenster im Sommer völlig abgeschattet, im Winter nur minimal. Die Nennleistung beträgt 4,08 kW, 34 Stück 120 W Module wurden verwendet. Die Systemspannung beträgt 290 V DC, wobei zwei Stränge mit 17 Modulen in Serie geschaltet sind.



Abbildung 3: Technologie- und Innovationszentrum St. Florian

2.1.4 Haus der Zukunft

Im Jahre 1997 wurde von der Energie AG in Schmiding ein „Haus der Zukunft“ gebaut, mit dem Ziel eines niedrigen Ge-

samtenergieverbrauches (Abb. 4). Dies wurde durch verschiedene Maßnahmen (Sonnenkollektor, Warmluft-Hypokaustenheizung, Wärmepumpe) realisiert. Zusätzlich zu den Luftkollektoren wurde ein Hybrid PV-Warmluftkollektor getestet.

Die Nennleistung der PV-Anlage beträgt 1,072 kW, wobei die mono-Si Zellen in den Modulen in Glas-Glas laminiert sind.

An der Garage befindet sich eine 2,4 kW Anlage mit einem Fronius Wechselrichter.



Abbildung 4: Haus der Zukunft, Schmiding

2.2 Technische Belange der Netzkopplung

Je nach Konzeptierung des PV-Generators kommen unterschiedliche Wechselrichter zum Einsatz.

2.2.1 Wechselrichter

2.2.1.1 Modulintegrierter Wechselrichter:

Die Idee der modulintegrierten Wechselrichter /8/ liegt darin, Gleichstromverkabelungen zu vermeiden und durch hohe Fertigungszahlen der relativ klein gebauten Wechselrichter eine kostengünstige Produktion zu erzielen. Der Leistungsbereich dieser Wechselrichter reicht von 60 bis ca. 300 W. Abb. 5 zeigt den Sunmaster 130. Eigene Messungen bestätigten über einen weiten Leistungsbereich einen hohen Wirkungsgrad. Größere Anlagen erfordern ein Überwachungssystem zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit sämtlicher Wechselrichter.



Abbildung 5: Modulwechselrichter Sunmaster 130

2.2.1.2 Wechselrichter

Der Wechselrichter wird an den Ausgang des Solargenerators mit in serie- und parallelgeschalteten Modulen angeschlossen. Kleinere Wechselrichter ermöglichen das anschließen jeweils nur eines Stranges „Strangwechselrichter“. Abb. 6 zeigt beispielsweise eine Wechselrichterserie von Fronius Sunrise für den Bereich von 600 W bis 3 kW.



Abbildung 6: PV-Wechselrichter für verschiedene Leistungsbereiche

2.2.1.3 Zentrale Wechselrichter

Großanlagen mit zentralen Wechselrichtern verwenden Thyristorrichter in 12-pulsiger Schaltung mit Oberwellenfilterung. Bei der 3,3 MW PV-Anlage in Serre ist jeweils ein Wechselrichter einem 300 kWp Feld zugeordnet (Abb. 7). Neuere Wechselrichter in IGBT Technologie können den geforderten Leistungsbereich abdecken und gestatten durch Pulsbreitenmodulation sinusförmige Einspeisung.



Abbildung 7: 3,3 MW Anlage Serre mit zentralen Wechselrichtern

Im Zuge der EVU-Forschungsaktivitäten erfolgten eingehende Detailuntersuchungen an unterschiedlichen Wechselrichtern /9, 10, 11/.

2.2.2 Sicherheit, technische Gremien,

Die Vornorm ÖNORM / ÖVE E2750 „Photovoltaische Energieerzeugungsanlagen – Sicherheitsanforderungen“ gibt die Basis für die Installation der Anlagen. Im Rahmen der

IEA, Task V, Photovoltaic Power Systems erfolgte ein Gedankenaustausch, wobei dieser teilweise gegensätzliche Standpunkte landesspezifischer Vorschriften zeigte. Die Ergebnisse wurden in Berichten veröffentlicht /12, 13/. Von den verschiedenen Verfahren zur Erkennung bzw. Vermeidung einer Inselnetzbildung wurden die Vor- und Nachteile ausführlich diskutiert und Grenzen der bei uns verwendeten ENS aufgezeigt.

2.3 Betriebserfahrungen

Prinzipiell konnten beim Solargenerator folgende Beeinträchtigungen und Fehlerfälle festgestellt werden:

Module: Laminatschäden (Braunverfärbungen, Ablösungen, Risse), Degradationserscheinungen bei der Leistung, systematische Fehler die erst später als solche erkannt werden, Witterungsschäden (Glasbruch), Montagefehler, Diebstahl und Vandalismus /14,./

3 Kosten, Marktpreise erzeugter kWh

3.1 Liberalisierung des Strommarktes, Kostendruck

Durch die Liberalisierung des Strommarktes werden die Preise für die eingespeiste Energie und Leistung vom Markt vorgegeben. Erzeuger sind gezwungen, die Energie zu diesen Kosten (im Bereich von etwa 30 bis 50 Groschen) zu erzeugen, um im freien Markt überleben zu können. Strategien zur Kostensenkung werden rigoros durchgeführt.

Das EVU im früheren Sinne gibt es nicht mehr. Die Unternehmen sind entsprechend den Vorgaben oft auch gesellschaftsrechtlich in die Bereiche Stromerzeugung, Übertragung/Verteilung und Stromhandel aufgeteilt. Neue Teilnehmer drängen auf den Strommarkt, Strombörsen wurden gegründet. Bisher von EVU wahrgenommene, übergeordnete Aufgaben (Kraftwerksplanung) werden künftig von dem neu gegründeten Regulator wahrgenommen. EVU sind gezwungen, wenig oder nicht rentable Betriebe zu schließen.

Demgegenüber betragen die Kosten von PV-Anlagen 90.000 bis 110.000,- ATS /kWp, sie sanken die letzten Jahre nur wenig. Durch Währungsschwankungen verteuerten sich die Module. Ein beachtliches Kostensenkungspotential besteht bei den Wechselrichtern, betrachtet man vergleichsweise die Kosten von in hoher Stückzahl produzierter Schalt-Netzteile. Die resultierenden Erzeugungskosten betragen bei der Photovoltaik 7 bis 10,- ATS/kWh.

3.2 Chancen der PV

Die Vorgaben seitens der EIWOG Novelle 2000 schaffen Rahmenbedingungen für dezentrale Einspeiser, die Umsetzung in die jeweiligen Landes-EIWOGs sorgt noch für heftige Diskussionen. Ebenso sei nochmals auf die Ausführungen in Kap. 1.2 betreffend der Förderung Erneuerbarer verwiesen.

Der Strompreis setzt sich aus den niedrigen Stromerzeugungskosten und den vergleichsweise hohen Durchleitungskosten (0,70 bis 1,30 ATS) zusammen. Einen direkten Nutzen der verteilten bzw. dezentralen (PV-) Erzeugung zieht der Erzeuger bei hoher Eigennutzung seiner erzeugten Energie.

3.3 Lastprofile

Photovoltaikanlagen produzieren signifikante Energie nur bei entsprechender Sonneneinstrahlung. Im Vergleich zu anderen elektrischen Erzeugern sind die "Vollaststunden" mit durchschnittlich 850 Stunden vergleichsweise niedrig.

8 zeigt die erzeugt PV-Leistung im Verlauf einer Woche, Abb. 9 im Vergleich dazu ein Zweipersonen-Haushaltslastprofil (typisch die Morgen- und Abendspitze während der Werktage). In Abb. 10 ist das Lastprofil eines Drei-

personenhaushalts (mit Kleinkind) angegeben, eine relativ gute Übereinstimmung besteht zwischen der PV-Erzeugung mit dem Eigenverbrauch.

Auch bei ausgeglichener Energiebilanz werden die Systemdienstleistungen des EVU bereitstellt.

4 Ausblick

Der PV-Markt weist ein dynamisches, hohes Wachstum auf. Dies gilt es zu erhalten. Im Bereich der Forschung haben sich in den letzten Jahren Fortschritte gezeigt, die vergleichsweise vor rund zehn Jahren nicht in der Form absehbar waren. Der Photovoltaik soll man noch Entwicklungszeit zugestehen!

Aspekte der Versorgungssicherheit sind in Mitteleuropa hoffentlich auch weiterhin kein Thema. Wünschenswert wäre eine Inselnetzfähigkeit der vom Netz getrennten Wechselrichter, um beispielsweise bei einem

Katastrophenfall eine Notversorgung aufrechterhalten zu können.

Durch die Stilllegung (kalte Reserve) derzeit unrentabler Kraftwerke werden Leistungsreserven in rund 6 bis 8 Jahren aufgebraucht sein. Zusätzliche Kraftwerkskapazität wird dann erforderlich werden. Da Großprojekte schwierig und nur langfristig umzusetzen sind, könnte dies eine zusätzliche Chance für verteilte und dezentrale Erzeugungsanlagen und damit auch für die Photovoltaik sein.

5 Literatur

/1/ Neubarth J., Kaltschmitt M.: Stand und Perspektiven regenerativer Energien in Österreich – Potentiale, Kosten, technische und ökologische Einordnung. Stand 7. Juli 2000, VEÖ EFG Projekt Nr. 4.18.

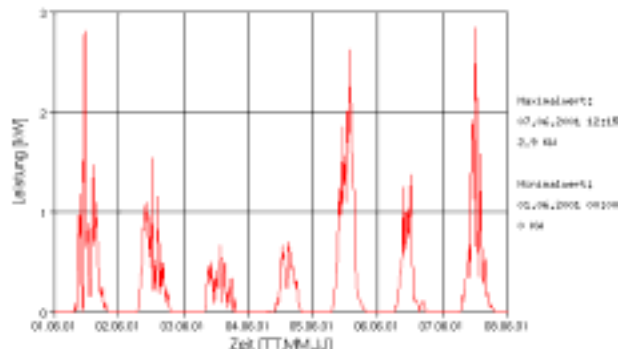


Abbildung 8: PV-Erzeugung

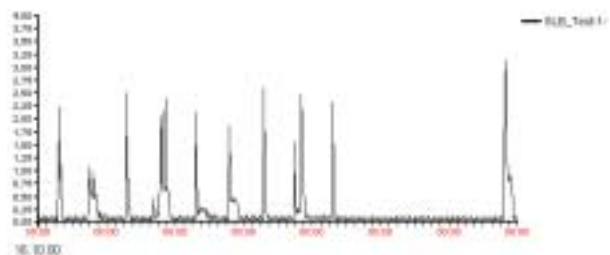


Abbildung 9: Haushaltslastprofil, 2 Personen berufstätig

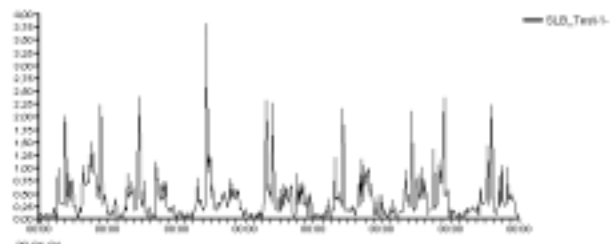


Abbildung 10: Haushalt mit Kleinkind

- /2/ Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt. KOM(2000) 279 endgültig, Brüssel, den 10.5.2000.
- /3/ Hin zu einer europäischen Versorgungssicherheit. KOM(2000)769 endgültig, Brüssel, den 29.11.2000.
- /4/ Beschluß des Europäischen Parlaments und des Rates über das mehrjährige Rahmenprogramm 2002-2006 der europäischen Gemeinschaft im Bereich der Forschung, technologischen Entwicklung und Demonstration als Beitrag zur Verwirklichung des europäischen Forschungsraumes. KOM (2001) 94 endgültig, Brüssel, den 21.2.2001.
- /5/ Schauer, G.; Möstl, M.; Wilk, H.: Alpiner Solarmodulprüfstand am Loser, Altaussee. 10. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Staffelsee, 15. - 17. März 1995.
- /6/ Schauer, G.: Betriebserfahrungen mit alpiner 3kW amorpher Dünnschicht-Pilotanlage am Mooserboden / Kaprun. 9. Internationales Sonnenforum 94, Stuttgart, 28. Juni bis 1. Juli 1994.
- /7/ Schauer, G.; Szeless, A.; Friess, M.; Korczak, P.: 10 Years Operational Experience of Joint Utility-Siemens PV Projects in Austria. 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Hofburg Congress Center, Vienna, July 6–10th, 1998.
- /8/ Wilk, H.; Schauer, G.: Operatinal behaviour of small power conditioners for grid interactive PV-systems (AC-modules). Proceedings of 14th European Solar Energy Conference and Exhibition, 30 June - 4 July 1997, Barcelona.
- /9/ Wilk, H.; Schauer, G.; Harich, H.; Enders, W.: Betriebsverhalten und Zuverlässigkeit netzgekoppelter Wechselrichter. 13. Symposium „Photovoltaische Solarenergie“ Staffelsee, März 1998.
- /10/ Wilk, H.; Schauer, G.; Enders, W.; Harich, H.: Testing Inverters for Utility Interactive Operation. 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Hofburg Congress Center, Vienna, July 6 – 10th, 1998 (VA4.29).
- /11/ Enders, W.; Harich, H.; Schauer, G.; Wilk, H.: Tests und Analysen von Solar-Wechselrichtern“. Schriftenreihe der EFG im VEÖ, ISBN 3-901411-52-6, Best. Nr.: 650/454, (1998).
- /12/ Grid-connected photovoltaic power systems: Summary of IEA/PVPS Task V activities from 1993 to 1998. Report IEA-PVPS T5-03:1999, March 1999.
- /13/ Demonstration test results for grid interconnected photovoltaic power systems. Task V, Report IEA-PVPS T5-02:1999, March 1999.
- /14/ Schauer, G.; Szeless, A.: Long Term Stability of PV-Modules, Damage Cases and Damage Analysis. 16th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2000, Ref. VC3/17.

