

Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich

H. Fechner et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

28/2007

Diese Roadmap wurde in einem gemeinschaftlichen Diskussionsprozess mit den wesentlichen Stakeholdern der österreichischen Photovoltaik- bzw. Energietechnik Branche erarbeitet.

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich

Autoren

DI Hubert Fechner, MAS, MSc.

DI Andreas Lugmaier

arsenal research

Geschäftsfeld Erneuerbare Energietechnologien

unter Mitarbeit von

Dipl.-Ing. Demet Suna, Dipl.-Ing. Dr. Gustav Resch,

Prof. Dr. Reinhard Haas, Dipl.-Ing. Assun López-Polo,

Energy Economics Group (EEG)

Technische Universität Wien

Wien, August 2007

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

VORWORT



Der Energieverbrauch unserer Gesellschaft und die Auswirkungen auf das Weltklima sind ein zentrales Thema im öffentlichen Diskurs. Die zunehmende Abhängigkeit der Weltwirtschaft von fossilen Ressourcen führt bereits heute zu Verknappungen und Preissteigerungen und stellt den Wirtschaftsstandort Österreich vor neue Herausforderungen. Konsequente Forschung und Entwicklung auf Basis richtungweisender und auf breiter Basis abgestimmter Strategien sind dabei ein wesentlicher Schlüssel zum Erfolg.

Im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien konnte sich Österreich eine europaweite Technologieführerschaft erarbeiten und insbesondere Umsatzsteigerungen von bis zu 50 % und Exportsteigerungen um bis zu 100% verzeichnen. Im Bereich der Solaranlagenherstellung und -installation hat die österreichische Wirtschaft, die im Bereich der erneuerbaren Energien durch einen hohen Prozentsatz an kleinen und mittleren Betrieben gekennzeichnet ist, beispielsweise seit 2005 die Anzahl der Arbeitsplätze um mehr als 40% gesteigert.

Diese hervorragenden Zahlen sind ein Ergebnis langjähriger konsequenter Technologieentwicklungen, wie sie durch das Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften so überzeugend vorangetrieben wurden. Sie sind mir zugleich ein Ansporn, mich für eine deutliche Erhöhung der Forschungsbudgets und eine Verstärkung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten einzusetzen, um die österreichische Position halten und weiter ausbauen zu können.

Im Bereich der Photovoltaik ist gerade in den letzten Jahren eine internationale Dynamik entstanden, die auch eine Chance und Herausforderung für die hoch innovativen und am Weltmarkt agierenden österreichischen Unternehmen in dieser Branche darstellt. Um diese Chance nutzen zu können ist es wichtig eine gemeinsame Landkarte zu haben, die es ermöglicht Entscheidungen auf den unterschiedlichen Ebenen in Wirtschaft und Politik zu akkordieren und auch zum richtigen Zeitpunkt entsprechende Rahmenbedingungen zu schaffen. Mit der Technologie-Roadmap Photovoltaik soll – orientiert an entsprechenden internationalen Beispielen- eine solche Landkarte für Österreich zur Diskussion gestellt werden.

Christa Kranzl
Staatssekretärin für Innovation und Technologie
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Präambel der Autoren

Bei der Frage der Energieversorgung der Zukunft wird der Halbleitertechnologie Photovoltaik (PV) eine immer größere Rolle zugeordnet: Seit vielen Jahren bereits zuverlässig eingesetzt, steht diese Stromerzeugungsart aufgrund der zu erwartenden weiteren Kostenreduktionen und dem weiteren Anstieg der Energiepreise nun international vor dem Weg zur signifikant beitragenden Stromerzeugungsart.

Die Photovoltaik, Stromerzeugung direkt durch die Sonne, wird in Österreich seit etwa 25 Jahren vereinzelt eingesetzt. Zuerst vorwiegend in Demonstrationsprojekten der Energieversorgungsunternehmen, später auch vermehrt im Wohnbau und für Spezialanwendungen ohne einfachen elektrischen Netzzugang - z.B. auf Häusern im Gebirge oder als Stromversorgung im Verkehrsbereich. Gesamt sind in Österreich Ende 2006 25.5 MW installiert, die zusammen etwa 20 GWh pro Jahr oder 0,3 Promille des österreichischen Gesamtstrombedarfs erzeugen. Vergleichsweise ist in Deutschland pro Kopf etwa 100 mal soviel PV installiert. In Bayern kann bereits mehr als 1% des Stromverbrauchs aus Photovoltaikanlagen gedeckt werden.

Die weltweiten jährlichen Wachstumsraten dieser Technologie liegen seit über 10 Jahren zwischen 30 und 40%, womit die Photovoltaik zu den stärksten Wachstumsmärkten im gesamten Technologiebereich zählt.

Bis jetzt haben vor allem Japan, die USA und Deutschland sowohl in der nationalen Technologiestrategie als auch hinsichtlich Markteinführung Aktivitäten gesetzt, die sie zu den am Weltmarkt führenden PV-Nationen gemacht haben. Viele anderen Länder sind gerade dabei entsprechende Weichen zu stellen. Österreich, das diesbezüglich bisher noch nicht entsprechend reagiert hat, hätte aufgrund einzelner bereits am Weltmarkt hervorragend positionierter Wirtschaftsbetriebe und seiner international anerkannten Forschung gute Chancen, sich in dieser Technologiesparte als einer der „Global Player“ zu etablieren und sich als Hochtechnologieexportland zu profilieren.

Diese Roadmap dient zur Abschätzung der möglichen technologisch/wirtschaftlichen Positionierung und der realistisch umsetzbaren Potentiale und diskutiert die dafür notwendigen technologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Es werden Technologiebereiche definiert, worin Österreich weltweit Spitzenpositionen erschließen oder ausbauen kann. Die Notwendigkeiten um diese Stromerzeugungsart zu einem signifikanten energiewirtschaftlichen Faktor zu machen werden in dieser „Photovoltaik-Roadmap für Österreich“ beschrieben.

Die Zielgruppe für diese Roadmap sind in erster Linie Stakeholder im Bereich der nationalen Energietechnologiepolitik und Energiewirtschaftspolitik, aber auch Wirtschaftsunternehmen und Forschungseinrichtungen, sowie Architekten, Bauträger, Energieplaner und innovative Elektroinstallationsunternehmen, die an einem wachsenden PV Markt Interesse zeigen. Die Photovoltaik soll damit nun auch in allen nationalen Energieplänen, -szenarien und -prognosen ihren Platz finden.

Finales Ziel der Roadmap ist es, für eine Anpassung der heimischen Strategien bei Technologie- und Energiewirtschaftspolitik Impulse zu geben, um eine masterplanartige Unterstützung der Photovoltaik in Österreich zu realisieren.

Grundsätzliches Ziel ist es, darzustellen, dass die Photovoltaik mittelfristig jedenfalls zu einem signifikanten österreichischen Stromproduzenten entwickelt werden kann; die klare politische Entscheidung für diese Technologie verbunden mit einem langfristigen und kontinuierlichen Rahmenprogramm ist dazu unabdingbar. Im Speziellen soll das Ziel durch das Erschließen oder Ausbauen von am Weltmarkt führenden Technologiebereichen und -nischen erreicht werden, um rasche Erfolge durch Technologievorreiterschaft und tausende neue heimische Arbeitsplätze zu erreichen.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	ZUSAMMENFASSUNG	1
2.	EINLEITUNG	2
3.	ALLGEMEINE ASPEKTE	3
3.1	Photovoltaik – Hintergrundaspekte, Vor und Nachteile	3
3.2	Aktueller weltweiter PV- Markt	5
4.	TECHNOLOGIE	7
4.1	Photovoltaik als ökologische Energiequelle.....	7
4.2	Steigerung der Effizienz der PV Technologie	8
4.3	Photovoltaik als Element der Energieautonomie	9
4.4	Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch.....	11
4.5	Österreichs Positionierung in der PV – Technologie	14
4.6	Technologiepolitisches Szenario für Österreich	16
5.	WIRTSCHAFT	24
5.1	International	24
5.2	Österreichische Ausgangssituation.....	24
5.3	Gegenwärtige PV-Wirtschaftssituation	25
6.	MARKT	30
6.1	Kostenentwicklung - Konkurrenzfähigkeit	30
6.2	Solarmodul Markt Preise.....	31
6.3	Der österreichische Photovoltaik-Markt	33
7.	RAHMENBEDINGUNGEN.....	37
7.1	Energiewirtschaftliches Szenario	37
8.	MASSNAHMEN-EMPFEHLUNGEN	52
8.1	Aufgaben im Bereich Forschung- Entwicklung	52
8.2	Aufgaben im Bereich Marktverbreitung.....	55
8.3	Aufgaben im Bereich der wirtschaftlichen/organisatorischen Rahmenbedingungen	56
	ANHANG	57
	INTERNATIONAL RELEVANTE PV - STUDIEN UND VISIONEN	57
A.1.	Überblick – Allgemeine relevante Studien	57
A.2.	Übersicht über andere Photovoltaik - Roadmaps	60
9.	VERZEICHNISSE	65
9.1	Abbildungsverzeichnis	65
9.2	Tabellenverzeichnis	66
9.3	Links	66
9.4	Literaturquellen	67

1. ZUSAMMENFASSUNG

Der Photovoltaik, Stromerzeugung durch die Sonne, werden weltweit, wie kaum einer anderen Technologie im Energiebereich, langfristig eindrucksvolle Perspektiven zugewiesen, die allesamt dahin gehen, dieser Technologie in den kommenden Jahrzehnten einen bedeutenden Anteil am Stromträgermix zuzuordnen. Vor allem die Nutzung von südorientierten Gebäudeteilen zur Stromerzeugung wird zum Standard werden.

Bis jetzt haben vor allem Japan und Deutschland in der Photovoltaik Technologie Aktivitäten gesetzt, die sie zu den am Weltmarkt führenden Nationen gemacht haben und bereits heute tausende Arbeitsplätze in dieser Branche entstehen ließen. Einige andere Länder sind gerade dabei, die entsprechenden Weichen zu stellen.

Österreich hinkt aufgrund der bisher geringen und diskontinuierlichen Fördersituation dieser internationalen Entwicklung nach, besitzt aber ausgezeichnete Potentiale, sich (bei rascher Weichenstellung) ebenfalls in dieser Technologiesparte als „Global Player“ zu positionieren; einzelne Unternehmen demonstrieren bereits heute diese Möglichkeit eindrucksvoll. Die notwendigen Rahmenbedingungen, um in weiteren Technologienischen Österreich als Weltmarktführer zu positionieren und die Notwendigkeiten, um dieser Stromerzeugungsart zu einem signifikanten Beitrag zu verhelfen, werden in dieser „Photovoltaik-Roadmap für Österreich“ überwiegend aus dem technologischen Sichtwinkel beschrieben. Die wirtschaftlichen Szenarien stellen grobe und durchaus konservative Annahmen dar, die wirtschaftliche Machbarkeit grob illustrieren sollen.

Photovoltaik bietet für Österreich im Bereich der erneuerbaren Energieträger das größte noch erschließbare Potential. Das technische Potenzial von gebäudeintegrierter Photovoltaik (GIPV) auf gut geeigneten südorientierten Flächen in Österreich beträgt ca. 140 km² Dachfläche und ca. 50m² Fassadenfläche. Um bis ins Jahr 2050 die in dieser Roadmap zumindest 20% des heimischen Strombedarfes mittels GIPV decken zu können, bedarf es einer Verwendung von etwa 60% dieser Flächenpotentiale. Im Jahr 2050 ist aufgrund des zu erwartenden technologischen Fortschrittes und der Wirkungsgradsteigerung auf diesen Flächen eine Leistung von ca. 22,5 GW GIPV installierbar, was ca. 20 TWh Energie pro Jahr bedeuten würde. Österreichs Gesamtstrombedarf wird in dieser Studie für das Jahr 2050 mit ca. 100 TWh angenommen (2006 ca. 65 TWh).

Neben einer Darstellung der globalen Situation der Photovoltaik, den Perspektiven von Wirkungsgradsteigerungen und Kostendegressionen sowie notwendigen weiteren Forschungsaspekten werden auch die wirtschaftlichen Potentiale für Österreich dargestellt.

Die Zielgruppe für diese Roadmap sind in erster Linie Stakeholder im Bereich der nationalen Energietechnologiepolitik und Energiewirtschaftspolitik, aber auch Wirtschaftsunternehmen und Forschungseinrichtungen, sowie Architekten, Bauträger, Energieplaner und innovative Elektro-Installationsunternehmen, die an einem wachsenden PV Markt Interesse zeigen.

Als Roadmap verfolgt sie das Ziel, den Weg aufzuzeigen, wie die viel versprechende Photovoltaik Technologie auch in Österreich Fuß fassen kann. Finales Ziel der Roadmap ist es, Impulse für eine Anpassung der heimischen Strategien bei Technologie- und Energiewirtschaftspolitik, die zu einer angepassten masterplanartigen Unterstützung der Photovoltaik in Österreich führen, zu geben.

Die notwendigen Maßnahmen in Forschung und Technologie, sowie notwendigen Änderungen der Rahmenbedingungen werden in einem abschließenden Kapitel der Roadmap zusammengefasst.

Für Österreichs Wirtschaft besteht derzeit - bei rascher Positionierung - eine große Chance wesentliche Nischentechnologien am Weltmarkt zu besetzen. Durch eine konsequente

Umsetzung, der in dieser "Roadmap" vorgeschlagenen Aktivitäten kann diese Positionierung noch gelingen.

2. EINLEITUNG

Wie kaum einer anderen Technologie im Energiebereich werden der Photovoltaik langfristig eindrucksvolle Perspektiven zugewiesen die allesamt dahin gehen, dieser Technologie in den kommenden Jahrzehnten einen bedeutenden Anteil am Stromträgermix zuzuordnen.