SOLARSTROM-WECHSELRICHTER

Dipl. Ing. Christoph Panhuber
Fronius International GmbH
Günter Fronius-Straße 1, A-4600 Wels-Thalheim
Tel.: +43-7242 / 241 199, Fax: +43-7242 / 241-226
E-Mail: panhuber.christoph@fronius.com

SOLARSTROM-WECHSELRICHTER

Dipl. Ing. Christoph Panhuber
Fronius International GmbH
Günter Fronius-Straße 1, A-4600 Wels-Thalheim
Tel.: +43-7242 / 241 199, Fax: +43-7242 / 241-226
E-Mail: panhuber.christoph@fronius.com

1 Einleitung

Der Anteil von Photovoltaik (PV) Modulen, der weltweit in netzgekoppelten PV Anlagen eingesetzt wird, hat sich in den letzten Jahren deutlich erhöht. Vor allem die ehrgeizigen Programme in Deutschland und Japan, aber auch erwachende Märkte in den Niederlanden, Spanien und Australien führten dazu, dass nun mehr als 50% aller Module in der Netzkopplung Verwendung findet. Mit der Energiekrise in Kalifornien hat auch dort das Interesse an derartigen Anlagen sprunghaft zugenommen, sodass sich dieser Trend sogar noch verstärken könnte.

Mit den damit steigenden Verkaufszahlen von Wechselrichtern hat sich parallel dazu auf diesem Sektor technologisch einiges bewegt. Der gegenständliche Artikel möchte eine Übersicht über die neuesten Entwicklungen, die Trends, aber auch die noch verbleibenden Barrieren für eine noch schnellere Verbreitung dieser umweltfreundlichen und zukunftsträchtigen Geräte geben.

2 Unterscheidung von Wechselrichtertypen

Eine Vielzahl von Wechselrichterherstellern erzeugt derzeit Netzeinspeisegeräte, die sich in verschiedenen Aspekten voneinander unterscheiden. Ein mögliches Einteilungskriterium ist die Leistung eines Einzelgeräts. Danach kann man die derzeit eingesetzten Wechselrichtertypen für PV Netzkopplung grob in drei Gruppen einteilen:

- Modulwechselrichter
- Zentralwechselrichter
- Großwechselrichter

2.1 Modulwechselrichter

Modulwechselrichter (im angelsächsischen Sprachraum auch als AC-Module bezeichnet) werden vor allem in den Niederlanden entwickelt und produziert, was mit den dortigen technischen Vorschriften und der politischen Unterstützung für diese Art Wechselrichter zusammenhängt. Sie weisen eine Nennleistung von 100 – 400 W AC auf und sind im ursprünglichen Sinn streng für ein einzelnes Modul konzipiert (also für jedes PV Modul einen eigenen Wechselrichter!). Oft sind diese Geräte sogar fix mit dem Solarmodul verbunden, was sich mittlerweile als einer der größten Nachteile herausgestellt hat: die Lebensdauer eines Solarmoduls beträgt 25 Jahre und mehr; es ist sehr schwierig, eine ähnliche Lebensdauer für ein elektronisches Gerät zu garantieren.

Daher besteht die neueste Entwicklung der Hersteller darin, den Wechselrichter etwas abseits des Moduls zu montieren. Das bedingt zwar ein Gleichstromkabel (das ursprünglich gar nicht vorhanden war), ermöglicht aber den Zugriff und ggf. Austausch eines Modulwechselrichters im Schadensfall. Diese Entkopplung wurde gleichzeitig zur

Erhöhung der Nennleistung genützt, sodass nun bis zu 400W Maximalleistung möglich ist. Allerdings ist dafür typischerweise der Anschluss von mehr als einem PV Modul nötig. Damit ist ein Teil des ursprünglichen Vorteils, nämlich der Entfall der DC Verkabelung, verloren gegangen.

Modulwechselrichter benötigen wegen der niedrigen DC Eingangsspannung immer über einen Trafo, der üblicherweise als HF-Trafo ausgeführt ist.

Generelle Vorteile von Modulwechselrichtern:

- niedrige Startinvestition: ein kleines Mini-PV-Kraftwerk kann bereits mit einem einzigen Modul begonnen werden
- das System ist jederzeit in kleinen Schritten erweiterbar
- Verschattungen einzelner Module verringern den Ertrag deutlich weniger als bei klassischen Konfigurationen
- Aufgrund der kleinen Leistungen werden große Stückzahlen benötigt – die Massenfertigung führt zu guter, reproduzierbarer Qualität

Nachteile gibt es aber ebenfalls:

- die spezifischen Kosten (Euro pro Watt) werden immer wesentlich höher sein als für Wechselrichter mit größeren Leistungen (Steuerung, Regelung und Überwachung müssen x-fach vorhanden sein)
- die derzeit gültigen Sicherheitsvorschriften in den meisten Ländern (ausgenommen die Niederlande) erhöhen die Kosten noch weiter: die ENS in Deutschland und Österreich ist für einen einzigen Modulwechselrichter geradezu unbezahlbar! Auch haben die holländischen Geräte durchwegs keine mechanischen Relais eingebaut, was ebenfalls in den meisten Ländern nicht erlaubt ist.
- Die Erkennung eines Ausfalls eines Modulwechselrichters in einer größeren Anlage ist äußerst schwierig, der Austausch (man denke an eine Fassadenanlage) oft sehr aufwendig.
- Eine Möglichkeit zur Ausfallserkennung ist eine entsprechende Datenkommunikation, die aber schnell zu einer hohen Stückzahl und damit einem hohen Datenverkehr führt. Moderne Modulwechselrichter verfügen aber prinzipiell schon über diese Möglichkeit

2.2 Klassische Wechselrichter

Die Bezeichnung „klassische Wechselrichter“ wird hier für Wechselrichter mit einer Nennleistung von ca. 600 W bis 5kW verwendet. Im unteren Leistungsbereich findet man oft Geräte, die vor allem für den Einsatz an einem einzelnen Strang von PV Modulen konzipiert sind, ab 1500 W, spätestens aber über 2000 W Nennleistung ist der Anschluss von mehreren Strängen notwendig.

Klassische Wechselrichter sind am besten an die derzeit gängigsten PV-Anlagegrößen angepasst und daher am meisten verbreitet. Durch ihre hohe Stückzahl sind die spezifischen Kosten niedrig und die Qualität ist mittlerweile sehr hoch. Man merkt hier die Erfahrung, die mit tausenden Geräten im Feld gesammelt und in technische Verbesserungen umgesetzt wurde.

Die Systemtechnik ist hier sehr ausgereift: der Anschluss der DC Verkabelung wurde durch Steckverbinder deutlich vereinfacht, das integrierte Schutzkonzept mit Spannung-, Frequenz- und Impedanzüberwachung (ENS) ist von den Elektrizitätsnetzbetreibern anerkannt führt auch zu einer problemlosen Genehmigung und sehr einfachen AC Installation.

Üblicherweise sind diese Wechselrichter mit guten Kommunikationsmöglichkeiten zur Messdatenerfassung und –übermittlung ausgerüstet. Auch Datenübertragung über Telefonmodem und SMS sind mittlerweile üblich, was vor allem bei größeren Anlagen zur Fernüberwachung immer wichtiger wird.

Nach dem technischen Aufbau unterscheidet man drei Typen von klassischen Wechselrichtern:

- Wechselrichter mit 50 Hz Ringkerntrafo: diese sind robust, im unteren Leistungsbereich relativ günstig herzustellen und verfügen über eine galvanische Trennung zwischen PV – und Netzseite, was die Sicherheitsmaßnahmen einfacher gestaltet. Nachteilig sind das hohe Gewicht und Volumen sowie die Wirkungsgradkurve, die bei Nennleistung immer etwas nach unten zeigt.
- Wechselrichter mit Hochfrequenz-Trafo: verfügen ebenfalls über eine galvanische Trennung, sind aber viel leichter und kleiner, da ein vergleichbarer Trafo für ein 2.5kW Gerät statt etwa 20 kg nur ca. 0,5 kg auf die Waage bringt. Die Wirkungsgradkurve ist bei Nennleistung noch annähernd flach, d.h. dass der Unterschied zwischen maximalem Wirkungsgrad und Wirkungsgrad bei Nennleistung recht klein ist. Mit steigender Leistung wird dieses Konzept auch kostenmäßig immer attraktiver
- Trafolose Wechselrichter: diese haben den Vorteil eines höheren Wirkungsgrades, da ein Verlustfaktor eliminiert ist. Allerdings führt das trafolose Konzept zu hohem Entstöraufwand zur elektromagnetischen Verträglichkeit und deutlich erhöhten Kosten für Sicherheitsmaßnahmen, wodurch sich kaum Kosten- und Volumenvorteile gegenüber dem klassischen Konzept ergeben.

2.3 Großwechselrichter

Großwechselrichter liegen in einem Leistungsbereich von ca. 10kW bis zu 1000kW. Wie der Name schon sagt, sind sie vor allem bei Großanlagen sinnvoll eingesetzt, so z.B. bei der 1 MW Anlage der Messe München. Sie werden nur in kleinen Stückzahlen eingesetzt, daher liegt der spezifische Preis nur knapp unter dem von klassischen Wechselrichtern.

Die Sicherheitstechnik ist hier etwas aufwändiger, da es z.B. keine ENS für Anlagen größer 30kW gibt; hier müssen alternative Maßnahmen gesetzt werden. Bei der Größe derartiger Anlagen sind die Kosten dafür im Verhältnis zu den Gesamtkosten dennoch erträglich.

Großwechselrichter verfügen üblicherweise über sehr gute Kommunikationsmöglichkeiten, die auch Fernüberwachung und Ferndiagnose beinhalten. Ein Nachteil derartiger Geräte ist, dass ein Defekt sofort einen großen Teil oder sogar die ganze Anlage stilllegt und eine Reparatur üblicherweise nur vor Ort erfolgen kann, was nicht immer kurzfristig möglich ist. Allerdings hat sich hier der Service von einigen Herstellern bereits deutlich verbessert.

3 Trends und Ausblick

3.1 Barrieren

Generell entwickelt sich der Markt für Wechselrichter sehr positiv. Als Bremsfaktoren entpuppen sich vor allem zwei Tatsachen:

- mangelnde Einheitlichkeit der technischen Vorschriften und Normen in verschiedenen Ländern: die Fülle an verschiedenen Standards zur Zulassung von Wechselrichtern hat zur Konsequenz, dass Wechselrichterhersteller eigentlich für fast jedes Land eine eigene Version der Geräte herstellen müssen. Damit ergeben sich hohe Kosten für Zulassung, für die Entwicklung und die Produktion der Geräte. Da technisch gesehen die Bedingungen weltweit sehr ähnlich sind, liegen die Ursachen vor allem im politischen Bereich; es besteht Hoffnung, dass sich hier in einigen Jahren ein wesentlich vereinfachtes Bild zeigen wird. So arbeitet z.B. das IEC Technical Committee 82 am Vorschlag für eine internationale Norm zu den Sicherheitsaspekten von Wechselrichtern [1].
- Die Kurzfristigkeit von Fördermaßnahmen: Netzkopplung von PV wird noch etliche Jahre kontinuierliche Marktentwicklung benötigen, ehe sie wirtschaftlich konkurrenzfähig wird. Eine langfristig abgesicherte Förderlandschaft wäre für den nötigen Kapitaleinsatz zur Weiterentwicklung und Verbilligung der Technik äußerst förderlich – aber sogar in Deutschland, das derzeit ausgezeichnete Bedingungen bietet, gibt es ab 2004 wieder keinerlei Sicherheit für eine Kontinuität. Die Gefahr einer drastischen Verringerung der Förderungen und damit eines Markteinbruchs verhindern einen höheren Mitteleinsatz der Industrie

3.2 Marktszenarien und Erfolgsfaktoren

Ausgehend von der Übersicht aus dem vorigen Kapitel wird damit gerechnet, dass der Löwenanteil der netzgekoppelten PV Anlagen weiterhin mit klassischen Wechselrichtern in der 1 ... 5 kW Klasse verbaut wird. Unmittelbares Ziel werden die weitere Erhöhung der Zuverlässigkeit bei sinkenden Herstellungskosten sein. Die reine technische Aufgabenstellung der Umwandlung von Gleichstrom- in Wechselstromenergie kann bei Wirkungsgraden um 95% und Stromklirrfaktoren von kleiner 3% nur bedingt verbessert werden, es gewinnen daher für den Erfolg am Markt zunehmend auch nicht-technische Aspekte an Bedeutung:

Ökonomische Aspekte

- Niedrige Transportkosten durch geringes Transportvolumen und Gewicht
- Geringe Servicekosten

Ökologische Aspekte

- Verwendung von voll recyclingfähigen Materialien
- Drastische Reduktion des Einsatzes energieintensiver Stoffe (z.B. Aluminium)
- Verringerung der zum Transport nötigen Energie durch Gewichts- und Volumenreduktion

Ergonomische Aspekte

- Ansprechendes, modernes Gerätedesign
- Einfache und klare Betriebsinformation für den Endkunden am Gerät verfügbar
- Leicht zu bedienende Benutzerschnittstellen
- Kommunikationsmöglichkeiten (Datenerfassung und –speicherung, Datenübertragung via Modem, e-mail oder SMS, Anschlussmöglichkeiten für Messsensoren, integriertes und abgesetztes Display)

Exemplarisch sei hier kurz auf die Eigenschaften der neuen Fronius IG Serie von netzgekoppelten Wechselrichtern eingegangen, die viele dieser geforderten Eigenschaften in sich vereint und die Schlagwörter veranschaulicht.

3.3 Beispiel eines modernen Leistungsteilkonzepts

Das Herzstück der neuen Wechselrichtergeneration ist ein Leistungsteil, das in Varianten zwischen 1200 bis 2500W AC Dauerleistung verfügbar ist. Es ist als zweistufiges Konzept mit Hochfrequenz-Trafo ausgelegt – die Schaltfrequenz liegt bei ca. 25 kHz.

Technische Besonderheiten dabei sind:

- Ein extrem kompakter und servicefreundlicher Geräteaufbau. Alle Teile des Wechselrichters können ohne spezielle Werkzeuge von einem Installateur vor Ort getauscht werden.
- Der hohe Wirkungsgrad sowie eine intelligente Zwangsbelüftung ermöglichen eine radikale Verkleinerung des Aluminiumkühlkörpers und niedrigere Temperaturen der Leistungshalbleiter, was deren Lebensdauer erhöht. Weiters wird dadurch der Einsatz an "grauer Energie" so klein wie möglich gehalten. Zur Herstellung von 1kg Aluminium über die volle Prozesskette sind ca. 35kWh an Energie nötig; der Aluminiemeinsatz im neuen Leistungsteil beträgt 0,5kg gegenüber mehreren Kilogramm bei marktgängigen Geräten

3.4 Systemtechnik

Obiger Leistungsteil stellt nun die Basis für eine ganze Plattform von Wechselrichtern dar, indem durch Parallelschaltung die vom Kunden gewünschte Leistung in einem Bereich von 1,2 kW bis 30kW variiert werden kann. Damit stößt die IG Serie mit standardisierten Leistungsteilen auch noch in den unteren Bereich der Großwechselrichter vor.