Einige Technologieländer haben bereits die notwendigen Weichenstellungen vorgenommen, um sich rechtzeitig in dieser Zukunftstechnologie zu positionieren, Österreich hat bislang noch keine nachhaltige Weichstellung vorgenommen.

Diese Roadmap dient zur Abschätzung der Möglichkeiten und technologischen und wirtschaftlichen Potentiale der Zukunftstechnologie Photovoltaik und soll als Basis für strategische Entscheidungen in der österreichischen Energietechnologiepolitik und Energiewirtschaft dienen.

Neben einer Darstellung der globalen Situation der Photovoltaik, den Perspektiven von Wirkungsgradsteigerungen und Kostendegressionen sowie notwendigen weiteren Forschungsaspekten, werden in dieser Roadmap auch die technologischen und wirtschaftlichen Potentiale für Österreich dargestellt.

Die Entwicklung eines Szenarios für die Photovoltaik in Österreich soll aufzeigen, was bei günstigen Rahmenbedingungen erreicht werden kann. Die dafür notwendigen Maßnahmen in Forschung und Technologie werden in einem eigenen Kapitel der Roadmap zusammengefasst. Die Empfehlungen und Vorschläge sollen dazu dienen, Chancen zu nützen und Hemmnisse abzubauen.

Diese Roadmap wurde mit dem Ziel, ein ambitioniertes aber realistisches Szenario zu entwickeln, von Wissenschaftlern des arsenal research unter Konsultationen der heimischen Photovoltaik-Wirtschaft und anderen Akteuren aus der Wissenschaft und dem öffentlichen Sektor erarbeitet. Dazu wurden diverse Workshops mit relevanten nationalen Stakeholdern aus Industrie, Forschung und Verwaltung durchgeführt, um diese Strategie auf eine breite Basis zu stellen.

3. ALLGEMEINE ASPEKTE

3.1 Photovoltaik – Hintergrundaspekte, Vor und Nachteile

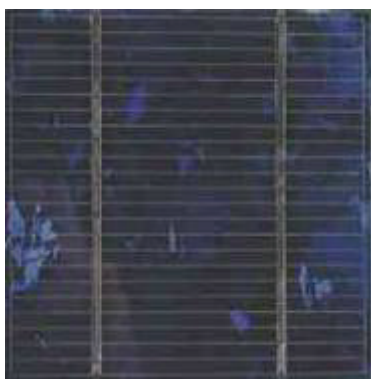
3.1.1 Hintergrundaspekte

Elektrizität ist unter den Energieträgern die eleganteste, vielfältigste und zukunftsfähigste.

Elektrischer Strom kann aus zahlreichen Prozessen gewonnen werden und in alle Formen der Energie weiter umgewandelt werden (mechanische, chemische, thermische,...). Alle in den letzten Jahren ausgearbeiteten Energieszenarien erwarten für die nächsten Jahrzehnte ein stetiges Wachsen des Stromanteils am gesamten Energiemix.

Der globale Energiesektor steht vor einem fundamentalen Wandel zu vermehrter Nutzung von umweltverträglichen, nachhaltigen Erzeugungsarten.

Die Photovoltaik wird mittlerweile von vielen Experten als der „Königsweg“ in der erneuerbaren Stromproduktion angesehen. Gründe dafür sind u.a. das nahezu unerschöpfliche Angebot der Solarstrahlung, dessen auf die Erde gerichteter Anteil ein mehrtausendfaches des Weltenergiebedarfes darstellt. Die Verfügbarkeit der Zellrohmaterialien (heute im Allgemeinen Silizium), sowie die Vielfältigkeit der Anwendbarkeit an nahezu jeder von der Sonne bestrahlten Fläche. Photovoltaik, zusammen mit der solarthermischen Nutzung, hat weltweit das höchste Potential aller erneuerbaren Energieträger.² Die vorrangigen technologischen Herausforderungen, denen wir uns im Zuge der Etablierung der Photovoltaik als Standardstromquelle stellen müssen, sind die derzeit noch hohen Kosten, das fluktuierende Angebot und die Optimierung der Integrierbarkeit in bauliche Strukturen und in ein Energiesystem, das vermehrt auf nachhaltigen Energieträgern basiert.



Solarenergie zeichnet sich (ebenso wie auch der Wind) besonders dadurch aus, dass keine Logistik für die Zuführung eines Kraftstoffes erforderlich ist, was zwar zu fluktuierendem Angebot führt, aber nach Errichtung der Anlage keine dauernden Eingriffe erforderlich macht, um die angebotene Energie aus der Sonne in eine nutzbare Form zu bringen.

Photovoltaik, eine Halbleitertechnologie, die bei Auftreffen von Solarstrahlung eine Ladungstrennung hervorruft und dadurch zur Stromquelle wird, kann Strom auf saubere und verlässliche Art erzeugen. Im Netzverbund oder fernab jeglicher Stromnetze. Daher kann der Verbund mit anderen

erneuerbaren Stromquellen dazu führen, alle Arten fossiler und nuklearer Stromerzeugung mittel- bis langfristig zu ergänzen oder zu ersetzen. Bereits heute gilt die Photovoltaik als eine der zuverlässigsten und robustesten Arten der Stromgewinnung, wie durch ihre Anwendung im Weltall seit vielen Jahrzehnten bewiesen ist.

Grundsätzlich gilt, dass in Fragen der Energieversorgung (wie auch in anderen Bereichen) steuernde Eingriffe notwendig sind um Entwicklungen herbeizuführen, die für die Zukunft der Gesellschaft als positiv angesehen werden. Dies können gesetzliche Vorgaben, Vorschriften bzw. Anreizsysteme sein. Aufgrund der derzeitigen Kostensituation sind auch für die im Wettbewerb mit anderen Stromquellen stehende Photovoltaik noch finanzielle Förderungen bzw. politische Regulierungen nötig, bis PV letztlich auch in herkömmlichen Stromnetzwerken mit den heute eingesetzten Erzeugungsarten kompetitiv ist. Von den

² Die "Roadmap" für Photovoltaik - ein strategischer Leitfaden Wolfgang Palz, Chairman, Weltrat für Erneuerbare Energien (WCRE), Paris/ Brüssel, September 2005 ;
http://www.eurosolar.org/new/de/downloads/SZA32005_%20Palz.pdf

meisten „off-grid“ Anwendungen kann gesagt werden, dass sie es bereits heute sind. Abhängig von den Steigerungsraten der allgemeinen Strompreise und der Kostendegression der Photovoltaik wird diese Kostengleichheit erreicht werden. Die Technologieplattform Photovoltaik der EU erwartet beispielsweise in Gebieten wie Südtalien (relativ hohe Strompreise und jährlich etwa 40% mehr Globalstrahlung als in Österreich) diese Kostengleichheit bereits etwa für das Jahr 2010, für Österreich etwa 10 Jahre danach.³

Vor allem um die Kostendegression zu erreichen sind jedoch nationale und internationale Strategien der Forschung, der Technologieförderung und der Markteinführung erforderlich.

Es wird davon ausgegangen, dass PV letztendlich Teil einer Mischung der unterschiedlichen erneuerbaren Energieformen werden wird, deren lokaler Einsatz jeweils von den gegebenen Klimaverhältnissen und Rahmenbedingungen abhängig ist. Alle Technologien werden in diesem Energiemix ihren Platz finden, allerdings nicht im gleichen Maße.

Photovoltaik ist ein essentieller Baustein in einem nachhaltigen Stromszenario, dass als weitere wesentliche Elemente die Effizienzsteigerung der Energiesysteme, die nachfrageseitige Verbrauchssteuerung, die Energiespeicherung und neue Strategien des Stromnetz-Managements umfasst. Durch seine Eigenschaft als sommerlicher Spitzenstromlieferant, dessen Strom-Angebot zur Mittagszeit die höchste Ausbeute hat, nimmt (aufgrund der zunehmenden Kühllasten) die Photovoltaik darüber hinaus auch eine vorteilhafte Rolle im Spitzenlast-Management ein.

Mit der derzeit verfügbaren Technologie kann mit einer Fläche von ca. 35 m² der Jahresenergiebedarfs einer 4- köpfigen Familie erzeugt werden.

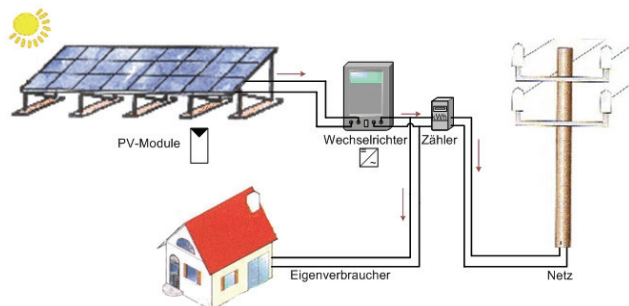


Abbildung 1 Schema einer netzparallelen PV-Anlage

3.1.2 Vorteile der Photovoltaik

- Flexibilität, modular aufbaubar, Integrierbarkeit in bauliche Strukturen
- Nahezu überall einsetzbar, unerschöpflich
- Unabhängigkeit von Netzinfrastruktur („stand alone“ oder im Netzbetrieb möglich)
- Lange Lebensdauer: zumindest 25 - 30 Jahre (eher 35 – 45 Jahre), große Verlässlichkeit
- Mechanische Verschleißfreiheit
- Geräuschlos, geruchlos, keine Emissionen im Betrieb
- Höchste Erträge zu Zeiten hohen Kühlbedarfes (Spitzenlasten)
- Keine Brennstoffzufuhr erforderlich, geringer Wartungsaufwand und hohe Zuverlässigkeit

³ Quelle: www.eupvplatform.org; Veröffentlichung der EU Technologieplattform; Arbeitsgruppe 3; 2006; Annahme: Bei 1%iger Strompreissteigerung und 5% jährlicher Kostendegression der Photovoltaik

- Stärkung der Versorgungssicherheit (Unabhängigkeit von fossilen und atomaren Energieträgern – lokale Stromerzeugung, wirtschaftliche Unabhängigkeit von Drittstaaten, größere wirtschaftliche Unabhängigkeit)
- Positive wirtschaftliche Aspekte (High-Tech-Wirtschaft, Arbeitplatzeffekte, lokale Wertschöpfung)
- Hohes Weiterentwicklungspotential: Kostensenkungspotential, Wirkungsgradsteigerungen, verstärkte Recyclierbarkeit

3.1.3 Herausforderungen für die Photovoltaik

- Derzeit noch hohe Anfangsinvestitionen
- Großer Optimierungsbedarf in der Zellfertigung, Reduktion des Materialeinsatzes, Wirkungsgrade derzeit noch weit vom physikalischen Optimum entfernt
- Einbau dieser Stromquelle in die elektrischen Versorgungsnetze stellt aufgrund der Abhängigkeit vom Angebot der Sonne (fluktuierende Energielieferung, regionale Unterschiede) bei starker Verbreitung eine große Herausforderung dar
- Effiziente, sichere und optisch ansprechende Nutzung der Photovoltaik als funktionaler Teil der Gebäudehülle und anderer baulicher Strukturen
- Großes Informationsdefizit über die Potentiale dieser Technologie, Akzeptanz seitens der Architekten

3.2 Aktueller weltweiter PV- Markt

Der internationale PV-Markt erreicht in den letzten Jahren aktuelle Wachstumsraten zwischen 15 und 60%.⁴ Laut aktuellen Angaben der Internationalen Energie Agentur (IEA – PVPS) wurden bis Ende 2005 insgesamt ca. 3.800 MW weltweit installiert, wobei ca. 500 MW netzunabhängig und 3.300 MW netzgekoppelt betrieben werden (siehe Abbildung 2).

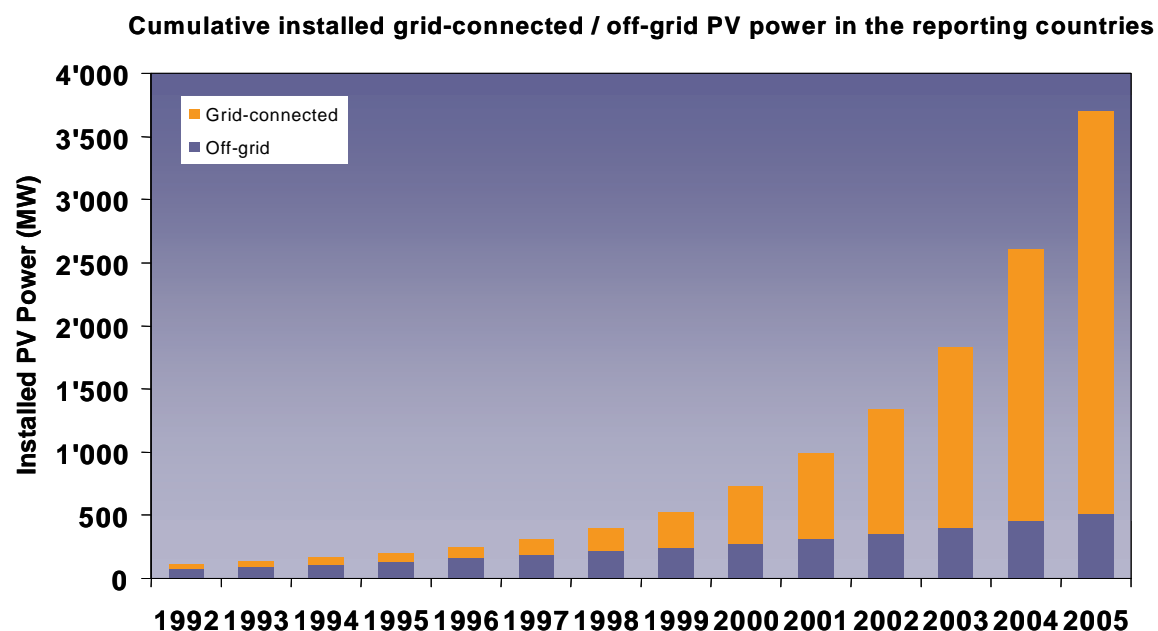


Abbildung 2 Weltweit installierte PV Kapazität (in IEA Ländern)⁵

⁴ Quelle: Nachhaltigkeitsstudie, Solarenergie 2005; Dr. Matthias Fawer, Sarasin Bank, Dezember 2005

⁵ Quelle: http://www.iea-pvps.org/isr/download/2005_graph01.pdf

Durch die stark wachsende Nachfrage im PV Markt hat während der letzten Jahre eine starke Expansion der PV Industrie, insbesondere auch in Europa, stattgefunden. Mehr und mehr europäische Firmen bieten die professionelle Errichtung von benötigten PV Produktions-equipment oder sogar von ganzen Fabriken an.⁶

⁶ Quelle: Roadmap EPIA; www.epia.org; Mai 2004

4. TECHNOLOGIE

4.1 Photovoltaik als ökologische Energiequelle

Allgemeines

Silizium ist eines der häufigsten Elemente der Erde. Der aktuelle Versorgungseingpass mit Solarsilizium hängt von der noch immer zu geringen industriellen Produktionskapazität für die Aufbereitung von reinem Silizium mit Photovoltaikqualität ab. Da fast alle Hersteller von Solarsilizium jedoch mittlerweile an einer massiven Ausweitung der Produktion arbeiten, sollte der Versorgungseingpass in nächster Zeit beseitigt sein.

Weltweit dominieren die (mono- bzw. poly-) kristallinen Siliziumzellen heute den Weltmarkt. Dünnschichtzellen (a-Si, CIGS, etc...) tragen bisher nur mit einigen Prozent bei, könnten aber in Zukunft eine wesentlich bedeutendere Rolle spielen.

Im Zentrum einer ökologischen Bewertung der Photovoltaik steht ein Vergleich der Energie die für die Produktion aufgewendet werden muss (kumulierter Energieaufwand - KEA) im Gegensatz zur Betriebsdauer, um die verbrauchte Energie zu erzeugen (energy pay back time - EPBT).

Zu Beginn der Photovoltaik Geschichte wurde für die Produktion der Zellen in den ersten Kleinstlabors oft noch mehr Energie eingesetzt als die Zelle letztendlich im Laufe ihrer Lebensdauer "ernten" konnte.

Aktuell bestehen aber Produktionsstätten, die bis zu einigen Millionen Quadratmeter jährlich erzeugen. Die Energie, welche in diesen modernen Fertigungsprozessen eingesetzt wird, kann nur durch eine detaillierte Prozesskettenanalyse der Herstellungsprozesse ermittelt werden: Die in der Literatur veröffentlichten Werte zum KEA streuen vor allem beim kristallinen Silizium recht stark. Im Rahmen des abgeschlossenen EU Projektes „CrystalClear“ wurden Berechnungen über energetische Amortisationszeiten von gesamten PV-Anlagen betreffend deren gesamten Lebenszyklus durchgeführt. Diese führen zu folgendem Schluss: *„The energy payback times were calculated for grid-connected roof-top installed PV-systems in two regions, South- and Middle Europe with annual solar irradiation of 1700 and 1000 kWh per square meter, respectively. The calculated **Energy Paybacktime range from between 1.7 and 4.6 years**, the exact figure depending on the annual irradiation and the type of silicon technology. This is already much smaller than the lifetime of PV modules, which is 30 years or more“*. (Quelle: Mariska J. de Wild-Scholten, ECN Solar Energy, Erik Alsema, Copernicus Institute, University of Utrecht)

Jeder weitere Ausbau der Produktionskapazitäten ist in der Regel auch mit einer Effizienzsteigerung in der energetischen Bewertung der Photovoltaik verbunden.

Recycling von Solarzellen

Seit etwa 1990 beschäftigen sich diverse Forschungsprojekte mit dem Recycling von Solarmodulen, wobei bisher die Anzahl der zu entsorgenden Module aufgrund ihrer angenommenen Lebensdauer von zumindest 30 bis zu 45 Jahren bisher noch äußerst gering ist. Am 13.02.2003 trat eine europäische Richtlinie "For the Waste disposal of Electrical and Electronic Equipment (WEEE)" in Kraft. Wenngleich die Bestimmungen über die Entsorgung von Solarmodulen daraus noch nicht klar hervorgehen, ist sie ein wesentlicher Schritt, der die europäischen Solarproduzenten bereits dazu veranlasst hat, erste Recyclinganlagen in Betrieb zu nehmen.

Der Recycling-Vorgang ist sehr stark vom Aufbau und den eingesetzten Materialien in den verschiedenen Technologien abhängig.

Plastikkomponenten werden durch Erhitzen eingeschmolzen, wenn sie nicht bereits vorher mechanisch abgetrennt wurden. Danach können alte Solarzellen teilweise wieder zu neuen Wafern verarbeitet werden.

Jedoch muss erwähnt werden, dass im Hinblick auf das Recycling der verschiedenen Photovoltaiktechnologien immer noch großer Forschungsbedarf besteht.

Im IEA Photovoltaik Power Systems Programm wurde kürzlich eine neue Aktivität gestartet, welche sich der Frage „Environmental Health & Safety“ von Photovoltaik widmet. Auch die Frage des Recyclings ist dabei von hoher Bedeutung. (www.iea-pvps.org).

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Photovoltaik hat aus ökologischer Sicht eine Reihe von Vorteilen gegenüber konventionellen Technologien für die Energieerzeugung. Photovoltaikanlagen verursachen keinen Lärm und erzeugen weder toxische noch klimatisch bedenkliche Emissionen. Nach bisherigen Erfahrungen und Untersuchungen ist auch die Herstellung der Anlagen aus Sicht der Sicherheit und des Umweltschutzes bei Einhaltung der Standards unbedenklich [V. M. Fthenakis /Moskowitz, (2000)].

4.2 Steigerung der Effizienz der PV Technologie

Photovoltaik ist bereits heute eine zuverlässig einsetzbare Methode um elektrischen Strom zu gewinnen. Im Folgenden soll dargestellt werden, welche Ansatzpunkte es gibt, das derzeit größte Hemmnis für eine weite Verbreitung - die vergleichsweise hohen Kosten - in den Griff zu bekommen und welche Entwicklungen betreffend einer weiteren Steigerung der Wirkungsgrade zu erwarten sind.

Die Möglichkeiten für weitere Anwendungsfelder der Photovoltaik hängen insbesondere auch mit einer Steigerung der Wirkungsgrade zusammen; d.h. größer werdende Leistung bzw. kleiner werdende Fläche.

Aufgrund der internationalen Aktivitäten in der Solar-Zellforschung erscheint es sehr realistisch, dass der Flächenbedarf für 1 kWp von derzeit etwa 8-10 m² (Modulgesamtwirkungsgrade von 10-12%) bis 2050 auf zumindest etwa 3-5 m² sinkt. Das entspricht einem Modulgesamtwirkungsgradbereich von 20 -30%.

Die Entwicklung bei den Wirkungsgraden ist am Beispiel Japan veranschaulicht: Im Marktbericht Japans aus dem Jahre 2003 ist zu lesen: [PV Status Japan, 2003]

"Der Flächenbedarf für eine 1 kWp-Anlage mit den neuen japanischen Höchstleistungs-Modulen [Modell 2002] reduziert sich gegenüber einer Anlage mit den Vorgänger-Modulen von 8-10 m² auf 6 m²".

Liegen derzeit die Wirkungsgrade noch bei maximal 20%, so wurden in den Forschungslabors bereits 35% und mehr erreicht [Spectrolab, Triple-Layer, PVPS 2003]. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass diese Entwicklung eine evolutionäre ist und signifikante Technologiesprünge eher unrealistisch erscheinen. Theoretische Berechnungen lassen Wirkungsgrade von bis zu maximal 80% für die Zukunft erwarten.

Neue Materialien, flexible Zellen, durchsichtige Module und anderes lassen jede dem Licht zugewandte Fläche grundsätzlich für Stromproduktion möglich erscheinen.

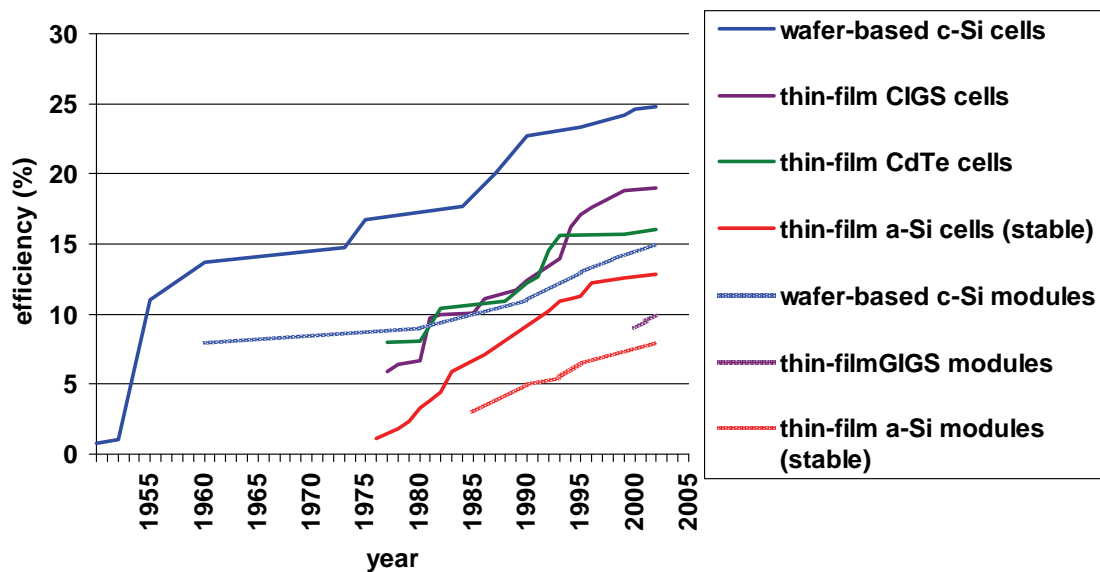


Abbildung 3: Zell und Modulwirkungsgradsteigerungen⁷

4.3 Photovoltaik als Element der Energieautonomie

Ein möglichst hoher Anteil an regionaler (österreichischer bzw. europäischer) Stromversorgung trägt dazu bei, unabhängig von internationalen Konflikten und Ressourcenkämpfen zu sein. Eine überwiegend heimische Stromversorgung ist die Grundvoraussetzung für Unabhängigkeit, politische Sicherheit und Stabilität. Derzeit ist die EU zu ca. 50% von Energieimporten abhängig, 2030 wird eine Importabhängigkeit von bis zu 70% vorausgesagt.

Europaweit, aber auch weltweit, verfügt die Photovoltaik über das technisch größte Potential zur elektrischen Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie.

⁷ Quelle: [IEA PVPS-Task 7]; www.iea-pvps.org

Vergleich von Potenzialen und aktueller Nutzung für erneuerbare Energien in Österreich (im Bereich der elektrischen Stromerzeugung):

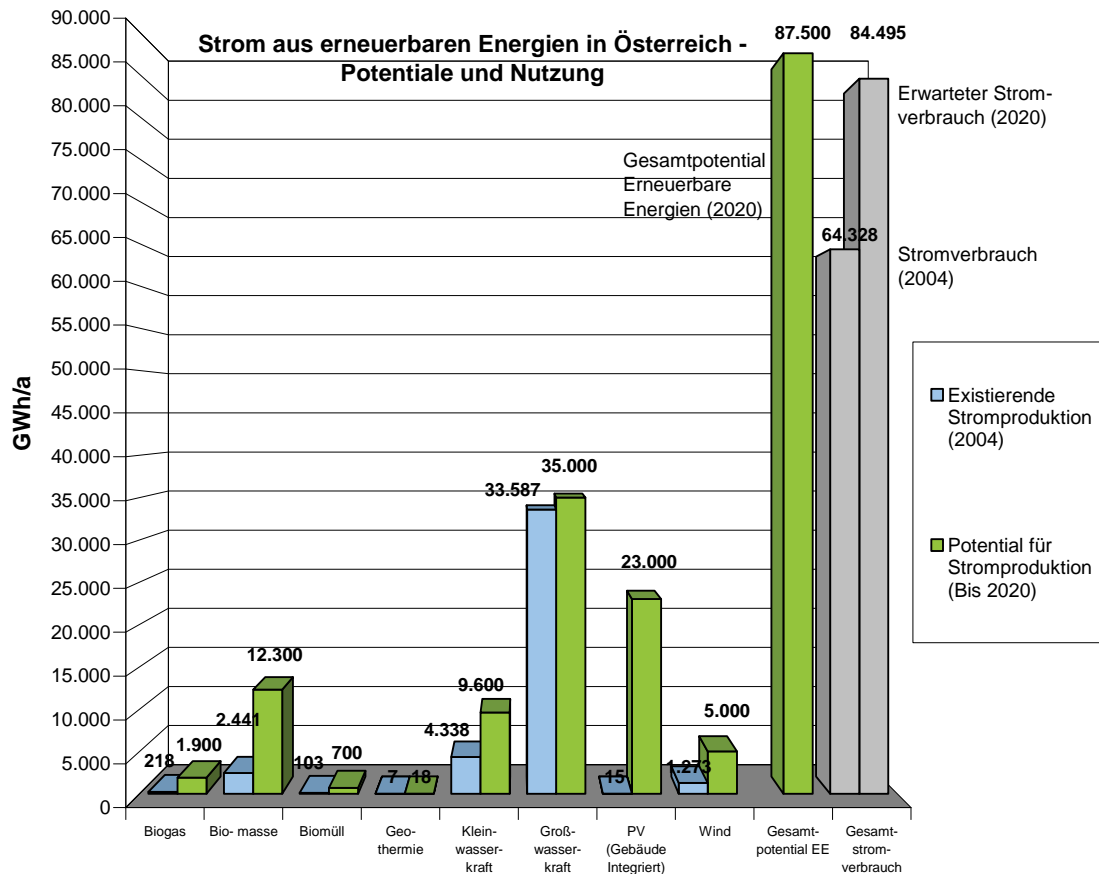


Abbildung 4 Strom aus erneuerbaren Energien in Österreich – Potentiale und Nutzung⁸