Abb. 1 gibt eine Übersicht über die Leistungsklassen der Geräte von 1,2 bis 4.6kW. Alle Wechselrichter sind für den Temperaturbereich –20 .. 50° C ausgelegt; ihr Gewicht bewegt sich zwischen 10 und 16 kg.

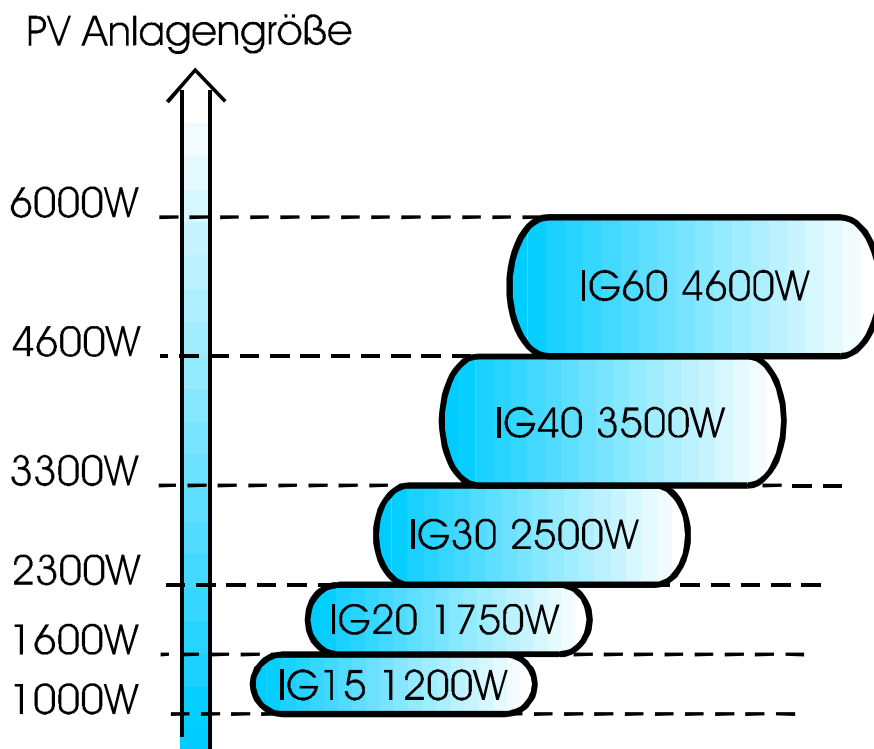


Abb.1: Übersicht über die Modelle der neuen IG Wechselrichter-Reihe. Neben den Modellbezeichnung steht jeweils die ausgangsseitige Nennleistung in Watt. PV Anlagen im Leistungsbereich von 1000 – 6000 W_p können damit lückenlos abgedeckt werden.

3.5 Moderne Kommunikation mit neuen Medien

Über einen eigenen Datenbus können mehrere Wechselrichter untereinander und auch mit Zusatzkomponenten (Datenlogger, Sensoren, Aktoren, Anzeigeeinheiten) vernetzt werden. Das Datenprotokoll ist als offenes System angelegt und erlaubt in Zukunft die Einbeziehung von weiteren Komponenten, die auch kundenspezifisch entwickelt werden können. Über diesen Datenbus ist ebenso die Anbindung von diversen Telekommunikationsmedien möglich (Fax, Modem, SMS, Internet).

Die meisten der optionalen Zusatzkomponenten können im Wechselrichter selbst eingebaut werden, wobei auch die Nachrüstung zu einem späteren Zeitpunkt ohne Probleme möglich ist. Dies wird durch eine standardisierte Größe der Optionsplatinen ermöglicht, die nach dem Prinzip von PC Steckkarten in sogenannten "Slots" je nach Bedarf im Wechselrichter installiert werden können.

4 Zusammenfassung

Es wurden die drei großen Arten von Wechselrichtern mit ihren Vor- und Nachteilen kurz beschrieben. Modulwechselrichter haben vor allem in den Niederlanden einen bestimmten Marktanteil erreicht und können diesen vermutlich sogar noch steigern. Aber der hohe spezifische Preis sowie sicherheitstechnische Vorschriften in vielen Ländern stehen einem großen Durchbruch noch für einige Zeit entgegen.

Großwechselrichter hingegen haben durch die begrenzte Anzahl von PV Anlagen über 30 kW von Haus aus einen beschränkten Marktanteil; selbst diesen können sie derzeit nur teilweise ausschöpfen.

Für netzgekoppelte PV Anlagen werden daher auch weiterhin vorwiegend Wechselrichter in der 1 .. 5 kW Klasse eingesetzt werden. Neben den rein technischen Eigenschaften wie Wirkungsgrad, gute Stromqualität und Einhaltung aller Normen gewinnen nicht-technische Aspekte am Markt immer mehr an Bedeutung. Marketing, Produktdesign, Kundenberatung sowie technischer Support sind wichtige Erfolgsfaktoren; gleichzeitig sind diese Aspekte üblicherweise Zeichen eines reifen Marktes, was beweist, dass die Photovoltaik auf dem Weg zu einer etablierten Technik ist. Dies ist in Hinblick darauf, dass sie eine Säule einer zukünftigen Energieversorgung darstellen soll, sehr ermutigend.

5 Literatur

[1] IEC 62109 Safety of Static Inverters and Charge Controllers, Committee Draft, May 2001

FÖRDERUNGSSTRATEGIEN FÜR PHOTOVOLTAIKANLAGEN IN ÖSTERREICH UND INTERNATIONAL

Dr. Reinhard Haas
Arbeitsgruppe Energiewirtschaft, Technische Universität Wien
Gusshausstrasse 27-29/373-2, A-1040 Wien
Tel: ++ 431 58801 37352, Fax: ++ 431 58801 37397
E-Mail: Reinhard.Haas@tuwien.ac.at

FÖRDERUNGSSTRATEGIEN FÜR PHOTOVOLTAIKANLAGEN IN ÖSTERREICH UND INTERNATIONAL

Dr. Reinhard Haas
Arbeitsgruppe Energiewirtschaft, Technische Universität Wien
Gusshausstrasse 27-29/373-2, A-1040 Wien
Tel: ++ 431 58801 37352, Fax: ++ 431 58801 37397
E-Mail: Reinhard.Haas@tuwien.ac.at

1 EINLEITUNG

Die Bedeutung der Photovoltaik (PV) hat in den letzten Jahren beträchtlich an Stellenwert gewonnen. Dies zeigt die weltweite Entwicklung, siehe Abb.1. Die jährlichen Zuwachsraten steigen seit Mitte der 90er Jahre beträchtlich, die kumulierte installierte Leistung hat sich in den letzten fünf Jahren verdoppelt.

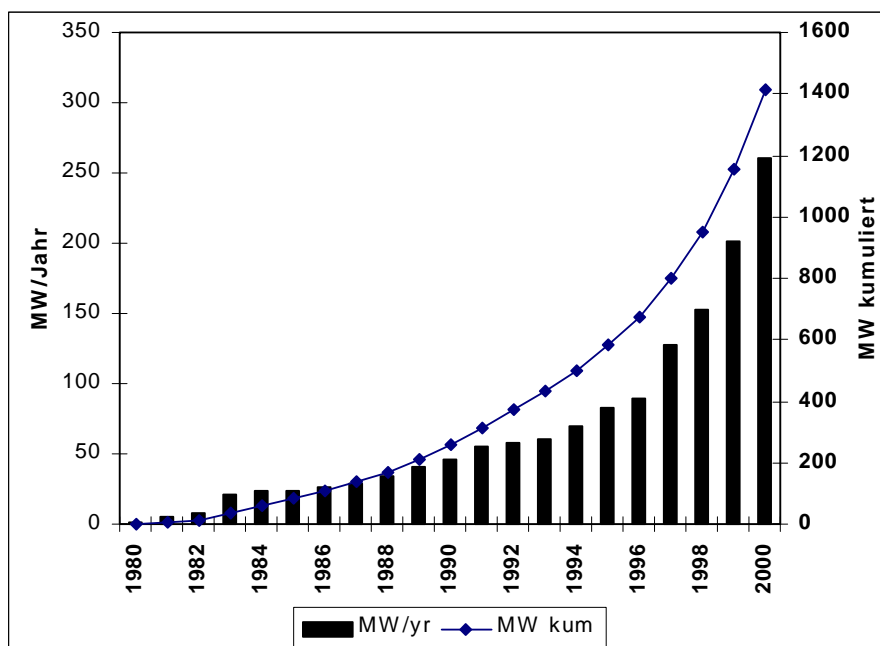


Abb. 1: Entwicklung der weltweiten Photovoltaikkapazität

Die wichtigsten Gründe für die Nutzung der PV sind:

- Modularität: Systeme sind in jeder beliebigen Größe installierbar;
- emissionsfreier Betrieb;
- dezentral einsetzbar;
- geringer Bau- und Installationsaufwand;

In diesem Beitrag wird zunächst ein kurzer Abriss der Entwicklung der PV in Österreich gegeben. Anschließend werden die wichtigsten Förderprogramme in Österreich und International erläutert. Ein Ausblick schließt diesen Beitrag ab.

2 HISTORISCHE ASPEKTE DER PV-NUTZUNG IN ÖSTERREICH

Die praktische Nutzung der PV in Österreich begann in den 80er Jahren und konzentrierte sich vorerst auf den Einsatz in Gebieten ohne Stromnetz (Inselanlagen). Die ersten netzgekoppelten Anlagen wurden Ende der 80er Jahre in Gmunden und am Loser in Betrieb genommen. Auslöser für eine signifikante Verbreitung der PV in Österreich war zweifellos der Österreichische 200-kW-Breitentest. Von 1992 bis 1994 wurde in Österreich ein Förderprogramm für kleine netzgekoppelte Photovoltaikanlagen (PVA) mit einer durchschnittlichen Leistung von 2,28 kWp durchgeführt. Die durchschnittlichen Investitionskosten der ca. 100 installierten Anlagen betragen damals öS 170 000 ATS/kWp.

Die jährlich neu installierte Photovoltaik - Anlagenleistung stieg in Österreich seit 1990 kontinuierlich an (Quelle: Faninger 2001). Wurden 1990 59 kW_{peak} installiert, so erhöhte sich die jährlich neu installierte Leistung¹ – aufgrund von Förderprogrammen, Eigeninitiativen und Demonstrationsprojekten² – in den Folgejahren um bis zu 52% pro Jahr. Im Jahr 2000 wurden 1.272 kW_{peak} neu installiert, das entspricht dem 22-fachen Wert von 1990 bzw. einer Wachstumsrate gegenüber 1999 von 35 %. Ende 2000 erreichte die elektrische Gesamtleistung damit 4.874 kW_{peak}.

Trotz der hohen Wachstumsraten (vgl. Abbildung 2) in den 90iger Jahren spielte Photovoltaik im Jahr 2000 mit rund 0,006 % Stromproduktion (in % des Stromverbrauchs 1998) eine verschwindend kleine Rolle. Rund 21 % des von PV-Anlagen produzierten Stromes wird in autarken Anlagen erzeugt, also nicht ins öffentliche Netz eingespeist.

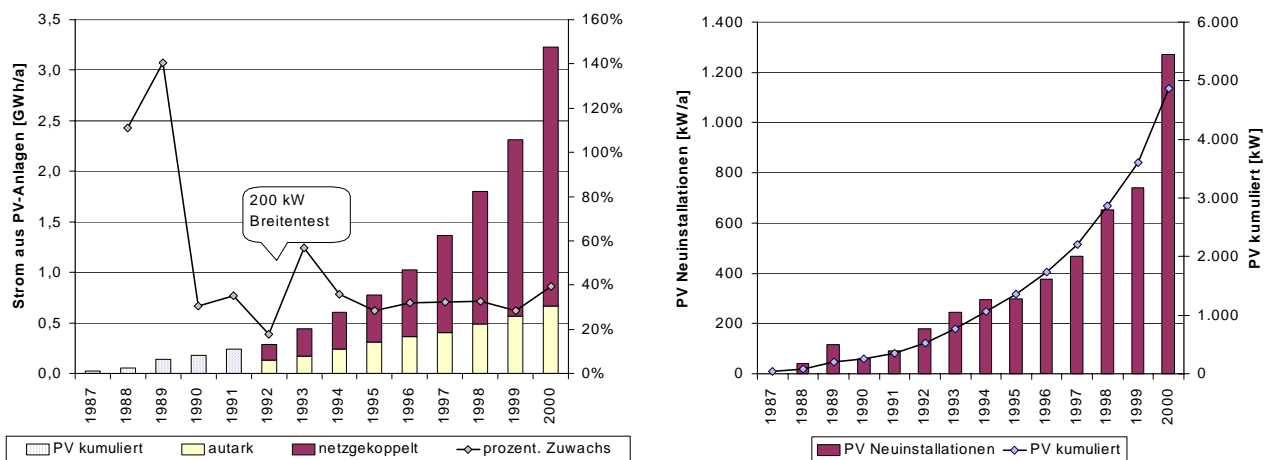


Abbildung 2: Entwicklung von Photovoltaikanlagen in Österreich (Quelle: Faninger 2001; Faninger 1999a;)

Einen Überblick über die wichtigsten historischen Meilensteine der PV-Nutzung in Österreich gibt Tab. 1.

¹ und damit auch die Zuwächse in der Stromproduktion

² In **Abbildung 2** erkennt man die höheren relativen Zunahmen der Stromproduktion in den Jahren 1992 bis 1994, die durch das 200 kW Breitentestprogramm bedingt sind.