Die in Abbildung 4 dargestellten mittelfristig (2020) realisierbaren Potentiale zur elektrischen Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie und deren bereits ausgeschöpfte Potentiale (2004) für Österreich sind der Green-X Datenbank der TU Wien entnommen. Es ist anzumerken, dass hierbei die maximal bis zum Jahr 2020 erreichbaren Potentiale der einzelnen Technologieoptionen angegeben wurden - so beispielsweise im Bereich der Biomasse falls jegliche zusätzliche energetische Nutzung im Bereich der Stromerzeugung erfolgen sollte. Um das PV Potential bis zum Jahr 2020 einschätzen zu können, wurde zur Ermittlung des Gebäudeflächenpotentials von der Methodik gemäß IEA Studie „Potential for Building Integrated Photovoltaics IEA-T7-2002“ ausgegangen. Hierbei wird ein durchschnittlicher Wirkungsgrad von 14% für PV Systeme unterstellt (aktuell 10-12%). Als Vergleichswert wird der Stromverbrauch von Österreich für das Jahr 2004 dem erwarteten Stromverbrauch im Jahr 2020 gegenübergestellt. Zur elektrischen Stromerzeugung in Österreich bietet neben der Großwasserkraft die Photovoltaik das größte Potential. Insbesondere beim noch zusätzlich realisierbaren Potential hat alleine die gebäudeintegrierte Photovoltaik in Österreich den höchsten Wert, mit ca. 23.000 GWh pro Jahr fast doppelt so hoch wie Biomasse mit ca. 12.300 GWh. Eine österreichische Stromversorgung, ausschließlich basierend auf erneuerbaren Energieträgern, ist bei Ausnutzung aller Potentiale bis zu einem maximalen Gesamtstromverbrauch von ca. 88.000 GWh möglich (Aktuell ca. 65.000 GWh), wobei aber insbesondere die fluktuierende Erzeugung und die damit verbundenen Netzbelastungen noch im Detail betrachtet werden müssten. Für eine

⁸ Quelle: [IEA PVPS-Task 7]; eigene Berechnungen

dezentrale Stromversorgung sind ein lokal möglichst ausgewogener Energieträgermix, wirtschaftliche Speicherlösungen, die effiziente Steuerung der Nachfrageseite sowie ein innovatives lokales Netzmanagement die Kernpunkte dieser dezentralen Lösung.

4.4 Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch

Grundsätzlich hat Photovoltaik den Vorteil Strom verbrauchsnahe und am Tag zu produzieren, wo auch im Allgemeinen die Verbrauchsspitzen auftreten. Im Speziellen kann Photovoltaik im Sommer dazu beitragen, Stromverbrauchsspitzen durch Klimaanlage und Ventilatoren zu verringern. In den zentraleuropäischen Ländern ist der höchste Energieverbrauch allerdings nach wie vor in den Wintermonaten zu verzeichnen, wo die Photovoltaik jedoch nur einen geringeren Beitrag leisten kann. In Italien treten dagegen absolute Lastspitzen auch in den Sommermonaten auf. Bei den, wie im IPCC Bericht 2007 aufgezeigten, zu erwartenden Temperaturerhöhungen, sind auch für Österreich in Zukunft ausgeprägtere Stromlastspitzen in den Sommermonaten zu erwarten.

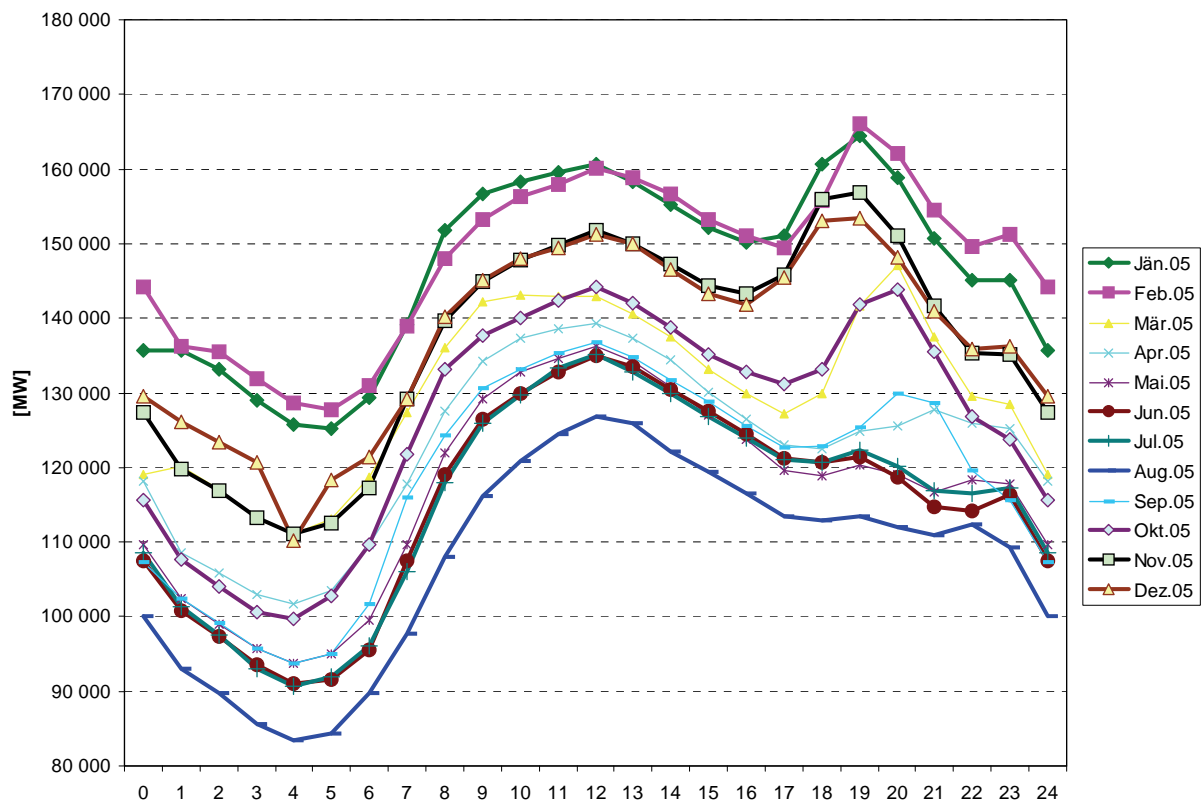


Abbildung 5 Monatliche Änderungen der täglichen Lastkurven für den Zentraleuropäischen Strommarkt (Deutschland, Frankreich, Österreich und die Schweiz)⁹

⁹ Quelle: UCTE (<http://www.ucte.org>) und TU Wien - Bericht "Value Analysis" in Vorbereitung für Projekt "PV Upscale" und "IEA- PVPS Task 10" (Dez.2006)

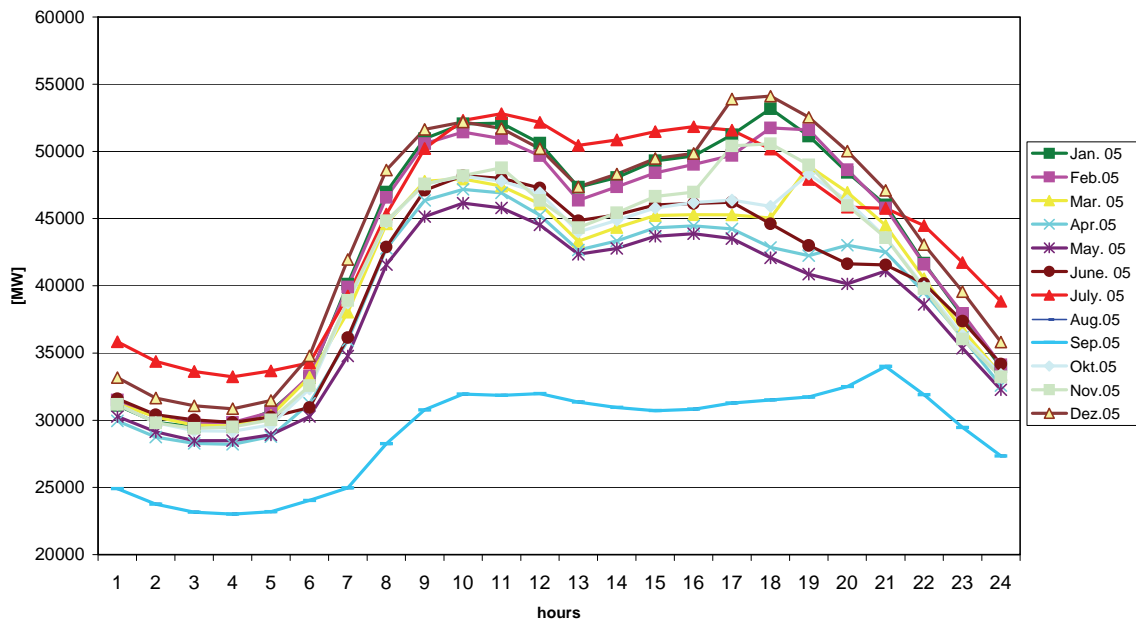


Abbildung 6 Monatliche Änderungen der täglichen Lastkurven für Italien - 2005¹⁰

Um die Korrelation von erzeugtem PV Strom mit lokalem Stromverbrauch und entsprechenden Kosten für Spitzenstrom zu zeigen, wurde von der TU – Wien der Bericht "Value Analysis" für das Projekt "PV Upscale" und "IEA- PVPS Task 10" erstellt. Folgende Abbildungen zeigen die Korrelationen für den 23.07.2003 von einer PV Anlage in Wien und entsprechenden Spitzenstromkosten.

PV generation vs. load curve on 23.07.2003

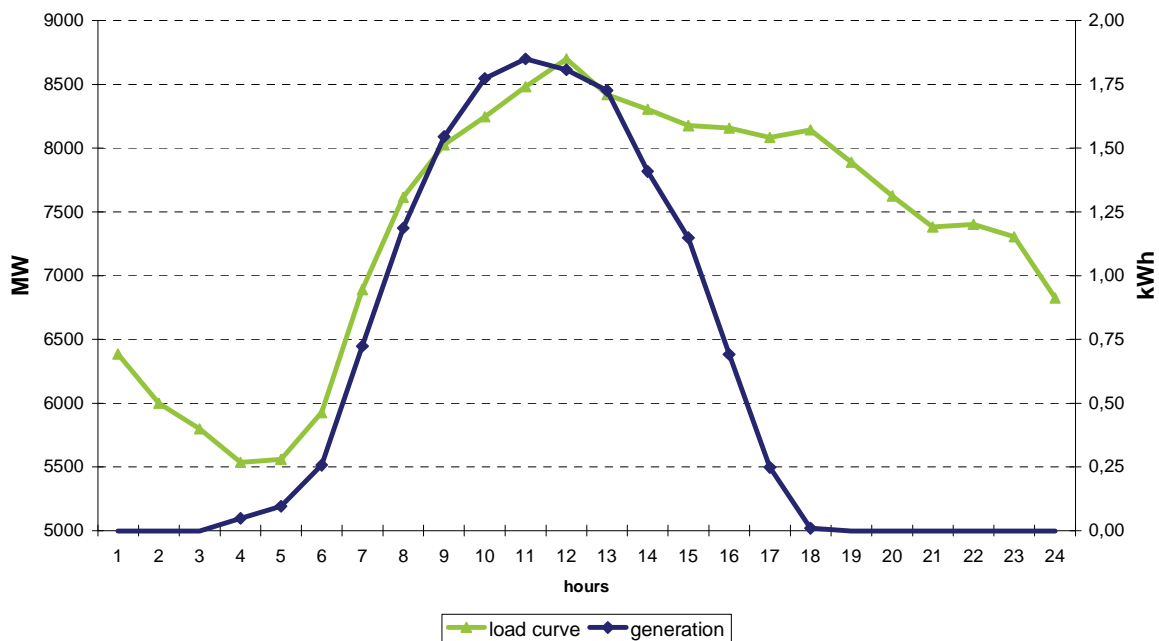


Abbildung 7: PV Erzeugung vs. Lastkurve am 23.07.2003

¹⁰ Quelle: UCTE (<http://www.ucte.org>) und TU Wien - Bericht "Value Analysis" in Vorbereitung für Projekt "PV Upscale" und "IEA- PVPS Task 10" (Dez.2006)