Tabelle 1: Historische Meilensteine der PV-Nutzung in Österreich

Jahr	Aktivität
1985/7	Erste Inselanlagen: Baumgartlalm, Hochleckenhaus
1987	Erste netzgekoppelte Anlage: Gmunden (OKA) 1.3 kWp
1989	Erstes PV Kraftwerk: Loser (30 kW)
1992	Größtes PV Kraftwerk in Österreich: Seewalchen (Lärmschutzwand, 40 kW)
1992-1994	200 kW Photovoltaik-Breitentest
1993	Erste Fassaden Integration: Tuschlgasse (WIENSTROM)
1997	Erstes österreichisches Green Pricing model for PV: OKA
1998	Start des Voralberger „Sonnenschein“programmes
1999	Bislang größte private PV-Anlage in Österreich: Hartlauer (Steyr)

3 ENTWICKLUNG DER KOSTEN

Der wichtigste Grund für die Notwendigkeit von Förderungen für PV-Anlagen sind die nach wie vor weit über konventionellen Stromerzeugungstechnologien liegenden Investitionskosten.

Die historische Entwicklung der Kosten von PV-Anlagen in Österreich und international zeigt Abb. 3. Seit 1990 haben sich die Kosten mehr als halbiert.

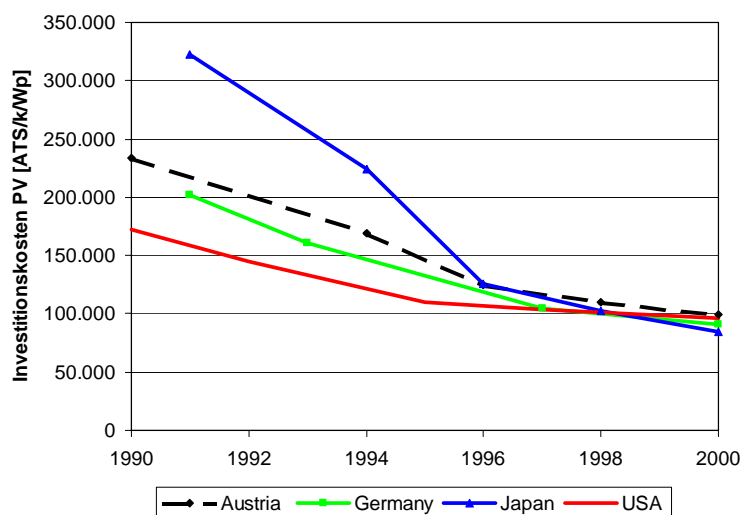


Abbildung 3: Kostenentwicklung von PV-Anlagen in Österreich 1990-2000

Derzeit liegen die Kosten von netzgekoppelten PV-Anlagen mit einer Leistung von ca. 3 kWp zwischen 85000 ATS/kWp (Wien) und 110000 ATS/kWp (Vorarlberg). Der Mittelwert der im Jahr 2000 installierten Anlagen liegt bei 90000 ATS/kWp (alle Kosten exkl. MwSt). Interessant ist dabei, daß der Anteil der Module bei 50000 – 65000 ATS/kWp liegt, jener des Wechselrichters bei ca. 13000 ATS/kWp. Über die Zeit sind die Modulkosten am

geringsten gefallen, bei allen anderen Kostenkomponenten waren stärkere Preisreduktionen zu beobachten. Der derzeitige jährliche Ertrag einer neuen PV-Anlage liegt im österreichischen Durchschnitt bei ca. 850 kWh/kWp. (Quellen: Heinrich Wilk, Gerhard Faninger, Christian Peterka, Kurt Hämmerle: persönliche Information)

Damit liegen die durchschnittlichen Stromerzeugungskosten aus netzgekoppelten PV-Anlagen derzeit bei ca. 10 ATS/kWh.

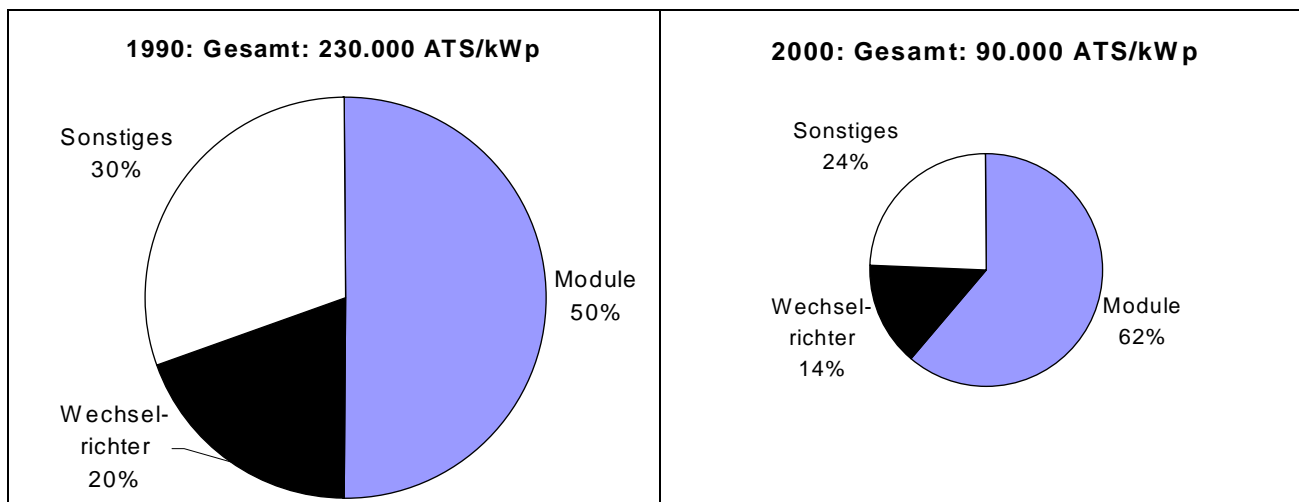


Abbildung 4: Aufteilung der Investitionskosten von PV-Anlagen 1990 und 2000

4 AKTUELLE FÖRDERSTRATEGIEN

In diesem Kapitel wird die aktuelle Situation der PV-Förderung in Österreich mit Stand Juni 2001 beschrieben.

Es werden Förderprogramme beschrieben, bei denen es – entweder von öffentlichen Einrichtungen und / oder EVU – finanzielle Zuschüsse gibt, entweder als Einspeisetarif oder als Investitionszuschuß.

4.1 Erhöhte Einspeisetarife

Bei regulierten erhöhten Einspeisetarifen wird dem EVU vorgeschrieben, welchen Preis es - ohne die Einschränkungen, wie bei der kostendeckenden Vergütung - dem Einspeiser zu zahlen hat. Darüber hinaus hängen in einigen Bundesländern die Einspeisetarife auch von der Zeit der Produktion (Sommer/Winter, Tag/Nacht) ab. Abb. 5 beschreibt die derzeitigen Einspeisetarife in Österreich in den einzelnen Bundesländern.

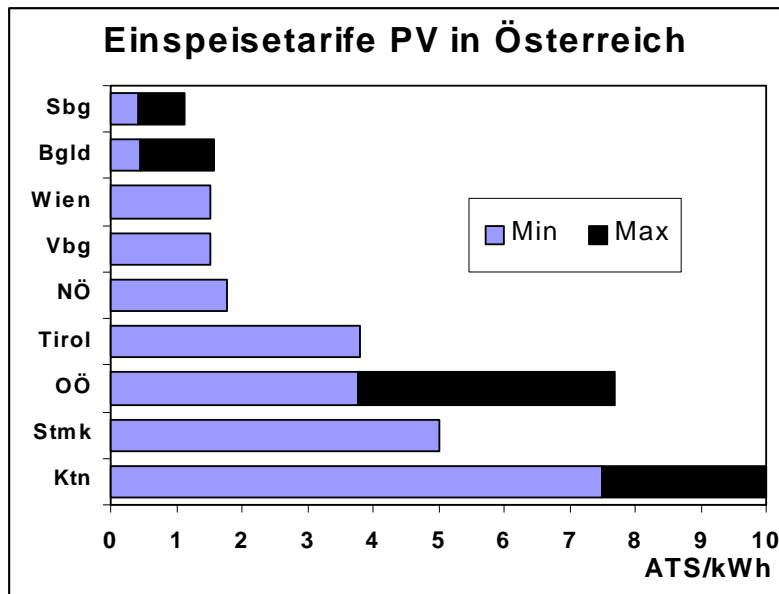


Abb. 5: Einspeisetarife für PV-Strom in den Bundesländern (Stand: 1. Juni 2001)

4.2 Investitionszuschüsse

Zuschüsse zu den Investitionskosten existieren derzeit noch in Wien und Vorarlberg (ohne Ausschreibungsverfahren) und in OÖ im Sinne eines Biddingmodells.

Tabelle 2: Derzeitige Investitions-Förderaktivitäten für PV in Österreich*)

Bundesland	Investitionszuschuß	Maximal	Leistungsbereich (kWp)	Anmerkungen
OÖ	wird in einem Ausschreibungsverfahren ermittelt	50,000 ATS/kW		
Wien	50%	250,000 ATS	<5	
Vorarlberg	35%	36,000ATS/kW	<10	8 Gemeinden fördern zusätzlich zwischen 25 und 50% der Landesförderung.
Alle	30%			ÖKK, netzgekoppelte Anlagen

*) Stand Juni 2001, ohne MwSt.

Seit dem Jahr 2000 gibt es in Oberösterreich ein neues Förderverfahren über den Öko-Energie-Pool. Aus diesem Pool werden jährlich ausgeschriebene Kapazitäten finanziert. Aus dem Kontingent 2000 wurden 160 kWp gefördert. Derzeit (2001) beträgt das ausgeschriebene PV-Kontingent 13,5 Mio. ATS/Jahr mit erwarteten Installationen von 220 kW.

Weiters werden österreichweit Inselanlagen mit ca. 30 % Investzuschuß von der ÖKK gefördert.

4.3 Sonstige Fördermodelle

4.3.1 Marktgemeinde Perchtoldsdorf

Bei den Gemeinschaftsanlagen der Marktgemeinde Perchtoldsdorf können Anteilsscheine zu jeweils öS 1.000,- bzw. zu öS 500,- erworben werden. Pro anteilig erzeugter Kilowattstunde wird ein Betrag von öS 10,- refundiert. Dieser Betrag entspricht einer annähernd kostengerechten Vergütung. Die Vergütung des erzeugten Stromes erfolgt für jedes Jahr im nachhinein am Jahresende. Durch Verzicht auf die anteilmäßige Ausbezahlung werden die Erträge aus der Stromproduktion vom Betreiber in einen Fonds einbezahlt, der zur weiteren Förderung, Information und Weiterverbreitung der Photovoltaik beiträgt. Das vorläufige Ziel von 1 Watt Solarstrom pro Einwohner in Perchtoldsdorf wurde bereits 1999 erreicht. Außerdem wurde bei einer Volksbefragung im Juni 97 die mehrheitliche Bereitschaft der Perchtoldsdorfer festgestellt, auch an straßenseitig einsehbaren Dachflächen im Ortszentrum, den Einbau von Sonnenkollektoren zu befürworten. Diese Aktion "Historische Dächer als Solar-Kraftwerke" hat mittlerweile internationale Signalwirkung!

4.3.2 Gemeinde Hartberg

In der Steiermark fördern die Gemeinde und die Stadtwerke Hartberg seit 1999 die Installation von dezentralen PV-Anlagen bis zu 3 kWp mit jeweils 10000 ATS/kWp. Darüber hinaus ist im Rahmen des EU-Projektes „Hip-Hop“ eine zusätzliche Investförderung von 35 % verfügbar. Bisher konnten ca. 40 kW an PV-Leistung installiert werden.

4.3.3 "Sonnenschein"-Kampagne Vorarlberg

Im Jahr 1997 wurde in Vorarlberg das "Sonnenschein"-Programm gestartet. Im Rahmen dieses Programms können Aktien "Sonnenscheine" um 1000 ATS/Stück erworben werden. Bis jetzt wurden im Rahmen dieses Programms ca. 130 kWp an Leistung installiert. Ca. 2300 Aktionäre haben insgesamt einen Betrag von ca. 5 Mio ATS aufgebracht. Ende des Jahres werden die Einnahmen aus dem Stromverbrauch an die Aktionäre ausbezahlt. Durch Verzicht auf diese Auszahlung werden weitere PV-Anlagen, vor allem im Bereich von Schulen und anderen öffentlichen Einrichtungen finanziert. Das Programm läuft nach wie vor und hat vor allem auch wegen diverser begleitender Maßnahmen (Aktionärsversammlungen, Exkursion, Bildungsveranstaltungen) hohe Popularität erreicht.

4.4 Kostendeckende Vergütung (KV)

In Österreich zahlen die niederösterreichischen Gemeinden Purkersdorf, Ternitz, Tullnerbach und Perchtoldsdorf aus Mitteln der Gemeinde dem Anlagenbetreiber die Differenz zwischen Einspeisetarif und 10 ATS/kWh. Weitere Details zur KV siehe Kap. 5.2.

5 ERFOLGREICHE INTERNATIONALE FÖRDERPROGRAMME

International gab es und gibt es in verschiedenen Ländern eine Vielzahl von unterschiedlichen Förderprogrammen. Die wichtigsten sind im folgenden kurz beschrieben.

5.1 Zuschussprogramme

Für die Photovoltaik hat es weltweit bis jetzt drei große nationale Zuschußprogramme gegeben. Diese waren:

- Das deutsche 1000-Dächer-Programm: Dieses Programm – zwischen 1989 und 1994 in Deutschland durchgeführt – führte zu insgesamt 2250 Anlagen mit einer durchschnittlichen Leistung von 2,6 kWp;
- Das Japanische PV-Förderprogramm für Haushalte: Das weltweit bisher größte PV-Förderprogramm wurde 1994 in Japan gestartet. Bis Ende 2000 waren insgesamt ca. 6000 Anlagen mit einer durchschnittliche Größe von ca. 3,5 kWp installiert.
- Das derzeit größte Programm mit dem Ziel, 100000 Dächer mit PV-Anlagen auszustatten wurde Anfang 1999 in Deutschland lanciert.

Neben diesen bereits abgeschlossenen bzw. laufenden Programmen haben auch einige andere Länder ähnliche Initiativen angekündigt: Italien ein 10000-Dächer-Programm, das dieses Jahr gestartet werden soll und die USA "*The President's million roof program*".