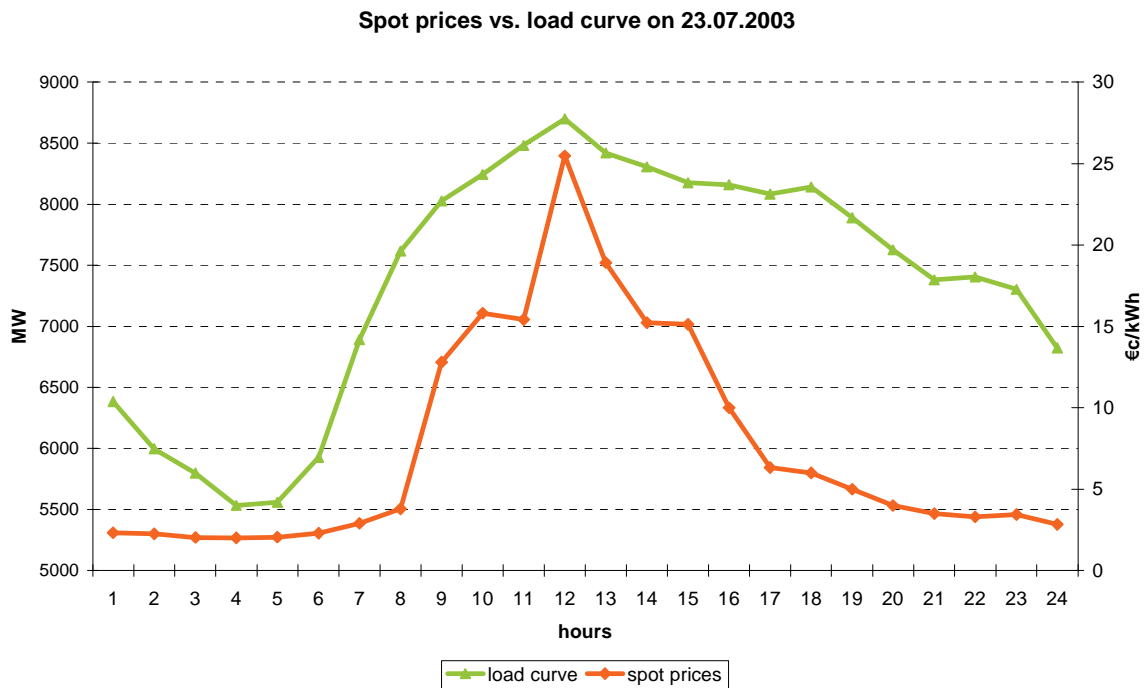


Abbildung 8: Börsenspotpreis vs. Lastkurve am 23.07.2003

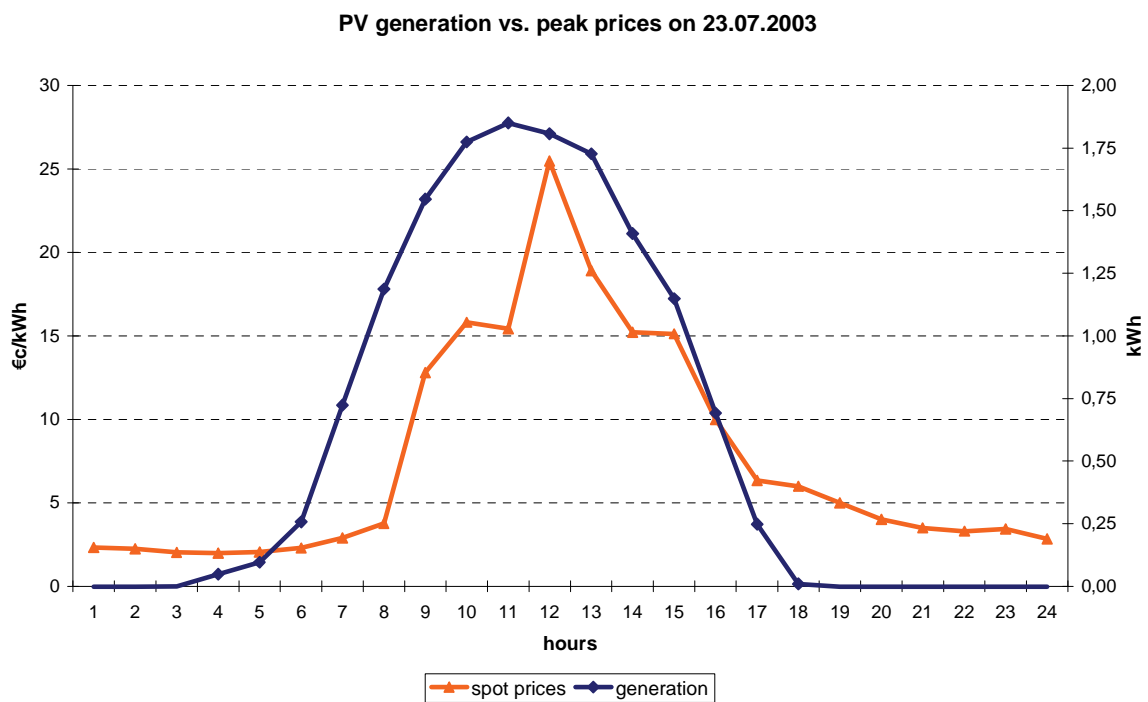


Abbildung 9: PV Erzeugung vs. Börsenspotpreis am 23.07.2003

Die Abbildungen¹¹ lassen für diesen Sommertag deutlich die Korrelation zwischen hohem Börsenspotpreis und der Erzeugung von Strom aus PV erkennen.

¹¹ Quelle: TU Wien - Bericht "Value Analysis" in Vorbereitung für Projekt "PV Upscale" und "IEA- PVPS Task 10" (Dez.2006)

Im Allgemeinen liefert die Photovoltaik genau dann Strom, wenn aufgrund von Hitzeperioden z.B. Wasser-, Wind-, oder über Flüsse gekühlte Wärmekraftwerke (Öl, Gas, Nuklear) weniger Strom produzieren können, oder gar abgeschaltet werden müssen. Häufigkeitsmäßig ist die Menge an Tagen, an welchen PV-Strom heute schon billiger als der Börsenspotpreis ist, noch gering. Allerdings kann aufgrund von in Zukunft zu erwartenden Kostensenkungen für PV Systeme, den allgemeinen Kostensteigerungen für die konventionelle Stromproduktion (z.B. durch steigende Rohstoffpreise und höheren Kosten für Umweltaspekte (externe Kosten) und dem steigendem Stromverbrauch in den Sommermonaten (durch vermehrten Einsatz von Klimaanlage etc.) und damit stärkeren Stromspitzen, von einem künftig stark steigenden Wert für PV-Strom ausgegangen werden.

Zukünftige Entwicklung:

Bei Erhöhung des PV-Anteils auf einen signifikanten Wert des Stromverbrauches ist ihr fluktuierender Charakter und die geringe langfristige Prognostizierbarkeit von Photovoltaik bei der Einspeisung von elektrischem Strom in das Versorgungsnetz noch eine Herausforderung, welche detailliert untersucht werden muss.

Wird Strom zukünftig vermehrt für den Antrieb von Fahrzeugen eingesetzt, so ergibt sich aus dem Bedarf an elektrischem Strom für die - zeitlich disponierbare - Aufladung der Batterien ein idealer Einsatzzweck für die fluktuierend vorhandene Solarstrahlung.

4.5 Österreichs Positionierung in der PV – Technologie

Vorrangig wird Österreichs Forschungspolitik im Energiebereich vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestaltet. Im Rahmen des Programms „Nachhaltig Wirtschaften“ wurden bereits einige Projekte vom BMVIT finanziert; auch beim neuen Energieforschungsprogramm „Energie der Zukunft“ finden sich Förderschienen, in denen Photovoltaikforschung finanzierbar ist.

Photovoltaik ist eine Technologie deren Herstellung hochtechnologische Verfahren bedingt. Derzeit ist Österreich in der Wertschöpfungskette in allen Bereichen außer der Produktion von Solarsilizium sowie von Ingots und Wafern aus Rohsilizium tätig. Neben Zulieferung von Einzelelementen wie Einkapselungsfolien, Verdrahtungen und der Wechselrichterproduktion ist seit etwa 2001 die Herstellung von Modulen (in Form von Standardmodulen, oder als Dachziegel) Teil der österreichischen Wertschöpfung in der PV Produktionskette (Dachelement, Fassadenelement, Schallschutzelemente, transparente Verglasungen, ...). Gegenwärtig starten die ersten beiden Produktionsstätten von Solarzellen in Österreich. Einzelne Unternehmen sind auch am Weltmarkt hervorragend positioniert.

Österreichische Beispiele im Bereich der PV-Forschung und Entwicklung:

- An der Universität Salzburg wurde Beginn 2006 ein Christian Doppler-Labor für die Erforschung von Solarzellen auf Basis von Sulfo-Salzen eingerichtet.
- Aus einem anderen Doppler-Labor an der Kepler Universität in Linz, das sich mit der Erforschung von Solarzellen auf organischer Basis beschäftigte ist mittlerweile eine Forschungsfirma hervorgegangen. Diese wurde von der amerikanischen Solarfirma Konarka übernommen, die nun an der Kommerzialisierung der Solarzellen arbeitet.
- Am Atominstitut der österreichischen Universitäten in Wien wird der Forschungsfokus auf die Verbesserung der multikristallinen Solarzellen gelegt. Forschung fokussiert sich auf die Charakterisierung von konventionellen Solarzellen.

- Industrielle Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der größeren PV Industrie widmeten sich z.B. der Optimierung der PV-Wechselrichter, der verbesserten Modulfertigung, Nachführsystemen und Weiterentwicklungen bei Einkapselungsmaterialien.
 - ⇒ Der größte österreichische Wechselrichterproduzent, die Firma FRONIUS INTERNATIONAL GmbH ist derzeit Weltmarkt-Zweiter und hat neue Entwicklungen im Bereich von Zentralwechselrichtern im Kapazitätsbereich von 24 – 40 kW auf den Markt gebracht.
 - ⇒ Mit Siemens-Österreich hat ein zweiter großer Wechselrichterhersteller seine Produktion und Entwicklung in Österreich
 - ⇒ Isovolta, als derzeitiger Weltmarktführer im Bereich der Einkapselungsmaterialien, forscht im Bereich der Reduktion der Kosten und Optimierung der Einkapselung.
 - ⇒ PVT Austria entwickelte im Jahr 2005 neue Module, welche gekühlt werden und Module mit Oberflächen behandeltem Glas.
 - ⇒ Ertex-Solar entwickelt laufend neue PV-Module - Produkte im Bereich der (Sicherheits-)glas Fassaden und Dachintegration.
 - ⇒ Die Firma SED entwickelte im Jahr 2005 ein integriertes Modulkonzept für PV-Lärmschutzwände.
 - ⇒ Mit KIOTO, SOLON-Hilber und Energetica bestehen 3 weitere innovative Modulproduzenten in Österreich, eine Produktion von amorphem Silizium ist im Planungsstadium.
 - ⇒ Die ersten beiden Zell-Produktionen (Falconcells/Staatz und Blue Chip Energy/Güssing) nehmen im Jahr 2007 bzw. 2008 ihren Betrieb auf.
- Im Bereich der PV Systeme und Komponenten wurden bei arsenal research Qualitätssicherungsmaßnahmen gesetzt, Modulprüfungen (Akkreditiert für IEC – Prüfungen), Lebensdaueruntersuchungen und Analysen des Langzeitverhaltens von PV Systemen. Die beiden letztgenannten Aktivitäten werden vorrangig im Rahmen der internationalen Forschungsplattform „Photovoltaik Power Systems“ der Internationalen Energieagentur durchgeführt.
- arsenal research hat sich durch seine wissenschaftliche Positionierung im Bereich der Netzanbindung von Photovoltaik (Sicherheit, Zuverlässigkeit, Netzverträglichkeit) auch die Einladung erhalten beim im 2005 gegründeten „EU-Network of Excellence – Distributed Energy Resources“ als Kernpartner vertreten zu sein. Derzeit befindet sich dieses europäische Labor, das den Anspruch hat weltweit führend in Forschung und Entwicklung zu sein, im Aufbau. Neben arsenal research sind dabei weitere 10 europäische Forschungsinstitute und Universitäten vertreten. Schwerpunkte der PV-Wechselrichterforschung im Arsenal sind die Frage der Inselbildung, das Maximum-Powerpoint tracking (MPPT), sowie Power Quality Verbesserungen mit PV Wechselrichtern.
- Ein Studiengang “Master of Building Science” an der Donau-Universität in Krems ist der Solararchitektur gewidmet, die Fragen der PV-Gebäudeintegration nehmen dabei einen wesentlichen Stellenwert ein.
- Im wissenschaftlichen Bereich der wirtschaftlichen und sozio-ökonomischen Fragestellungen der PV-Technologie hat sich die Energy Economics Group der TU Wien international hervorragend positioniert. So leitet Univ.Prof. Reinhard Haas auch die entsprechende Arbeitsgruppe im Rahmen des IEA-PVPS Tasks „Urban Scale PV“ und ist in diversen EU Forschungsprojekten aktiv.

Österreichs öffentliche Forschungsförderung beträgt für Aktivitäten im Bereich erneuerbare Energie etwa 10,2 Mio €. (Wert für 2004). Davon wurden in diesem Jahr etwa 4% für Photovoltaik aufgewendet. (0,4 Mio €) Für das neue Energieforschungsprogramm „Energie der Zukunft“ dürften zumindest doppelt so viele Energieforschungsmittel bereit stehen.

Grundsätzlich erscheint es sinnvoll, zukünftige verstärkte österreichische PV Forschungsschwerpunkte vorrangig dort anzusiedeln, wo bereits Wissen vorhanden ist – teilweise ist allerdings eine Ergänzung mit neuen Forschungsaspekten und einer stärkeren Vernetzung sinnvoll und notwendig.

Im Rahmen der Initiativen zur Stärkung des Europäischen Forschungsraumes (ERA) engagiert sich das BMVIT gemeinsam mit arsenal research in der PV ERA NET Initiative, um eine bessere Kohärenz der nationalen Forschungsaktivitäten mit denen der anderen EU Länder zu erreichen.

4.6 Technologiepolitisches Szenario für Österreich

Als Hochtechnologieland hat Österreich grundsätzlich gute Chancen sich in der PV-Technologie, deren globale Zukunftsperspektiven bereits ausführlich dargestellt wurden, in bestimmten Teilbereichen gut zu positionieren. Die Chancen, die für die heimische Wirtschaft, Arbeitsplätze und für Forschungs- und Entwicklung bestehen, sollten rasch erkannt werden, um sich im weltweiten Wettbewerb eine gute Positionierung sichern zu können:

Die Wertschöpfungskette in der Photovoltaik ist lang: Die wesentlichsten Schritte dabei sind:

- Herstellung des Solarsiliziums bis zum kristallinen Silizium (17%)
- die Waferherstellung (18%)
- die Zellproduktion (10%)
- die Modulproduktion (25%)
- die Systemtechnik, Netzanbindung (bis zu 15%)
- Installation, Wartung und Monitoring (15%)

Wobei in Klammer die typischen prozentualen Anteile in der Wertschöpfungskette angegeben sind.¹² Bei speziellerer Nutzung wie gebäudeintegrierter PV (GIPV) ergibt sich eine leichte Verschiebung zum Bereich Installation, oft ist auch eine aufwändigere Modulproduktionstechnik (für besondere architektonische Aspekte) damit verbunden.

Gegenwärtig können von der heimischen PV Wirtschaft nur die letzten 3 Punkte angeboten werden, mit Beginn der ersten Zellfertigung erhöht sich die theoretisch mögliche heimische Wertschöpfung auf etwa 65%.

Aufgrund der bestehenden Strukturen der bereits positionierten Akteure aber auch anderer landespezifischer Gegebenheiten scheinen folgende Teilbereiche der Photovoltaiktechnologie derzeit gute Marktchancen für Österreich zu bieten:

4.6.1 Gebäudeintegrierte Photovoltaik: GIPV

Österreich hat Jahrhunderte lange Tradition in der Architektur, in der formschönen Gestaltung von Gebäuden. Moderne Architektur, moderne Baustoffe, moderne Konzepte geben auch der Photovoltaik, die in Ihrer Art als formschönes Element gesehen wird eine optimale Anwendungsmöglichkeit. Abseits dieser rein optischen Gründe bekommt die Frage

¹² Value added chain for grid connected PV Systems, Werte für 2005, Schott Solar

der energetischen Gebäudeplanung einen immer höheren Stellenwert. Gebäude zu planen, die einen möglichst hohen Anteil der benötigten Energie über die Gebäudehülle gewinnen, wird zum Gebot der Stunde. Auch dabei kann die Photovoltaik in ihren vielen Arten ein wesentliches Element darstellen, da verschiedenste Arten der Stromgewinnung über Teile der Gebäudehülle denkbar sind, von weitgehend transparenten Elementen über Solardachziegel bis zu Fassadenteilen, bei denen oft gar nicht erkennbar ist, dass sie aktive Solarelemente darstellen.

Gebäudeintegrierte PV-Anlagen bieten viele Vorteile und lassen sich durch frühzeitige Planung schon im Entwurf in ein abgestimmtes Gesamtkonzept integrieren und damit Kosten sparen. Besondere Chancen für Preissenkungen ergeben sich durch den parallel wirksamen Nutzen von direkt in Gebäude integrierten Photovoltaiksystemen (Isolierung, Beschattung, Kühlung, etc.) oder neuen architektonischen Nutzungs- und Gestaltungsvarianten beim Errichten von Gebäuden (in Kombination mit neuen innovativen PV-Zellen und Modulen).

Eine Beeinflussung der Gestaltung und der Architektur von Gebäuden durch die Photovoltaik als Element des Gebäudes und sinnvolle Symbiose ist für die Zukunft zu erwarten.



Foto: Gemeindezentrum Ludesch, Ertex-Solar



Foto: Schule Imst, Siblik-Elektrik



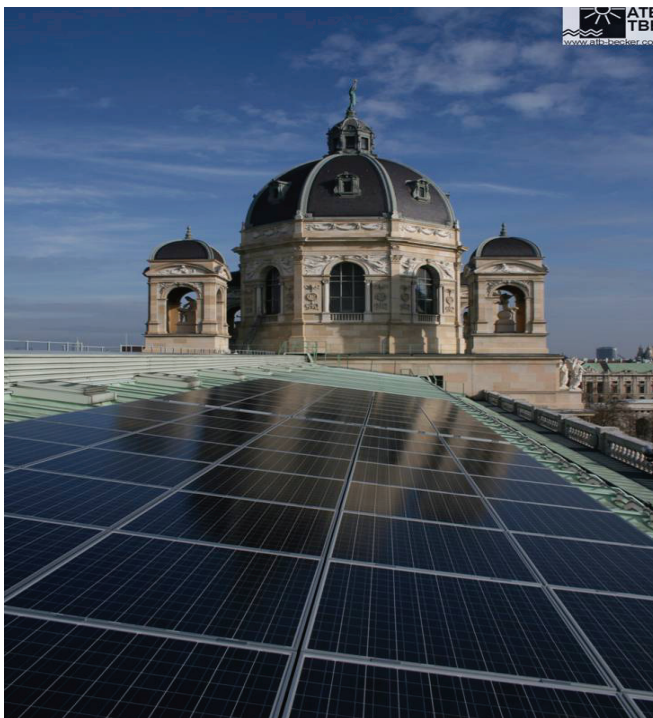
Foto: Gutau, OÖ, KW-Solartechnik



www.oekomarkt.at

Foto: Thening, Ökomarkt, OÖ, Uwe

Kroiss, www.oekomarkt.at



ATB
TBB
www.atb-becker.com

Foto: Wien, Naturhistorisches Museum,

ATB Becker

Ansätze für GIPV:¹³

Weltweit gibt es unterschiedliche Ansätze für die Integration von PV Anlagen in Gebäude. Die unterschiedlichen Ansätze lassen sich in vier unterschiedliche Kategorien zur baukonstruktiven Integration von PV-Anlagen in Gebäude zusammenfassen. Diese Kategorien existieren nebeneinander und sind Ansatz für die Weiterentwicklungen auf diesem Gebiet.

Integration durch Addition der PV:

Bei dieser Art der PV-Nutzung werden die PV Module als zusätzliches Element an der Gebäudehülle angebracht. Zum Einsatz kommt diese Methode bei bereits bestehenden Gebäuden, also hauptsächlich in der Sanierung. Es müssen dabei keine wesentlichen Veränderungen an der Gebäudehülle vorgenommen werden; ein typischer Vertreter ist die Dachaufständerung. Diese Art gehört jedoch nicht direkt zur Gebäudeintegration und wird daher nicht näher behandelt.

Konstruktive Integration der PV:

Bei den drei anderen Ansätzen wird ein PV-Modul als Ersatz eines konventionellen Dachdeckungsmaterials oder anderer Baukomponenten eingesetzt. Diese Ansätze sind langfristig gesehen kostengünstiger, gestalterisch interessanter und ressourcenschonender. Man unterscheidet dabei:

PV in konventionellen Baumaterialien:

Seit längerem wird versucht PV-Module an bestehende konventionelle Baumaterialien wie Dachziegel oder Wandverkleidungen in ihrer Größe und Form anzupassen, um diese als einheitliches Element herstellen zu können. Ein Vorteil ist, dass die Befestigungstechnik und Unterkonstruktion unverändert bleibt.

Bei Neubauten und Sanierungen lassen sich Verkleidungsmaterialien mit integrierter PV in ebene Teilflächen sehr gut verwirklichen. Die zumeist sehr kleinteiligen Abmessungen bringen aus elektrotechnischer Sicht bei der Zusammenschaltung zu größeren Flächen allerdings höhere elektrische Verluste mit sich. Leider bieten die verschiedenen PV-Systeme keine Lösungen für Sonderdetails.

PV Integration in vorgefertigte Bauteile:

Aufgrund des Rationalisierungsdruckes und der steigenden Baukosten in den letzten Jahren werden immer mehr Bauteile vorgefertigt an die Baustellen geliefert und müssen dort nur mehr zusammengebaut werden. Die Vorteile liegen in der Möglichkeit der Massenproduktion, womit sich für den Verbraucher eine Kostenreduktion ergibt. Die Vormontage kann witterungsunabhängig durchgeführt werden und ermöglicht damit eine Reduktion der möglichen Fehlerquellen. Ein Nachteil ist, dass das Design einer modularen Bauweise folgen muss, damit es zu keinen Konflikten an Kanten oder den Übergängen des Gebäudes kommt.

PV als Teil individueller und multifunktionaler Gesamtlösungen:

¹³ Hagemann Ingo B. (2002): Gebäudeintegrierte Photovoltaik – Architektonische Integration der Photovoltaik in der Gebäudehülle, Köln, Müller

Komplexe, repräsentative Gebäude wie Hochhäuser oder Verwaltungsbauten benötigen und ermöglichen andere Lösungskonzepte. Bei dieser Art der Verwendung ist es relevant, dass PV-Module nicht nur Strom erzeugen können sondern auch andere multifunktionale Fähigkeiten (z.B.: integrierter Sonnenschutz bei fassadenintegrierten Modulen, Reflektor zur Tageslichtmodulation, etc.) haben. Diese Technologieentwicklung läuft darauf hinaus, dass gebäudeintegrierte Bauteile immer mehr in der Lage sein werden Umwelteinflüsse und bestimmte Nutzeranforderungen wahrzunehmen und selbständig auf diese zu reagieren.

Es existieren spezielle Vorteile bei der Integration in die Gebäudehülle, wie:

- Kostbare Bodenfläche wird im Gegensatz zur Aufstellung von PV auf freiem Gelände nicht benötigt
- Synergieeffekte durch Substitution von einzelnen Bauteilen durch GIPV – Komponenten (Kombination von Funktionen)
- Verringerung der Material und Installationskosten (nur wenn PV-Technologie in bekannte und bereits standardisierte Baukomponenten (Dachziegel, Glas, etc...) integriert werden kann.
- Senkung des Primärenergieverbrauchs für Gebäude bei der Verwendung von multifunktionalen PV-Systemkomponenten (z.B. Glas mit durchsichtigen PV-Zellen)
- Architektonische Gestaltungsmöglichkeiten
- Verringerung des laufenden Energiebedarfes durch die richtige Verwendung von PV-Zellen (z.B. als Sonnenschutz)

Als derzeit noch bestehende Hemmnisse von GIPV lassen anführen:

- Hohe Anfangsinvestitionen, kundenspezifische Lösungen sind im allgemeinen teurer
- Oft schwierige Austauschbarkeit im Schadensfall
- Architekten / Planer sind oft zuwenig informiert und setzen energierelevante Planungskonzepte oft nicht ein

Folgende ARGUMENTE sprechen für die verstärkte Nutzung von GIPV in Österreich:

- Spezialisierung und Positionierung von österreichischen Unternehmen im Bereich der GIPV. Da derzeit europaweit PV – Anlagen möglichst groß und kostengünstig gebaut werden könnten sich österreichische Unternehmen in der Marktnische der GIPV noch sehr gut international positionieren, wobei mit einem stark zunehmenden Wachstum gerechnet werden kann. Es gibt bereits zahlreiche Firmen, die europa- bzw. weltweit spezielle Module für die GIPV liefern
- Namhafte Forschungsinstitute und Firmen arbeiten bereits in internationalen Projekten mit und sind in internationalen Gremien (z.B. IEA) vertreten
- Steigerung der österreichischen Wertschöpfung und Arbeitsplatzsicherung im Bereich der Planungsbüros und Montagefirmen.
- GIPV (Fassade, Dach) versiegelt keine zusätzlichen Flächen.
- Der Doppelnutzen in der GIPV erhöht die Ökoeffizienz und die Akzeptanz.
- Bewusstseinsbildung für erneuerbare Energien durch optisch ansprechende Systeme

Wichtige Faktoren für den zukünftig verstärkten Einsatz der Photovoltaik in der Architektur sind:

- Verstärkte Standardisierung von Komponenten
- Verstärkter Know-how Transfer – Ausbildungen
- Erhöhung der Anzahl von innovativen Demonstrationsgebäuden
- Finanzielle Unterstützung für den Einbau von GIPV
- Entwicklung von PV-Modulen, die den besonderen Bedürfnissen der Gebäudeintegration entsprechen
- Verbesserung der Effizienz von Zellen und Modulen, um langfristig eine größere Rentabilität zu erzielen
- Reduktion der Herstellungskosten der PV-Module und Systemkomponenten
- Erkennung und Vermeidung von Verlustmechanismen speziell bei GIPV-Systemen, zur Erziehung höherer Jahresenergieerträge .
- Einfluss auf Wohnklima und Energieverbrauch des Hauses
- Fragen der Statik und des Brandschutzes
- Verstärkung der Verwendung des Mehrfachnutzens der GIPV (Verschattungszwecke, architektonisch gestalterisches Element, etc.)

4.6.2 Netzanbindung von Photovoltaik

Die Fragen der Einbindung von Photovoltaik in öffentliche Netze führen rasch zur grundsätzlichen Frage der Stromversorgungsstrukturen der Zukunft. Entsprechen die Stromnetze bisher einer zentralen Erzeugungsstruktur (relativ wenige große Kraftwerke) so wird durch den Übergang zu einer Stromversorgungsstruktur, die schwerpunktmäßig auf erneuerbaren Energieträgern beruht, die grundsätzliche Charakteristik der Netzstrukturen eine andere werden. Einerseits werden die fluktuierenden Stromquellen wie Photovoltaik und Wind, aber auch wärmegeführte Kraftwärmekopplungen einen bedeutenden Anteil bekommen, andererseits werden durch die Liberalisierung des Strommarktes auch die Kunden zu aktiven Akteuren im Strommarkt. Dieser bevorstehenden fundamentalen Änderung in der Stromversorgungsstruktur wird mittlerweile auch international Bedeutung geschenkt; im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU findet sich mit dem Thema „Smart Energy Networks“ erstmals eine diesbezügliche Initiative. Die 2006 gegründete EU Technologieplattform „Smart Grids“ widmet sich ebenfalls genau diesem Thema und in der IEA wird mit ENARD (Electricity Networks, Analysis, Research and Development) seit Ende 2006 ebenso diese Thematik adressiert.