5.2 Kostendeckende Vergütung

Seit den frühen 90er-Jahren wird in verschiedenen Gemeinden in der Schweiz, in Deutschland und in Österreich die Idee der "Kostendeckenden Vergütung" praktiziert. Bei dieser auch als Aachener oder Burgdorfer Modell bekannten PV-Förderung werden den Einspeisern von Photovoltaik-Strom die vollen auf die kWh umgerechneten Kosten rückvergütet. Diese Idee hat sich vor allem im Bereich von Kommunen durchgesetzt, wo die Gemeinde politisch einen starken Einfluß auf die lokalen Stadtwerke hat. Bevor in Deutschland das EEG in Kraft trat lagen diese Vergütungen zwischen 7 und 11 öS/kWh. Wie aus Abb. 6 zu sehen ist, konnte in diesen Gemeinden die installierte PV-Leistung beträchtlich gesteigert werden. In Österreich zahlen die niederösterreichischen Gemeinden Purkersdorf, Ternitz, Tullnerbach und Perchtoldsdorf aus Mitteln der Gemeinde dem Anlagenbetreiber die Differenz zwischen Einspeisetarif und 10 ATS/kWh.

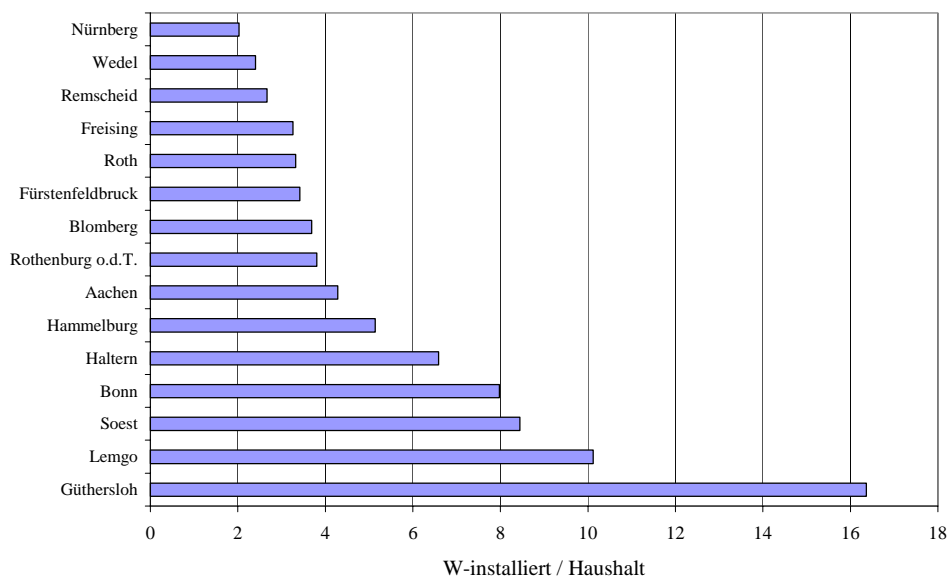


Abb. 6: Installierte PV-Leistung pro Haushalt in Deutschland in Städten mit kostendeckender Vergütung (Stand: Ende 2000)

5.3 Einspeisetarife

Derzeit sind die gesetzlichen Einspeisetarife für Strom aus erneuerbaren Energieträgern in Europa in Italien, Deutschland und Spanien am höchsten, vergleiche Abb. 7. Darüber hinaus hängen in einigen Länder die Einspeisetarife auch von der Erzeugungstechnologie ab.

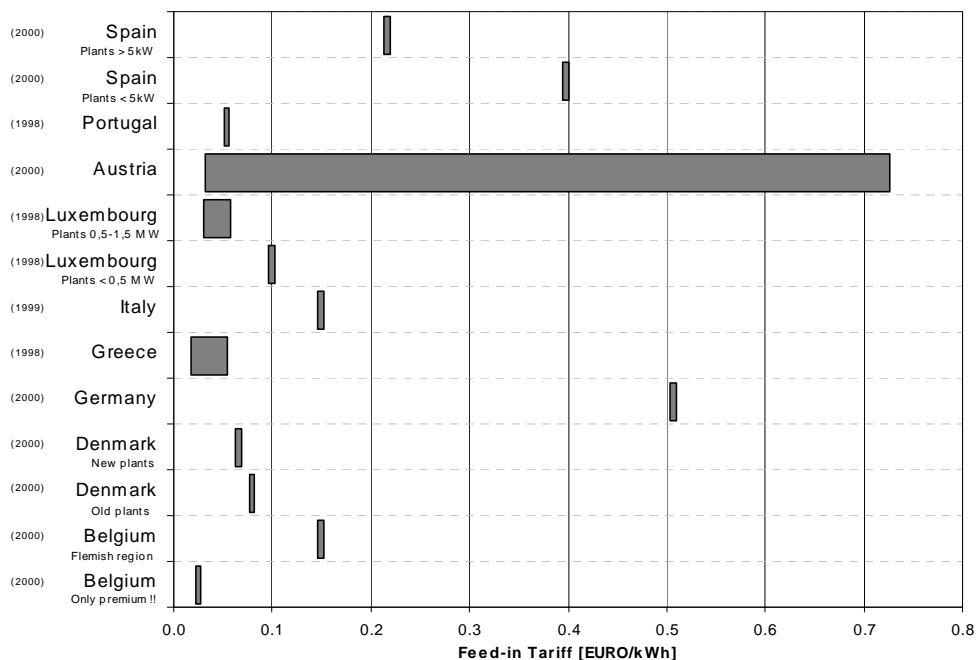


Abb. 7: Einspeisetarife für PV in verschiedenen westeuropäischen Ländern 2000 (Quelle: Haas (2001))

5.4 Rücklaufende Zähler ("Net metering")

Eine Sonderform der Einspeisevergütung, zumeist auf freiwilliger Basis seitens der EVU, stellt die Rückwärtszählung ("*Net metering*") dar. Sie wird seit den frühen 80er Jahren in den USA für PV, Wind und andere erneuerbare Energieträger angewendet. Dabei wird der überschüssige Strom, der nicht selbst verbraucht wird, 1:1 mit dem Strompreis abgerechnet, d.h. der Zähler läuft "rückwärts". Insgesamt ist festzustellen, daß diese Förderstrategie zwar weite Verbreitung aber keinen merkbaren Verbreitungseffekt erzielt hat.

5.5 Grüne Tarife

Bei diesem Programmtyp bietet ein Stromvertriebsunternehmen an, Strom aus erneuerbaren Energieträgern zu produzieren oder zuzukaufen, und zwar in dem Ausmaß in dem dieser von den Konsumenten über verschiedene Arten von "grünen Tarifen" nachgefragt wird.

Die Kunden stimmen freiwillig einem Aufschlag ("*premium*") auf den normalen Tarif zu. Die dabei lukrierten Einnahmen werden zur Finanzierung neuer Anlagen verwendet. Diese Art von Finanzierungsprogramm hat vor allem in der Schweiz, den Niederlanden, in den USA und in Deutschland Bedeutung erlangt. Als wichtigstes Programm in bezug auf die Förderung der PV ist in Europa das Programm der RWE in Deutschland mit über 15.000 Teilnehmern und einer Beteiligungsrate von ca. 0,5% zu sehen. Beim RWE-Programm wird ein fixer Mix aus erneuerbaren Energieträgern angeboten, der Aufpreis für "grünen Strom" beträgt ca. 1,40 öS/kWh. Im Rahmen dieses Programms wurden bis jetzt ca. 1000 kW Photovoltaik installiert. Derzeit werden 2,7 GWh/Jahr aus erneuerbare Energieträgern erzeugt.

Zu den grünen Tarifen ist weiters folgendes festzustellen (Weller 1998, Haas et. al. 2000):

- Die Angebote erreichen bei kleineren EVU wesentlich höhere Beteiligungsrate als bei großen;
- Die spezifischen Beiträge je Teilnehmer werden mit zunehmender Teilnahmerate geringer;
- Erfolgreich sind nur grünen Tarifangebote, die glaubwürdig sind und zur Gesamtstrategie des EVU passen. Nur wenn das gesamte Unternehmen hinter dem Projekt steht, wird eine erfolgreiche Breitenwirkung erzielt;
- Der angebotene Tarif muß einfach und langfristig angelegt sein. Es muß nachvollziehbar sein, wofür die Beiträge der Teilnehmer verwendet werden;
- Heute werden praktisch nur noch grüne Tarifmodelle, die von einem seriösen Label begleitet werden, akzeptiert.

5.6 Solarstrombörse

Die bis jetzt am weitesten fortgeschrittene Idee, private Zahlungsbereitschaft und privaten Investitions- und Innovationsgeist zu kombinieren, ist die Idee der Solarstrombörse. Dabei spielt das EVU nur eine koordinierende Rolle zwischen privaten Anbietern und Nachfragern. Außerdem stellt das EVU das Netz kostenlos zur Verfügung. Am erfolgreichsten wurde dieses Prinzip bis jetzt in Zürich umgesetzt.

Bis Ende Dezember 2000 hatten ca. 5700 Teilnehmer insgesamt ca. 1 GWh pro Jahr abonniert. Der Preis je kWh liegt derzeit bei ca. 1 SFR/kWh. Die jährliche Produktion der 21 Anlagen (ausschließlich private Betreiber) liegt bei ca. 550000 kWh/a. Grundsätzlich war es in den letzten beiden Jahren allerdings so, daß die zusätzliche Nachfrage in Zürich

immer geringer wurde. Mit einer Teilnehmerquote von 4.2% war dieses Konzept bis jetzt weltweit das erfolgreichste, daß einer breiten Öffentlichkeit bekannt ist.

Interessant ist, daß dieses Prinzip bis jetzt praktisch ausschließlich für die Vermarktung der Photovoltaik eingesetzt wurde. Als Begründung kann allerdings leicht festgestellt werden, daß es für EVU mit wesentlich geringerem Risiko verbunden ist, Strom aus Windkraft- oder Biomasseverstromungsanlagen zu erzeugen und über einen grünen Tarif zu vermarkten, als den um etwa den Faktor 5 teureren Photovoltaik-Strom.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN

Gezielte Förderprogramme in unterschiedlicher Ausprägung haben in den letzten Jahren weltweit zu beträchtlichen Zuwächsen an Photovoltaikanlagen geführt.

Die wichtigsten Schlußfolgerungen in bezug auf die Erfolgsbilanz der unterschiedlichen Programme sind:

- Grundsätzlich können alle betrachteten finanziellen Zuschußprogramme als erfolgreich eingestuft werden. In bezug auf die Effizienz der eingesetzten Mittel gibt es allerdings beträchtliche Unterschiede
- Von zentraler Bedeutung für effiziente Strategien zur Markteinführung der PV ist die zeitliche Plan- und Vorausschaubarkeit. „Stop and Go“-Strategien und leere Versprechungen (wie seit 3 Jahren in Italien) sind unbedingt zu vermeiden.
- Darüber hinaus sind finanzielle Zuschüsse dynamisch über die Zeit zu gestalten und müssen tendenziell abnehmen;
- In bezug auf das Erzielen einer Breitenwirkung – Erreichen einer bestimmten installierten Anlagenkapazität in einem definierten Zeitraum – sind Zuschußprogramme grundsätzlich zielführend. Allerdings gewährleisten sie nur unter der Voraussetzung, daß die Zuschüsse in Abhängigkeit von der erzeugten Strommenge vergeben werden, einen langfristig effizienten Betrieb der Anlage.
- Als wichtigste Schlußfolgerung kann festgestellt werden, daß sich zumindest eine Förderkomponente auf die tatsächlich produzierte Strommenge konzentrieren sollte - vor allem, um den nachhaltig effizienten Betrieb der Anlage zu gewährleisten.

LITERATUR

Faninger Gerhard (2001): Marktstatistik Photovoltaik, Bundesverband "Erneuerbare Energie".

Haas Reinhard (ed.) (2000): "Promotion Strategies for Electricity from Renewable Energy Sources", Report within the cluster "Green electricity" im Rahmen von ELGREEN, Forschungsprojekt im Auftrag der EC im 5. Rahmenprogramm (2000/2001).

Haas Reinhard (2001): "Dissemination Strategies for PV in the built environment", Report of Task 7 of the PVPS implementing agreement of the IEA, 2001.

Weller Thyge (1998), "Green Pricing: kundenorientierte Angebote der Elektrizitätswirtschaft", Zeitschrift für Energiewirtschaft (22), S. 58-70.

Wilk Heinrich (1998): "Marktentwicklung und Fördersituation in Österreich, Proceedings 13th PV Symposium "Photovoltaische Solarenergie" Staffelstein

Wilk Heinrich (1997): "Photovoltaik in Österreich", VEÖ Journal 3, 55-59, 1997.

**BEISPIELE FÜR DIE GELUNGENE INTEGRATION
VON PHOTOVOLTAIK IN DIE GEBÄUDEHÜLLE**

DI Dr. Karin Stieldorf

Institut für Hochbau und Entwerfen, TU Wien

Tel.: +43 - 58801 - 27031

Fax: +43 - 58801 - 27093

email: kstield@email.archlab.tuwien.ac.at

BEISPIELE FÜR DIE GELUNGENE INTEGRATION VON PHOTOVOLTAIK IN DIE GEBÄUDEHÜLLE

DI Dr. Karin Stieldorf

Institut für Hochbau und Entwerfen, TU Wien

Tel.: +43 - 58801 - 27031

Fax: +43 - 58801 - 27093

email: kstield@email.archlab.tuwien.ac.at

Architektur und Photovoltaik

In den letzten Jahren haben sich grundsätzlich neue Anforderungen in der Konzeption von Gebäuden entwickelt. Der Ruf nach Nachhaltigkeit auch im Baubereich führte zu deutlichen Veränderungen: Niedrigenergiebauweise ist auf dem besten Weg, Stand der Praxis zu werden, und das Interesse an Sonnenenergienutzung ist allgemein signifikant gestiegen.

Vom Architekten fordert diese Entwicklung zwar die Lösungskompetenz von komplexen Aufgaben, eröffnet ihm aber auch völlig neue Möglichkeiten im Hinblick auf innovative Technologien. Neben dem Einsatz effizienterer Systeme für Beheizung, Belüftung und Beleuchtung können und sollen verstärkt erneuerbare Energieträger genutzt werden. Die Nutzung von Sonnenenergie mittels Photovoltaik ist eine elegante und nachhaltige Technologie, die sich auf vielfältige Art in die Gebäudehülle integrieren läßt. Photovoltaikpaneele können Teil der Außenwand oder des Daches sein, sie können transparent oder opak sein und darüberhinaus auch Aufgaben, wie den Sonnenschutz übernehmen.

Integrale Entwurfskonzepte

Die Integration von Photovoltaikanlagen in Gebäude erfordert einen komplexen Entwurfsprozess. Bereits an Beginn der Planung sollte eine Zusammenarbeit des Architekten mit dem Konsulenten für Photovoltaik einsetzen. Mit der Festlegung von Form, Größe und Orientierung des Gebäudes werden auch die Weichen für den optimalen Einsatz von Photovoltaik gestellt. In der anschließenden Detailplanung muß ebenfalls eine Abstimmung der Baukonstruktion mit dem PV-System erfolgen. Schließlich muss auch für die spätere Nutzung des Gebäudes eine adäquate Überwachung und Wartung vorgesehen werden, die das PV-System miteinschließt.

Grundsätzlich sollte Photovoltaik in einem energetisch sorgfältig geplanten Gebäude eingesetzt werden, sodass ein möglichst großer Anteil eines möglichst kleinen Energiebedarfs gedeckt werden kann. Eine besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang auch dem Einsatz energiesparender Geräte und innovativer Lichttechnik zu. Die Auswahl der einzusetzenden Technik und die Verbindung unterschiedlicher Techniken miteinander wird abhängig von Standort, Nutzung etc jeweils anders sein.

Ziel der energiebewußten Planung ist also die Maximierung des Energieeintrags von passiven und aktiven solaren Systemen bei gleichzeitiger Minimierung des Energiebedarfs des Gebäudes für Heizung, Belüftung, Beleuchtung zu vertretbaren Kosten unter Beachtung der gestalterischen Aspekte.

Werden PV-Module in die Gebäudehülle integriert, müssen diese selbstverständlich alle Anforderungen, die an Wand, Dach etc. gestellt werden, erfüllen. D.h. sie müssen Wetterschutz garantieren, sie müssen wetterfest und langlebig sein, sowie den konstruktiven Anforderungen (z.B. Tragfähigkeit) an eine Außenkonstruktion genügen. Ihr äußeres Erscheinungsbild (Montagesystem, Montageort, Farbe) ist auf die Umgebung abzustimmen, um das „Ensemble“, in das das Gebäude hineingestellt wird, positiv abzurunden.

Planungshinweise

Grundsätzlich kann Photovoltaik sehr flexibel für alle Außenbauteile eingesetzt werden. Es gilt jedoch, jene Standortfaktoren, die den „Output“ des Systems maßgeblich beeinflussen, sorgfältig zu prüfen: Topographie, Klima, Bewölkung, Niederschlagshäufigkeit, Staub- und Windlasten bestimmen wesentlich die Effizienz des Systems. Abzuklären ist ebenfalls, welche, wie große und wie orientierte Flächen für das Belegen mit Photovoltaik zur Verfügung gestellt werden, und ob diese verschattungsfrei sind.

Durch die Abstimmung der Wahl der Art der Module, ihrer Farbe, ihrer Oberflächenstruktur, ihrer Form mit dem Gesamtentwurf des Gebäudes, kann die Gestaltung optimiert werden. PV-Module können andere teure Oberflächenmaterialien wie Naturstein oder Glas ersetzen, und damit wesentlich konkurrenzfähiger mit anderen Systemen werden. Der Effekt für die „Corporate Identity“ von Firmen wie BMW, Mercedes, die Münchner Messe ist ebenfalls positiv zu bewerten. Darüberhinaus kann eine Zusatzfunktion, wie Sonnenschutz oder die Durchblickbarkeit von transparenten Modulen (Verbindung von Innen- und Außenräumen) einen über die Energiegewinnung hinaus gehenden Nutzen ermöglichen, und damit den Einsatz von PV-Modulen attraktiver machen.

Schließlich ist zu klären, welche Einspeisetarife von den Energieversorgungsunternehmen angeboten werden, ob Förderungsmittel von der öffentlichen Hand bereitgestellt werden können und welche Lasten grundsätzlich in dem geplanten Gebäude durch die Anlage abgedeckt werden sollen.

Im Rahmen des Vortrags gezeigte Beispiele für die Integration von Photovoltaikanlagen:

Beispiele aus Österreich:

Haus der Zukunft, Firma Hartlauer, Energiepark West, Sonnenpark Dornbirn, Landeshochbauamt Feldkirch, Vorarlberger Kraftwerke AG, Karrenseilbahn in Dornbirn

Beispiele aus Studentenarbeiten : Entwurfsthema: Evolutionäres Ökohaus, eine der Arbeiten ging sogar als Sieger aus einem nationalen Wettbewerb hervor (at:sd „Haus der Zukunft“)

Beispiele international

50 Beispiele aus den Niederlanden, aus UK, aus der Schweiz, aus Deutschland, aus Japan, aus den USA

Beispiele von Gebäuden, wo PV-Module gut integriert hätten werden können

**FASSADENINTEGRIERTE PV ANLAGEN - DER
ARCHITEKTONISCHE ANSPRUCH**

Arch. Dipl.-Ing. Michael Heim
Architekturbüro MHM
Dr.-Waibel-Straße 6, A- 6850 Dornbirn
Tel.: 0664 / 34 17 916

FASSADENINTEGRIERTE PV ANLAGEN - DER ARCHITEKTONISCHE ANSPRUCH

Arch. Dipl.-Ing. Michael Heim
Architekturbüro MHM
Dr.-Waibel-Straße 6, A- 6850 Dornbirn
Tel.: 0664 / 34 17 916

„Gott sei Dank“ oder „Energiekosten sei Dank“ oder vielleicht sogar „Vernunft sei Dank“ sehen sich Planer und Architekten immer häufiger mit dem Wunsch eines Bauherren konfrontiert, Besitzer einer Solaranlage werden zu wollen. Allzu oft aber wird diese Tatsache noch immer vielmehr als planerische Einschränkung denn als architektonische Herausforderung angesehen.

Über den Sinn und die Bedeutung von Solaranlagen im Allgemeinen und PV Anlagen im Speziellen soll an dieser Stelle nicht mehr eingegangen werden. Vielmehr soll ein weiterer wichtiger Schritt getan werden – ein Schritt, der die Frage aufwirft: Rechtfertigt die Nutzung der Sonnenenergie und die damit verbundene Montage von Kollektorflächen jedes willkürliche Erscheinungsbild eines Gebäudes oder Bauwerkes?



Abbildung 1: Die beste Ausrichtung rechtfertigt jedes Erscheinungsbild (?)

Besonders bei bestehenden Gebäuden stellt das Anbringen oder Integrieren von Solaranlagen eine große Herausforderung an die Planer dar. Oft werden solche Anlagen „nur von reinen E-planern“ konzipiert, geplant und ausgeführt, was nicht selten zur Folge hat, dass ausschließlich der reinen Funktionalität (und somit der Ausrichtung des Kollektors) Rechnung getragen wird und einer optisch ansprechenden Lösung kein, oder zu wenig Augenmerk geschenkt wird. Gerade hier wäre der Rat eines Gesamtplaners häufig von fundamentaler Bedeutung.

Zu glauben, die angesprochene Problematik müsste bei Neubauten eine wesentlich geringere sein, wird durch zahlreiche - jüngst ausgeführte - Beispiele eindrucksvoll widerlegt. An dieser Stelle wird von allen, an der Errichtung einer Solaranlage Beteiligten (ob Solarthermie oder Photovoltaik), ein Umdenkprozess gefordert: Solarpaneele sind nicht farbige Glasplatten, die möglichst viel Sonnenstrahlen abbekommen sollen und nach Möglichkeit unsichtbar zu installieren sind, sondern vielmehr handelt es sich dabei um einen hochwertigen Baustoff für Fassade und

Dach und somit um ein neues Gestaltungselement und wird dadurch zur architektonischen Herausforderung!

Es sind Lösungen gefordert – und auch möglich, die diese Technologie nicht als „notwendiges Muss“ erscheinen lassen, sondern ein Gebäude optisch positiv prägen und von diesem selbstbewusst zur Schau getragen werden.



Abbildung 2: Neubau, Fassadenintegration einer Photovoltaik Anlage

Nur mit dieser (geänderten) Einstellung der Planer zur Solaranlage wird ein Ergebnis möglich, das dem Betrachter des fertigen Produktes das Gefühl der Selbstverständlichkeit vermitteln kann. Diese Einstellung muss ein Projekt begleiten und zwar ab dem ersten Entwurfsgedanken. Der Vorgabe „Solaranlage“ haben sich die anderen Entwurfskomponenten unterzuordnen. Dies ist Grundvoraussetzung für ein architektonisch befriedigendes Ergebnis und rechtfertigt - neben dem energie- und umwelttechnischen – auch den optisch - visuellen Einsatz dieser Technologie.

Eine zusätzliche Dimension erhält dieser Gedanke speziell bei fassadenintegrierten Anlagen – d.h. noch mehr Komponenten sind bereits im Entwurfsstadium zu berücksichtigen. Was auf der einen Seite zusätzliche gestalterische Parameter und somit planerische Herausforderung darstellt, ist auf der anderen Seite ein nicht zu unterschätzender wirtschaftlicher Vorteil.

Mindestens zwei offensichtliche Gründe sprechen aus ökonomischer Sicht für eine „Hüllenlösung“. Zum Ersten entfallen im Bereich der PV-Anlage die Kosten für die Dach- bzw. Wandbeplankung und zum Zweiten kann auf (teilweise sehr kostenintensive) Aufständern und Befestigungsmechanismen verzichtet werden. Für beide Varianten gilt aber gleichermaßen die Tatsache, dass aus ökonomischen Gründen auf den Einsatz von Kollektoren mit Sondermaßen verzichtet und auf Standardmaße der angebotenen Produkte zurückgegriffen werden sollte. Dies setzt wiederum voraus, sich bereits im Vorfeld der Planung mit den Dimensionen der geplanten PV Anlage und den infragekommenden Produkten auseinanderzusetzen.

Solaranlagen haben längst den Wandel vom rein technischen Energieerzeuger zum optisch gestalterischen Element vollzogen. Allen an der Projektierung, Planung und Ausführung beteiligten Personen sollte klar sein, dass jeder Einzelne mit Verantwortung trägt, dieser Technologie die notwendige breite Akzeptanz in der Bevölkerung zu verschaffen.

Sonnenpark in Dornbirn

Der Sonnenpark in Dornbirn ist ein Wohn, Büro und -geschäftshaus in zentraler Lage mit klaren Vorgaben an das Energiekonzept (PV-Anlage, Heizung mittels erneuerbarer Energie, Dämmung), an die Raumstruktur (alle Räume natürlich belichtet und belüftet), an das äußere Erscheinungsbild (positives Echo und Akzeptanz der breiten Bevölkerung) und an die Kostenstruktur (möglichst große Synergieeffekte der PV-Anlage) seitens der Bauherrschaft (siehe Abbildung 3) .



Abbildung 3: Der Sonnenpark in Dornbirn, Planung: Arch. Büro MHM - Dornbirn, DI Arch. Michael Heim, DI Arch. Herbert Müller, Ausgezeichnet mit dem Österreichischen Solarpreis 1999. 18,08 kWp aus 197 PV-Paneeelen

Durch die Vorgaben des Raumprogramms – überwiegend Büro- und Geschäftsflächen – war die Frage nach der Positionierung der PV-Anlage schnell beantwortet. Da diese Räumlichkeiten keinen direkten Lichteinfall von Süden benötigen, wurde eine 135 m² große Solarwand (197 PV-Paneele mit Standardmaß, 18,08 kWp) dem gesamten Gebäudekomplex südseitig vorgestellt. Unterbrochen wird diese hinterlüftete Paneelwand lediglich durch zwei Fensteröffnungen im Bereich des Penthouses.

Dadurch entsteht der positive Nebeneffekt der völligen Südbeschattung: Das Gebäude kommt trotz Büronutzung ohne jegliche klimatische Anlage aus, was sich wiederum positiv auf die Kostenstruktur des Gebäudes auswirkt. Noch gewichtiger

stellt sich die Einsparung bei der Fassade dar. Unter dem Gesichtspunkt, dass ein Büro und -geschäftshaus in zentraler Lage auf jeden Fall eine hochwertige und somit auch hochpreisige Fassade erhält, können hier mehr als ein Drittel der Kosten der PV-Paneele gegengerechnet werden. Der Vorgabe betreffend erneuerbaren Heizmaterialien wurde mittels einer Pelletsheizung Rechnung getragen.



Abbildung 4: Sonnenpark in Dornbirn, Großzügige Öffnungen an der West- und Ostseite des Gebäudes zur Belichtung der Büroräume

Büro und –produktionsgebäude, Energiepark West in Satteins

Resultierend aus einer klaren Vorgabe der Bauherrschaft betreffend Baukosten und deren Einhaltung sowie der Forderung sowohl nach einer PV-Anlage als auch einer thermischen Solaranlage konnte die Lösung nur in einer Gebäudehülle integrierten Solaranlage liegen. Das Ergebnis ist eine 220 m² große Energiefassade die genau nach Süden ausgerichtet ist. Zwei Drittel dieser Fläche entfallen dabei auf die PV-Anlage (Jahresleistung 17,16 kWp – Jahresüberschuss von 3,1 kWh) das restliche

Drittel ist mit einer Thermischen Anlage versehen (10,17 kWh für Warmwasserbereitung und teilsolare Raumheizung).



Abbildung 5: Der Energiepark West in Satteins, Planung: Arch.büro MHM - Dornbirn, DI Arch. Michael Heim, DI Arch. Herbert Müller, Ausgezeichnet mit dem Österreichischen Solarpreis und dem Eurosolarpreis 2000. Energiefassade mit 220 m² Solarpaneele – 17,16 kWp bzw. 10,17 kWh

Für den Fall, dass bei längeren Schlechtwetter- oder Kälteperioden der thermische Ertrag der Solarfassade nicht ausreicht, sind zwei biodieselbetriebene Blockheizkraftwerke (je 10,2 kW) installiert und somit die Forderung der Bauherrschaft – 100% der benötigten Energie aus CO₂ neutralen Energiequellen zu beziehen – vollends erfüllt.