Wenngleich dies kein rein PV spezifisches Thema ist, kommt doch der Komponente Wechselrichter dabei eine entscheidende Bedeutung zu. Bei stärkerer Durchdringung der Photovoltaik kann die Netzstruktur diese diskontinuierliche Energie nicht mehr in einfacher Weise aufnehmen. Der Wechselrichter, aber auch andere ähnliche leistungselektronische Geräte, haben zusammen mit der Kommunikationstechnologie das Potential auf diese Herausforderungen die entsprechenden Antworten zu geben. Die jüngsten Entwicklungen sowohl in der Leistungselektronik als auch in der Kommunikationstechnologie eröffnen ein weites Potential an neuen Entwicklungen, um all den Herausforderungen der neuen dezentralen Stromerzeugungsstrukturen effizient zu begegnen.

Wie bereits erwähnt, ist Österreich insbesondere im Bereich der Netzintegration hervorragend positioniert. Neben den großen Wechselrichterfirmen Fronius und Siemens sind die Forschungs-Aktivitäten bei arsenal research, in der Leistungselektroniksparte der SIEMENS-Austria (vormals VA-Tech-ELIN) sowie in der Kommunikationstechnologie eine

ausgezeichnete Basis, um in diesem Technologiefeld weltweit eine Vorreiterposition einzunehmen.

Seitens der Kommunikationstechnologie ist das Institut für Computertechnologie der TU Wien, seitens ökonomischer Aspekte die TU EEG, international gut positioniert.

Langjährige Erfahrung in der Einspeisung aus kleinen Kraftwerken ist besonders auch durch die Tradition der Kleinwasserkraftnutzung in Österreich vorhanden.

Wichtige zukünftige Aspekte für die optimale Integration der Photovoltaik in elektrische Netze sind:

- Entwicklung und Verstärkung von gemeinsamen technischen Standards, Protokollen, Tests und Zertifizierungen für Wechselrichter
- Entwicklung von vereinheitlichten Richtlinien für die Integration von PV – Anlagen in die elektrischen Netze
- Entwicklung von multifunktionalen Wechselrichtern (Wechselrichter, welche einen Beitrag zur aktiven Verbesserung der Versorgungsqualität leisten können)
- Ausbau von Forschungs- und Testeinrichtungen für Wechselrichterhersteller in Bezug auf Sicherheits-, Lebensdauer-, und Wirtschaftlichkeitsaspekte
- Entwicklung von Werkzeugen für die Netzintegration einer großen Anzahl von dezentralen PV-Einheiten – z.B. Programme welche Daten für GIS, Netz, Kosten, Angebot und Nachfrage beinhalten
- Verstärkter Know-how Transfer – Ausbildungen für Netzbetreiber und Anlagenerrichter
- Analyse von Verhalten und Besonderheiten von großen dezentral, mit einem hohen Anteil an PV versorgten, Netzbereichen (Erzeugung, Last, Speicher, Demand Response, etc...);
- Entwicklung von präzisen Prognosewerkzeugen für PV (Simulationen, Berechnungen)
- Entwicklung von neuen Regelstrategien für dezentrale Netzmanagementsysteme mit hohem Anteil an PV – Anlagen
- Demonstration mittels Innovationstestzonen, in welchen ein hoher Anteil an PV Erzeugung in elektrische Netze integriert und Netzmanagementstrategien getestet werden können

4.6.3 Weitere Technologieschwerpunkte:

Andere Forschungsschwerpunkte, wie Zellforschung, basierend auf neuen Materialien (Christian Doppler Labor an der Uni Salzburg), die Entwicklung von Polymerzellen (Konarka Linz) oder am Atominstitut stellen in der internationalen Forschungsszene anerkannte und vielversprechende Nischen in der Grundlagenforschung dar und sollten verstärkt weitergeführt werden.

Für die wachsende Zahl heimischer Produktionen von PV-Modulen aber auch Zellen, ist es wesentlich, dass es eine begleitende nationale F&E Einrichtung gibt, die Forschungs-Infrastrukturen zur Verfügung stellt und deren Experten Forschungspartnerschaften für das Vorantreiben von Innovationen in den heimischen Betrieben anarbeiten können. Als Beispiele für derartige Themen wären die hochgenaue leistungsmäßige Modulcharakterisierung (produktionsbegleitend), spektrale Untersuchungen oder Simulationen im Modul- und Systembereich zu nennen.

Für eine Fokussierung der heimischen Aktivitäten im Bereich der PV scheint es jedenfalls angebracht, diese spezifischen Forschungsschwerpunkte mit einem entsprechenden mittel- bis langfristigen Konzept abzusichern und für eine entsprechende finanzielle Ausstattung zu sorgen. Speziell bei den anwendungsorientierten Forschungsschwerpunkten ist es ein wesentliches Faktum, dass - beginnend mit Demonstrationsaktivitäten – ein Heimmarkt eine grundlegende Voraussetzung ist, um auch in Forschung und Entwicklung eine Technologieführerschaft beibehalten bzw. ausbauen zu können. In diesem Kontext sollte auch bei den nachfolgend beschriebenen Maßnahmen darauf Bezug genommen werden; dies bedeutet beispielsweise, dass für einen Ausbau der Kompetenz im Bereich der Gebäudeintegration in einen Baukörper integrierte Anlagen einen erhöhten Förderanreiz erhalten sollten.

IEA-Forschung als wesentlicher Impulsgeber für die heimische Forschung:



Für ein Land wie Österreich sind insbesondere die Anbindungen an internationale Forschungsk Kooperationen von besonderer Bedeutung. Im Photovoltaik-Bereich ist dies neben den EU Programmen vor allem die Aktivität, die im Rahmen des IEA Implementing Agreements „Photovoltaik Power Systems Programme“ gesetzt wird. Die aktive Beteiligung, die seit Beginn des Programmes (1995) besteht, hat wesentlich zur bisherigen Positionierung der heimischen angewandten PV-Forschung beigetragen.

Koordiniert von arsenal research sind derzeit darüber hinaus die TU Wien, das Umweltbundesamt sowie die Fa. Fronius im IEA-PVPS Forschungsprogramm aktiv beteiligt. (www.iea-pvps.org)

4.6.4 Überblick energietechnologisches Szenario für Österreich:

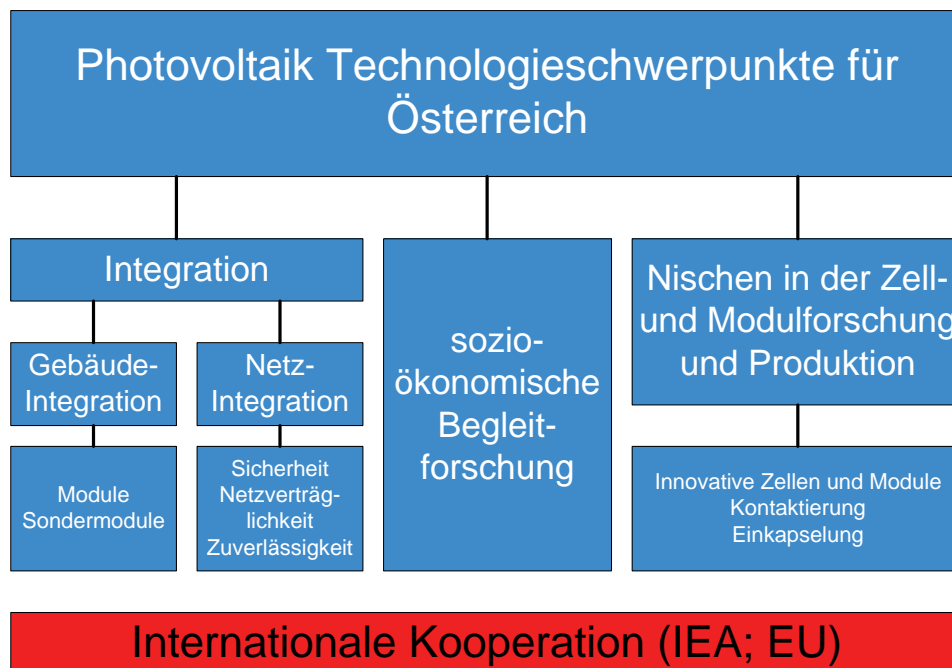


Abbildung 10 Überblick Energietechnologisches Szenario für Österreich

Österreich sollte sich bis zur Zeit der vollständigen Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik in den Teilbereichen Integration in das Gebäude und elektrische Netze, sowie innovative Zelltechnologien und Modulproduktion unter den Technologieführern positioniert haben.

5. WIRTSCHAFT

5.1 International

International hat sich die Photovoltaik zu einem mittlerweile beachtlichen Wirtschaftszweig entwickelt. Allein in Deutschland waren Ende 2006 über 31.000 Personen bei Herstellung, Installation und Betrieb von PV Anlagen beschäftigt¹⁴. Forschung, sowie begleitende Aufgaben erhöhen diese Zahl noch weiter.

Große Elektrokonzerne wie Sharp, Kyocera, Sanyo und Mitsubishi, aber auch aus der Ölindustrie bekannte Namen wie Shell und BP haben sich in der Photovoltaik führend positioniert. Mittlerweile entwickeln sich auch erste Großunternehmen, die in der Photovoltaik ihren Ursprung haben.

5.2 Österreichische Ausgangssituation

Österreichs Bevölkerung ist hinsichtlich des ökologischen Bewusstseins weltweit unter den führenden Nationen. Sowohl bei Solarthermie als auch bei der Biomasse erreichen die pro Kopf-Installationszahlen europaweit bzw. auch weltweit Spitzenwerte. Ein starker Heimmarkt ist eine gute Basis für eine solide Wirtschaftsentwicklung. Dies wird dadurch veranschaulicht, dass etwa jeder 3. in Europa installierte thermische Sonnenkollektor aus österreichischer Produktion stammt.

Die österreichische PV Industrie hängt aufgrund der herrschenden Rahmenbedingungen fast ausschließlich von den Entwicklungen der internationalen PV-Märkte, und dabei speziell des deutschen, ab. Der nahe deutsche Markt ist ein wesentlicher Grund für die gegenwärtig positive Entwicklung der Arbeitsplätze in der heimischen PV Wirtschaft.

Bereits seit mehreren Jahren bestehen diverse kleine und mittlere PV-Modulproduktionen (Photovoltaik Technik Austria GmbH, SED GmbH, KIOTO Photovoltaik GmbH, Ertex-Solar GmbH, Energetica, Solon-Hilber). Derzeit sind 2 Solarzellen-Produktionen in Österreich in Planung.

Die Bedeutung der Photovoltaik für Österreich liegt derzeit daher nicht schwerpunktmäßig bei der Zellherstellung, sondern neben den erwähnten Modulproduzenten vor allem in Spezialteilaspekten der PV-Wertschöpfungskette.

Erfolgreiche Beispiele international agierender österreichischer Industrie sind z.B.:

der Weltmarktführer für Zell-Einkapselungen Isovolta,

der europaweit zweitgrößte PV-Wechselrichterhersteller Fronius,

die Wechselrichterentwicklung und –produktion von Siemens-Austria in Wien

der Erzeuger von nachgeführten PV-Trackern SOLON Hilber,

Forschung an organischen Solarzellen der Fa. Konarka (hervorgegangen aus Christian Doppler Labor an der Kepler Universität in Linz)

¹⁴ Der deutsche PV Markt 2006, vom Nachfrageüberhang zum Wettbewerb – zentrale Ergebnisse der Euro-Pressedienst research Studie

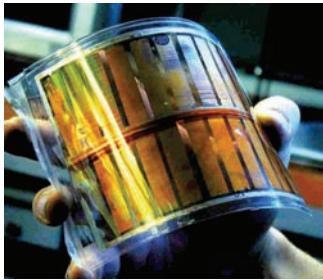


Foto: Organische Solarzelle (Prof. Sariciftci, Kepler Univ. Linz)

Besonders relevant für die zukünftige Entwicklung von österreichischen Technologienischen im Bereich der Photovoltaik ist auch das bestehende Know-how von einigen PV-Installationsbetrieben im Bereich der gebäudeintegrierten Photovoltaik (GIPV), beispielsweise sei der mit dem „energy globe“ ausgezeichnete Möbelmarkt Trop (ATB Becker) genannt.



Foto: St.Johann/Tirol, ATB Becker

5.3 Gegenwärtige PV-Wirtschaftssituation

Auch wenn sich der Markt in Österreich aufgrund der diskontinuierlichen Förderpolitik als sehr unstetig beschreiben lässt, haben österreichische PV Firmen ihre Geschäftserfolge signifikant steigern können. Dies lässt sich überwiegend mit dem nahen und großen Markt Deutschland erklären, der den fehlenden Heimmarkt aufgrund der dort stabilen und ausgeprägten Fördersituation größtenteils kompensieren kann.

Österreich hat eine lange Tradition als Land mit einer der größten PV-Wechselrichterproduktionen Europas. Dank des international stark steigenden Marktes im Jahr 2006 konnten die beiden großen Wechselrichterhersteller Fronius und Siemens ihre Produktion auf insgesamt ca. 75.000 Stück mit einer Kapazität für ca. 250 MW_{peak} erhöhen. Die Exportquote liegt hier bei über 95%, hauptsächlich nach Deutschland.