WELTWEIT EINMALIG UND EINZIGARTIG - GLEISDORFS "STRASSE DER SOLARENERGIE"

Ing. Walter Schiefer
FWG Feistritzwerke Steweag
Gartengasse 36, A-8200 Gleisdorf
Tel. +43 (0) 3112 / 26 53 Fax: DW 40
w.schiefer@feistritzwerke.at

Weltweit einmalig ist Gleisdorfs „Straße der Solarenergie“. Auf einer Rundstrecke von zirka 3,5 Kilometer durch das Stadtgebiet können 80 Solarobjekte besichtigt werden. Die Idee und das Konzept stammen von Walter Schiefer. Diese Straße wurde im Auftrag der Stadtgemeinde Gleisdorf, mit Unterstützung des Landes Steiermark errichtet und es wird die Sonnenenergienutzung nicht nur rein technisch, sondern in einer sehr anschaulichen Form gezeigt. Die Solarenergie wird in den Bereichen Werbung, Verkehr, Licht, Kommunikation genutzt und zum ersten Male wird die Photovoltaik in einem größeren Umfange im Werbebereich eingesetzt. Alle Solarobjekte werden ausschließlich mit Sonnenstrom betrieben. Auf den einzelnen Plätzen stehen verschiedene Solarleuchten, Solarstelen aus Glas für die Objektbeschreibung und Solarwegweiser.



Solarliffasssäule



Solarwegweiser



Solarstele (Hinteransicht)



Solarstele (Vorderansicht)

Der Verlauf der Straße

Die „Straße der Solarenergie“ beginnt am Bahnhof von Gleisdorf, führt über die Gartengasse und die Flurgasse zum Klostergebäude. Vorbei am Rathaus und Heimatmuseum geht der 3,5 Kilometer lange Rundweg über die Sonnenhauptschule bis zur Niedrigenergiehaussiedlung „Sundays“. Der Weg führt zurück ins Zentrum zum Solarbaum und Solarbrunnen. Die Straße der Solarenergie mündet letztendlich in der Gartengasse beim Alternativenergiepark der Feistritzwerke Steweg.

Bahnhofsplatz

„Solar und Verkehr“ ist das Motto dieses Platzes. Hier wird der Zusammenhang zwischen Sonnenenergie, Information, Kunst und Verkehr an einem Infostand mit einem Solardach, Radservice, Infoterminal, Solartankstelle für Elektrofahrzeuge und mit dem Kunstwerk „SolarRad“ gezeigt.



Infostand mit Solardach, Solarleuchten, Solartankstelle beim Bahnhofsplatz

Bereich Musikschule – Stadtpark

In diesem Bereich ist der Zusammenhang zwischen solarer Energie und Kunst dargestellt. Ein kunstvoll gestaltetes Solarklavier mit Photovoltaikanlage ist am Musikschulgebäude montiert. An dem dort stehenden Infoterminal kann man die Musik hören, die das Klavier spielt. Es steht auch ein Heliostat dort, das ist ein großer Spiegel, der das Sonnenlicht immer auf die Photovoltaikanlage lenkt. Übertagt wird der Platz von einer solaren Straßenleuchte, bei der die Photovoltaikmodule die Form einer Sonnenblume bilden.



Solarleuchte „Sonnenblume“ (Hintergrund) und Solarheliostat (Mitte) bei der Musikschule



„Solarklavier“ am Gebäude der Musikschule

Die Stadthalle

„Solarenergie und Architektur“ kann man hier bewundern. Nicht allein die kontrastreiche Architektur (Stahl-Glaskonstruktion als Zubau am alten Denkmal geschützten Klostergebäude) ist hier beeindruckend, sondern auch die Energieversorgung des Gebäudes. Hightec Energieanlagen mit Luft- und Erdkollektoren sind zuständig für die Heizung, Kühlung und Lüftung des Stadtsaales. Photovoltaikanlagen am Dach und als Beschattungselemente versorgen das Gebäude mit Sonnenstrom.

Photovoltaische Sonnenuhr

Das Highlight dieses Platzes und der Straße der Solarenergie ist die Photovoltaik-Sonnenuhr. Sie wird mit Sonnenstrom betrieben und zeigt zwischen 6 und 18.00 Uhr die Zeit an. An vier Bildschirmen in der Anzeigetafel kann man in der Nacht die Zeit ablesen. Auf diesen Monitoren werden während des Tages immer wieder Impressionen mit Musikuntermalung gezeigt. Besucher erhalten hier auch Veranstaltungshinweise.



Photovoltaische Sonnenuhr

Alternativ-Energiepark Feistritzwerke Steweg

Auf dem Betriebsgelände und den Betriebsgebäuden des Unternehmens sind Sonnenkraftwerke in Betrieb, die jährlich zirka 17.500 Kilowattstunden Sonnenstrom erzeugen. Das Bürogebäude ist zu 100 % mit Sonnenstrom versorgt. In einem Schauraum können die Besucher in die Sonnenkraftwerke „hineinschauen“ und die Geheimnisse der Sonnenenergienutzung kennenlernen.



Fassaden Sonnenkraftwerk am Betriebsgebäude der Feistritzwerke Steveag

Solarcafe

Solarcafe, Solarpizza, solargekühlte Getränke bekommt man im ersten österreichischen Solarcafe in Wünschendorf / Gleisdorf. Der Strom dafür kommt von einer Photovoltaikanlage, die auf der Südfassade des Cafehauses montiert ist. Einem breiten Publikum wird somit „kulinarisch“ die umweltfreundliche Stromerzeugung mit der Sonne nähergebracht.



Photovoltaikanlage an der Südfassade des 1. österreichischen Solarcafes in Wünschendorf/Gleisdorf

SOLARSTROM IM NETZVERBUND SEIT 1992

Ing. Werner Weiß
AEE INTEC
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf
Tel. +43 (0) 3112 / 58 86, Fax: DW -18
w.weiss@aee.at www.aee.at

Die Errichtung der Photovoltaikanlage Weiß wurde im Rahmen des 200 kW-Breitentests wesentlich unterstützt und war österreichisches Demonstrationsgebäude im Rahmen des "Solar Heating and Cooling Program, Task 16, Photovoltaics in Buildings" der Internationalen Energieagentur (IEA).

Da eine Photovoltaikanlage nur im Rahmen eines Gesamtkonzeptes gesehen werden sollte, werden auch die anderen Maßnahmen und Technologien kurz beschrieben, die zu einer umweltfreundlichen Gesamtenergienutzung im Niedrigenergiehaus führen.

Das Einfamilienhaus mit 150 m² Wohnnutzfläche wird von einer vierköpfigen Familie bewohnt. Der Strom- und Warmwasserbedarf werden derzeit zu rund 80% über Solarenergie gedeckt. Durch entsprechende Situierung des Gebäudes, die Passivnutzung der Sonnenenergie für die Raumheizung, sowie durch einen hohen Wärmedämmstandard der Gebäudehülle ist es möglich, den kleinen, notwendigen Restenergiebedarf für die Raumwärme mit jährlich fünf Raummetern Hartholz über einen zentralen Kachelofen bereitzustellen.

Raumwärme



Zur Minimierung der Wärmeverluste wurden Dach, Außenwände und Erdgeschoßfußboden hoch-wärmegeklämt. Das wurde erreicht durch Dämmstoffstärken von 14 bis 25 cm, sodass sich U-Werte von 0,25 W/m²K für die Außenwände und 0,18 W/m²K für Dachschrägen und

oberste Geschoßdecke ergaben. Um entsprechende speicherwirksame Massen zu haben, die auch für ein angenehmes Raumklima wichtig sind, wurden die Zwischenwände als Massivmauerwerk ausgeführt.

Dieser Wärmedämmstandard ergibt eine rechnerische Energiekennzahl für Raumwärme von 52 kWh/m² und eine in den vergangenen Wintern tatsächlich erreichte von 32 kWh/m² Wohnfläche.

Warmwasserbereitung

Die Warmwasserbereitung erfolgt über 8m² Sonnenkollektoren. In den vergangenen Jahren hat sich gezeigt, dass bei entsprechend bewußtem Umgang mit Warmwasser Jahresdeckungsgrade von nahezu 80% erreichbar sind. Die im Winterhalbjahr benötigte Zusatzenergie wird über einen zeitgeschalteten, elektrischen Heizeinsatz bereitgestellt.

Im Sommerhalbjahr sind an den 300 Liter-Solarboiler auch Waschmaschine und Geschirrspüler angeschlossen, was vor allem zu Stromeinsparungen für das sonst notwendige Aufheizen des Wassers bringt.

Strombedarf

Bei der Neuanschaffung der elektrischen Haushaltsgeräte wurde besondere Aufmerksamkeit auf energiesparende Geräte gelegt. Weiters wurden im Laufe der letzten zwei Jahre nahezu alle Glühbirnen im Haus durch Energiesparlampen ersetzt. Durch diese Maßnahmen wurde der jährliche Strombedarf auf rund 2100 kWh reduziert.

Erst diese Voraussetzungen ließen es sinnvoll erscheinen, Überlegungen zur photovoltaischen Stromversorgung des Hauses anzustellen, da alle Maßnahmen im Bereich der effizienten Nutzung der elektrischen Energie wesentlich kostengünstiger sind, als Geräte mit hohem Energieverbrauch mit Solarstrom versorgen zu wollen.

Solare Stromversorgung

Da die Voraussetzungen, das Haus mit Solarstrom zu versorgen geschaffen waren, wurde im Herbst 1992 eine 2 kW netzgekoppelte Photovoltaikanlage realisiert.

Die Auslegung der Anlage erfolgte so, dass unter Berücksichtigung der noch vorhandenen Einsparpotentiale bei den Elektrogeräten und der damit verbundenen Reduktion des derzeitigen Strombedarfs, der über das gesamte Jahr im Haushalt benötigte Strom bilanzmäßig solar bereitgestellt werden kann. In den ersten Betriebsjahren wurden rund 80% des benötigten Stroms bilanzmäßig solar gedeckt. Da Produktion und Verbrauch nicht immer zeitlich übereinstimmen, werden tägliche und jahreszeitlich bedingte Schwankungen vom Netz ausgeglichen. Das öffentliche Stromnetz wirkt wie ein Energiespeicher und kann den überschüssigen Strom aufnehmen und liefert ihn, wenn im Haus elektrische Energie gebraucht, aber von der Anlage keiner erzeugt wird.

Dachintegration des Solargenerators

Da eine Freiaufstellung oder eine Aufdachmontage aus optischen Gründen nicht in Frage kamen, wurde das von der AEE INTEC entwickelte Dachintegrationssystem eingesetzt, das einerseits eine rasche und witterungsdichte Einbindung in Dächer auf üblichen Unterkonstruktionen ermöglicht und andererseits aber auch eine ausreichende Hinterlüftung der Module gewährleistet.

Die Hinterlüftung von insgesamt 80 mm wird durch die "Konterlattung" mit den Abmessungen 50 x 40 mm und die Dachlattung mit den Abmessungen von 30 x 50 mm ermöglicht. Damit die Luft im erforderlichen Maße zirkulieren kann, wurden im Giebelbereich Lüftungsschlitze eingesetzt.

Zur Montage der Module werden Unterprofile mit sekundärer Entwässerung im entsprechenden Abstand auf die Dachlattung geschraubt. Die Auflagefläche für die Module bildet eine EPDM-Dichtung. Den unteren, traufseitigen Abschluß bildet ein Abrutschwinkel, der zum Schutz der Modulkanten ebenfalls mit einer EPDM-Auflage versehen ist. Bei der Auswahl des Abdeckprofils wurde besonders auf eine flache Ausführung in Trapezform geachtet, welches eine abschattungsfreie Integration der Module auch bei flachem seitlichem Einstrahlungswinkel der Sonne gewährleistet.

Die Klemmschrauben sind in Edelstahl ausgeführt. Die Dichtung zwischen Schraube und Abdeckprofil erfolgt über eine Neoprenscheibe.

Die horizontale Abdichtung der einzelnen Module wird durch ein "H-Profil" realisiert.

Der äußere Randverbund und Übergang zum Ziegeldach wurde durch eine Verblechung, wie sie auch bei Dachfenstern üblich ist ausgeführt.

Bei allfälligen Wartungsarbeiten sind die Module von außen her leicht und unproblematisch wieder demontierbar. Geeignet ist das System für alle rahmenlosen PV-Module.

Der Solargenerator

Bei der hier beschriebenen Anlage kamen monokristalline Siemens Solarmodule aus rahmenlosem Laminat der Type M 50 L zur Anwendung. Die hier in 8 parallelen Strängen verschalteten Solarmodule ergeben eine aktive Fläche von 18 m².

Kenndaten der Module

Kurzschlußstrom	3,1 Ampere
maximale Leistung	50 Watt
Leerlaufspannung	21,5 Volt.
Gewicht (M 50 L)	5,1 kg.

Der Wechselrichter

Die Verbindung zwischen dem Gleichspannungs-Solargenerator und der Wechselspannungs-Hausanlage sowie dem öffentlichen Stromnetz stellt der netzgeführte 2,5 kW Wechselrichter her. Die Einspeisung ins Netz erfolgt dreiphasig. Darin enthalten sind die Komponenten zur Umformung der Solargenerator-Gleichspannung in Drehstrom. Die galvanische Netztrennung erfolgt mit einem Transformator.

Der Wechselrichter übernimmt die vollautomatische Betriebsführung und seine MPP-Regelung sorgt dafür, dass der Solargenerator stets im Punkt optimaler Abgabeleistung betrieben wird, indem sie die Wirkleistungseinspeisung in das Netz maximiert. Darüber hinaus steuert die MPP-Regelung, welche mittels eines elektronischen Bordnetzes direkt aus dem Solargenerator versorgt wird, die Einschaltswelle des Netzrelais, sodass die Leerlaufverluste des PV-Verteilers minimiert gehalten werden.

Ergebnisse

Der Betrieb verlief bisher im wesentlichen ohne Störungen oder Betriebsausfälle. Bei der vorliegenden Südwest-Ausrichtung der Module steht die Sonne ca. zwei Stunden nach dem höchsten Sonnenstand in der Azimuthebene. Das Maximum der Leistung wird etwa in der Mitte zwischen diesen Sonnenpositionen erreicht. Die maximalen Tageserträge lagen in den Sommermonaten bei knapp über 10 kWh Wechselstrom. Der höchste Winterertrag wurde am 23. Februar mit 7,2 kWh erreicht. Die erzielten Erträge haben eine recht hohe Übereinstimmung mit den bei der Auslegung und Planung der Anlage errechneten Werten. Die Simulationen wurden mit dem Programm "SOLAR" der OKA durchgeführt.

Tabelle1: Betriebsergebnisse 1992 bis 2000

	1992 ¹	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Durchschnitt
Gesamt [kWh]	47,6	1620,8	1612,5	1604,2	1194,5	1589,8	1521,9	1.384,30	1.495,70	1502,96

Die Anlage ging im November 1992 in Betrieb

DAS GEMINI HAUS IN WEIZ

Ing. Alexander Schloffer
FWG Feistritzwerke Steweag
Gartengasse 36, A-8200 Gleisdorf
Tel. +43 (0) 3112 / 26 53 Fax: DW 40
a.schloffer@feistritzwerke.at

Die Nutzung der Sonnenenergie über Photovoltaik elektrische Energie zu erzeugen wird durch die Entwicklung immer interessanter:

- steigende Verbesserungen im Wirkungsgrad und
- fallende Anschaffungskosten

fordern immer mehr zum Einsatz dieser Energiegewinnung auf. Mit der einsetzenden industriellen Herstellung wird der vorgenannte Trend sicher noch wesentlich verstärkt. Auch die Technologie geht immer neue Wege; so wird z. B versucht über die Bündelung der Sonnenenergie den Ertrag der photovoltaischen Leistung zu steigern. Zur Zeit beträgt die energetische Amortisation ca 6 Jahre.

Der betriebswirtschaftliche Einsatz für Stromlieferungen ins Netz ist durch zu hohe Anschaffungskosten und zu geringe Einspeisetarife noch nicht möglich. Ist jedoch eine umfassende Anlage installiert, welche den Eigenbedarf an elektr. Energie decken soll, so ist die Netzeinspeisung mangels geeigneter Speichermöglichkeit von elektr. Energie zur Zeit noch der einfachere Lösungsweg.

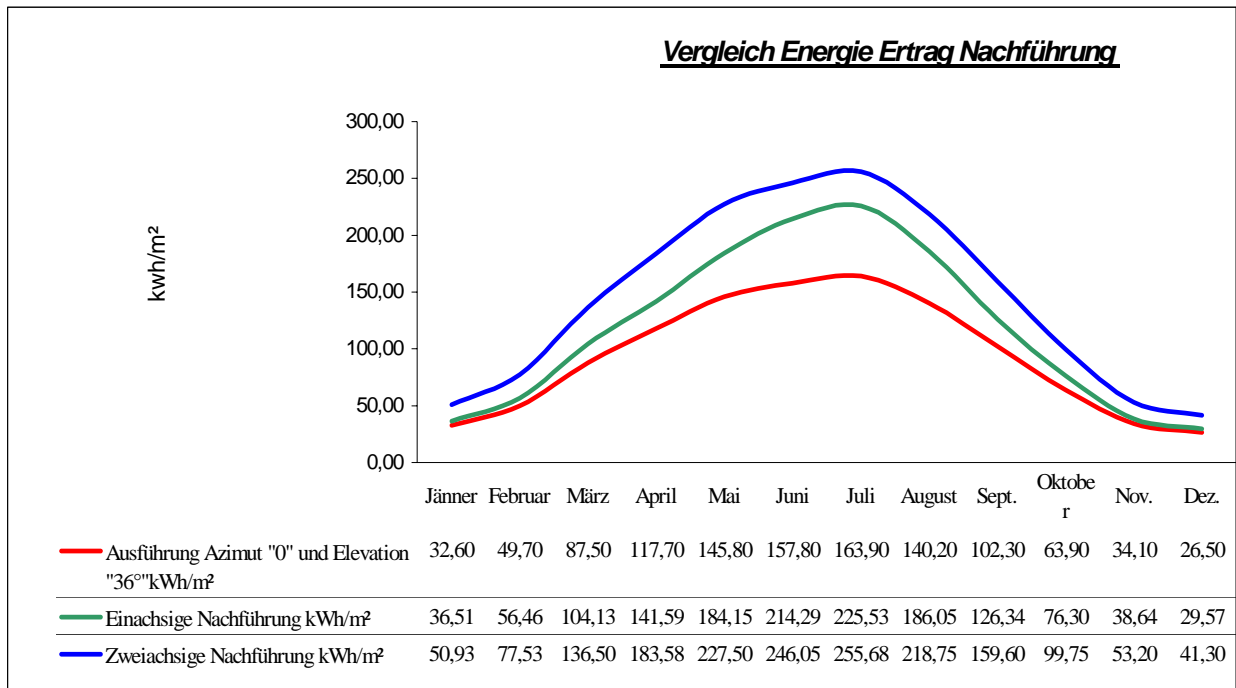
Das Energiemanagement trägt dazu bei, daß der Bedarf an elektrischer Energie weitgehend aus eigener Erzeugung gedeckt wird.



Die Planungsaufgabe für die Photovoltaikanlage umfaßt auch:

- Einsatz nach dem neuesten Stand der Technik und Datenerfassung der jeweilig eingesetzten Technik
- Konstruktive Nachführung entsprechend dem Sonnenlauf.

Die Nachführung nimmt mit der Steigerung des Wirkungsgrades an Bedeutung zu.



Vergleich Energie Ertrag Nachführung

PV - Anlage auf dem Dach

Eine konventionelle PV Anlage auf zwei Drehkonstruktionsflügeln montiert. Der hintere Drehflügel trägt einen Generator mit einer installierten Leistung von 2100 Wp und einer Fläche von 21,72 m².

Am vorderen Drehflügel wird ein Generator mit einer Leistung von 600 Wp mit einer Fläche von 11,58 m² montiert in diesem Flügel sind Röhrenkollektoren mit einer Fläche von ca. 10m² integriert. Die Anlage wird zweiachsig nachgeführt. Das nachstehende Diagramm zeigt die Erhöhung der Solarstromernte durch die Nachführung. Der Vergleich zeigt, daß die einachsige (horizontale) Nachführung bei höherer Sonneneinstrahlung im Sommer überproportionale Ertragserhöhungen bringt, während die zweiachsige (horizontal u. vertikal) zusätzlich über den Jahreszeitraum nahezu gleichbleibende Verbesserung bringt. Die durchschnittliche Ertragsverbesserung wird per Simualtionsrechnung mit 26,4 % angegeben.

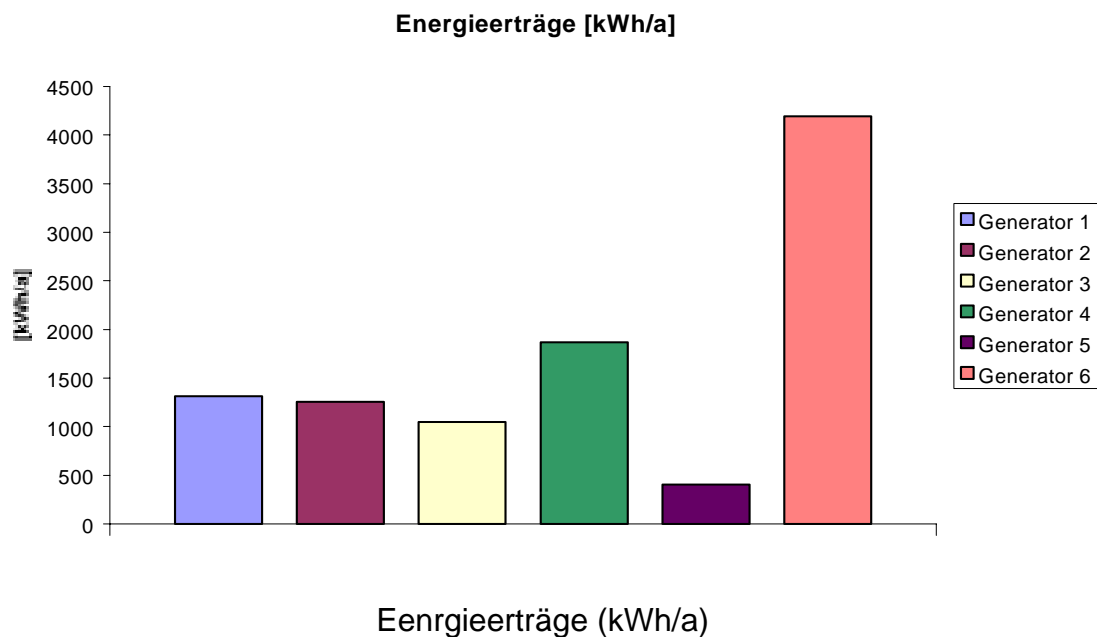
PV - Anlage an der Fassade

Die PV Anlage an der Fassade wird einachsige nachgeführt und wird mit den Glaselementen gleichzeitig als Sonnenschutz verwendet. Es sind fünf Teilbereiche gebildet (5 Generatoren) Die Bereiche 1, 4 und 5 sind mit Photovoltaikzellen auf Glasträgern bestückt .

Bereich 2 besteht aus Glasträgern mit vorgelagerten holografischen Verstärkern. Hier wird die Photovoltaikzelle durch die holografische Konzentration mit höherer Energiedichte bestrahlt.

Bereich 3 ist ebenfalls aus Glasträgern, jedoch in T – förmiger Anordnung.

Die Photovoltaikzelle ist rechtwinkelig zur Strahlungsrichtung angeordnet; die vorgelagerte Scheibenkonstruktion lenkt die Strahlungsenergie über Holografie auf die Zelle.



PV-Stromerträge und CO₂ Einsparung

Die prognostizierten Erträge auf Basis der installierten Leistungen:

Generator	Installierte Leistung	Prognostizierte Erträge [kWh]	Nachführung
Generator 1	1152 Wp	1377 kWh/a	Nachführung einachsigt
Generator 2	376 Wp	676 kWh/a	Nachführung einachsigt
Generator 3	320 Wp	254 kWh/a	Nachführung einachsigt
Generator 4	1422 Wp	1865 kWh/a	Nachführung einachsigt
Generator 5	746 Wp	333 kWh/a	Nachführung einachsigt
Generator 6	2700 Wp	4192 kWh/a	Nachführung zweiachsigt
Gesamt	6716 Wp	8697 kWh/a	

Da der Jahresbedarf an elektr. Leistung mit ca 6000 kWh geplant ist, kann von einem PLUS – Energiehaus gesprochen werden

CO₂-Einsparung

Bei einem Prognostizierten solaren Ertrag von 8697 kWh/a werden z.B bei Einsatz eines Gaskraftwerkes folgende Schadstoffmengen pro Jahr eingespart.

Schadstoffe	Einsparung / Jahr
NOX	1,2 kg/a
SO ₂	0,0 kg/a
CO	1,5 kg/a
Staub	0,0 kg/a
CxHy	0,2 kg/a
CO ₂	1546,2 kg/a

PV-SONNENSEGEL WEIZ - SONNENSTROM FÜR STEIRISCHE LANDESAUSSTELLUNG

Ing. Ewald Selvicka
AEE INTEC
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf
Tel. +43 (0) 3112 / 58 86, Fax: DW -18
e.selvicka@aee.at www.aee.at

Das Architektenteam DI. Irmgard und DI. Peter Mutewsky hat für die Photovoltaikanlage am Landesausstellungsgebäude, das in Zukunft die Musikschule beherbergen wird, eine Stahlkonstruktion über den Eingangsbereich in der Form eines auf dem Kopf gestellten Dreieckes entworfen.

Die Montage der Solarmodule wurde auf der mit 35° zur Horizontalen geneigten Stahlkonstruktion derart ausgeführt, dass diese zugleich eine wasserabführende Ebene bilden. Die Unterkonstruktion besteht aus einer Formrohrkonstruktion, die auf I-Trägern aufliegt. Die Längsseite der Dreieckskonstruktion weist eine Länge von ca. 17 Meter bei einer Höhe von 9,1 Meter über Grund auf. Die Verschaltung der Solarmodule erfolgt zum Großteil innerhalb der Formrohrkonstruktion.

Der Generator besteht aus 68 Doppelglasmodulen mit multikristallinen Solarzellen zu je 90 W_p. Die transparente Ausführung der Modulrückseite ermöglicht einerseits das Erkennen der einzelnen Solarzellen und bewirkt bei Sonnenschein äußerst schöne Lichteffekte. Gleichzeitig sind für jede Modulreihe, zur Ausgestaltung der Dreiecksform, entsprechende Verglasungen mit Zellennachbildungen eingesetzt.

Die 3 Wechselrichter sind in einem Verteilerkasten direkt unter dem Sonnensegel untergebracht. Von dort erfolgt die ca. 60 Meter lange Verkabelung zum Zählerkasten, wo die Anlage über einen Einspeisezähler an das öffentliche Netz angeschlossen ist.



Um die Funktion der Photovoltaikanlage transparenter machen zu können wurde im Eingangsbereich der Musikschule sowohl eine Ertragsanzeige installiert, als auch ein in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung sich unterschiedlich schnell drehender Motor mit Laufrad aufgebaut.

Die Investitionen für das Sonnensegel inkl. der aufwendigen Verglasungen für die Dreiecksform sowie die Ertragsanzeige beliefen sich auf insgesamt ATS 710.000,- (EUR 51.600,-). Förderzusagen konnten bis zum jetzigen Zeitpunkt keine erreicht werden, da die steirische Landesregierung im Umweltfond für Photovoltaikanlagen keine Mittel vorgesehen hat.

Die Stadtgemeinde Weiz kann bei der Photovoltaikanlage Sonnensegel Weiz einen jährlichen Ertrag von ca. 4.900 kWh erwarten. Bei der derzeitigen steirischen Einspeiseregulierung von ATS 5,00 pro kWh (EUR 0,363) excl. Ust ist das ein Betrag von ATS 24.500,- (EUR 1.780,-) im Jahr.

Tabelle 1: Photovoltaikanlage Sonnensegel Weiz, Projektpartner und beteiligte Unternehmen

Entwurf:	Arch. DI. Irmgard und DI. Peter Mutewsky, Weiz
Stahlbau:	Firma Pachler, St. Margarethen/Raab
PV-Ausschreibung und Bauaufsicht:	AEE-Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE GmbH
Ausführende Firma:	Feistritzwerke der Stadt Gleisdorf GmbH
Module;	ASE -100-DG-UR - 90 W, D;
Importeur:	Fa. Alpensolar Granditsch, Steyr
Wechselrichter:	SUNRISE, Fa. Fronius GmbH, Wels-Thalheim

Impressum:
Eigentümer, Herausgeber und Verleger:

AEE INTEC

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Postfach 142

Tel.: +43(0)3112 / 58 86, Fax: +43(0)3112 / 58 86-18

e-mail: r.stranzl@aee.at