Quelle: Fronius

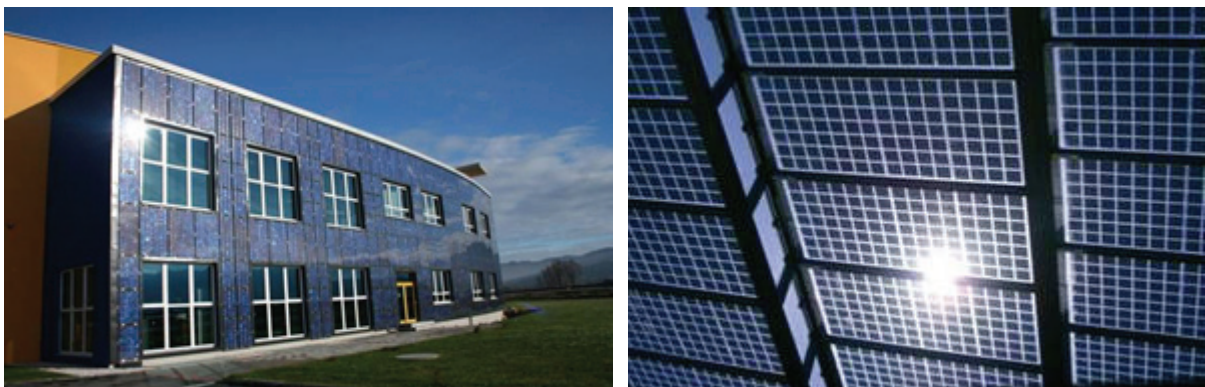
Ein anderes erfolgreiches Beispiel ist die österreichische Weltmarktführerschaft bei PV Modulkomponenten (Einkapselungsmaterialien für PV-Modulen) durch die Firma Isovolta AG. Die Einkapselungsmaterialien werden weltweit von vielen Modulproduzenten verwendet – im Jahr 2005 wurden Einkapselungsmaterialien für über 650 MW PV Module produziert.

Im Bereich der Modulproduktion sind in Österreich folgende Firmen aktiv:

PVT AUSTRIA startete seine Modulproduktion (Standard und Spezialanfertigungen) im Jahr 2002. Die mono- und multikristallinen Siliziumzellen werden von verschiedensten Zellenproduzenten gekauft, hauptsächlich aus Deutschland, Spanien den USA und TAIWAN. Angebotene Spezialprodukte inkludieren kundenspezifisch gefertigte Solarmodule mit gefärbten Solarzellen genauso wie multikristalline Module mit Isolierglas.

Die Firma SED ist auf die Produktion von PV-Dachziegeln fokussiert. Die verwendeten multikristallinen Zellen werden aus Frankreich importiert.

Ertex-Solar, ein Tochterunternehmen der Ertl Glas AG, ist großer Hersteller von Sicherheitsglasprodukten und produziert kundenspezifische PV Modulanfertigungen für die Gebäudeintegration, insbesondere für die Fassadenintegration. Die Zellen werden aus Deutschland importiert.



Quelle: Ertex Solar

KIOTO-Photovoltaik GmbH im Naheverhältnis mit Europas größtem Hersteller von Solarwärmekollektoren GreenOneTec, produziert Standardmodule, basierend auf Zellen aus Deutschland.

Energetica Energietechnik GmbH, produziert gerahmte Standardmodule und Glas-Glas Module, basierend auf mono- und multikristallinen Zellen aus verschiedenen Ländern.

Fa SOLON Hilber Technologie, eine 100% Tochter der Deutschen SOLON AG, welche nachgeführte PV Modul - Trackingsysteme – sogenannte PV Mover - herstellt. Im Jahr 2006 wurden davon ca. 25 MW produziert.

Tabelle 1 Produktion 2006 und Produktionskapazität im Jahr 2006 für die einzelnen Produzenten in Österreich (in Klammern die Werte für 2005)¹⁵

Zellen/Modulhersteller	Technologie (sc-Si, mc-Si, a-Si, CdTe)	Produktion 2006 (MW)		Maximale Produktionskapazität (MW/Jahr)	
		Zellen	Module	Zellen	Module
1 SOLON Hilber Technologie	mc-Si / sc-Si	-	25 (10)	-	k.A. (k.A.)
2 PVT Austria	mc-Si / sc-Si	-	10,1 (4,5)	-	30 (6)
3 Energetica	mc-Si / sc-Si	-	6,0 (2,0)	-	10 (5)
4 KIOTO Photovoltaik	mc-Si / sc-Si	-	5,0 (1,5)	-	5,4 (2)
5 ERTEX Solar	mc-Si / sc-Si	-	0,25 (<0,5)	-	0,25 (k.A.)
6 SED	mc-Si	-	0,12 (0,2)	-	2 (2)
TOTAL:	-	-	46,5 (20,5)	-	>70 (k.A.)

Die gesamte Modulproduktion in Österreich im Jahr 2006 betrug ca. 46,5 MW, was etwa einer Verdopplung der Produktion gegenüber 2005 entspricht

Im Jahr 2006 existierte in Österreich noch keine PV-Zellenproduktion. Die meisten Zellen werden aus verschiedenen Ländern wie z.B.: Deutschland, Spanien, den USA, Taiwan oder Frankreich importiert. Trotzdem wurden bereits im Jahr 2006 einige Aktivitäten zum Aufbau einer Zellproduktion gestartet.

Im Sommer 2007 startet die Firma Falconcell die Produktion von Solarzellen in Staats/NÖ.

In Güssing wird die Fa. Blue Chip Energy GmbH ab etwa Frühjahr 2008 mit der Produktion von monokristallinen PV Zellen beginnen, womit etwa 140 Personen beschäftigt werden.

¹⁵ Quelle: National Survey Report of PV Power Applications in Austria 2006; arsenal research



Quelle: Blue Chip

Powerquant, ein Spin-Off der TU-Wien ist beim Aufbau einer Produktion von multikristallinen Siliziumzellen. Powerquant hat eine besonders verlustarme Löt-Verbindungstechnik der Zellen entwickelt, wodurch der Strom ganzflächig aufgenommen und in voller Breite zur nächsten Zelle geleitet wird. Die externen Verbindungen der Zellstränge entfallen. Multikristalline Silizium-Solarzellen werden außerdem mit diagonalen Strombussen und optimiertem Fingernetz angeboten. Diese Form wurde von Powerquant speziell für Design-Lösungen in der Gebäudeintegration entwickelt um die hohe Leistungsdichte der Silizium-Solarzelle mit ansprechender Erscheinung zu kombinieren.

Im Jahr 2005 wurden ca. 2,96 MW PV in Österreich installiert, was bei einem durchschnittlichen Systempreis von 5,5 €/W einem Wert von 17 Millionen € entspricht.

Im Jahr 2006 kam es aufgrund der ungünstigen Fördersituation zu einem Rückgang auf 1,56 MW.

Der Wert der exportierten PV Komponenten wurde im „National Survey Report of PV Power Applications in Austria“ auf über 440 Millionen € geschätzt. Importe, hauptsächlich PV Zellen für die Modulproduktion wurden im Report mit 120 Millionen € geschätzt.

Der Vollständigkeit halber seien hier noch weitere Betriebe genannt, die im Bereich der Photovoltaik tätig sind, darunter fallen beispielsweise Firmen, die Verdrahtungen für Zellkontaktierung oder aber auch photovoltaische Kleinanwendungen produzieren. Insgesamt liegt die Zahl der dabei Beschäftigten aber unter 50 Personen.

In einer Abschätzung beruhend auf existierenden Studien (National Survey Report 2006, IEA; Jahr 2006; PV Markt Studie 2006, G. Faninger) kommt man auf folgende Werte:

Erzeugung von PV System Komponenten, inkludiert sind Arbeitsplätze in den Bereichen Forschung und Entwicklung von Produktionsfirmen: ca. 830

Arbeitsplätze in Forschung und Entwicklung (ohne Produktionsfirmen): ca. 40

Alle anderen, inkludiert sind z.B. Beschäftigte in PV-Installationsbetrieben: ca. 40

Insgesamt kann daher in Österreich aktuell bereits von zumindest 900 Arbeitsplätzen ausgegangen werden, welche direkt in Verbindung mit der Produktion, Installation, Forschung und Entwicklung von PV Systemen und Komponenten stehen.

Folgende Zahlen bezüglich zukünftig möglicher Entwicklung von Arbeitsplätzen im Bereich der Photovoltaik lassen sich abschätzen:

Der deutsche Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW)¹⁶ i.G. schätzt, dass die Arbeitsplätze in Deutschland im PV-Bereich auf die einzelnen Teile der Wertschöpfungskette wie folgt aufgegliedert sind:

Handwerk	60 Prozent
Großhandel	10 Prozent
Industrie	30 Prozent

Diese Zahlen legen klar, dass der größte Teil der Arbeitsplätze im Handwerk entsteht.

Auch in der Studie Solar Generation (2004)¹⁷ wird damit gerechnet, dass bis 2010 etwa 30 Arbeitsplätze pro MW installierter Leistung im Bereich Installation, Verkauf und lokales Service geschaffen werden. Im Bereich der Produktion wird pro MW mit 15 Arbeitsplätzen gerechnet. In weiterer Folge (Zeitraum 2010 – 2020) wird durch weitere Optimierung der Prozesse jedoch von einer Absenkung der spezifischen Beschäftigung im Bereich der Installation auf 26 Arbeitsplätze pro MW und bei der Produktion auf 10 Arbeitsplätze pro MW ausgegangen.

¹⁶ Quelle: <http://www.solarwirtschaft.de/typo3/?index.php>

¹⁷ Quelle: Studie Solar Generation; <http://www.epia.org/05Publications/Solargeneration.htm>; 2004

6. MARKT

6.1 Kostenentwicklung - Konkurrenzfähigkeit

Die Kosten pro installierten kWp liegen derzeit bei etwa 5.000-7.000 Euro. Neue Zellproduktionstechnologien, vor allem aber auch das weltweite Wachstum bei Produktion, Vertrieb und Installation eröffnet noch weite Kostensenkungspotentiale.

Abbildung 11 und Abbildung 12 stellen die historische Entwicklung und zukünftig erwartete Preisreduktionen der Modulpreise, sowie den jährlichen weltweiten Absatz von Solarmodulen dar.

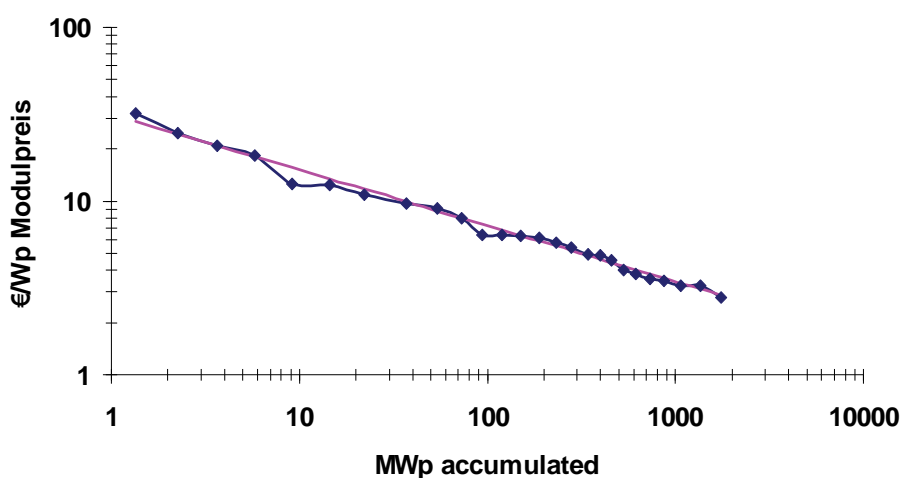


Abbildung 11 Historische und zukünftig erwartete Preisreduktionen für PV Module mit entsprechender Steigerung der kumulierten weltweit installierten PV Leistung in GWp¹⁸

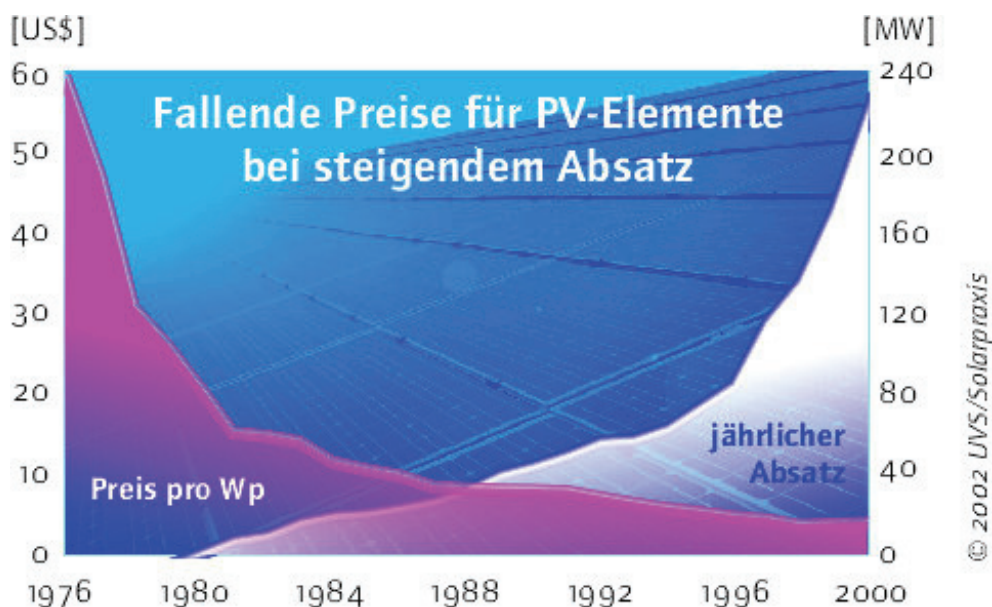


Abbildung 12 Historische Preisreduktionen für PV Module mit entsprechender Steigerung der kumulierten weltweit installierten PV Leistung in Wp¹⁹

¹⁸ Quelle: <http://www.epia.org/03DataFigures/Presentations.htm>

6.2 Solarmodul Markt Preise

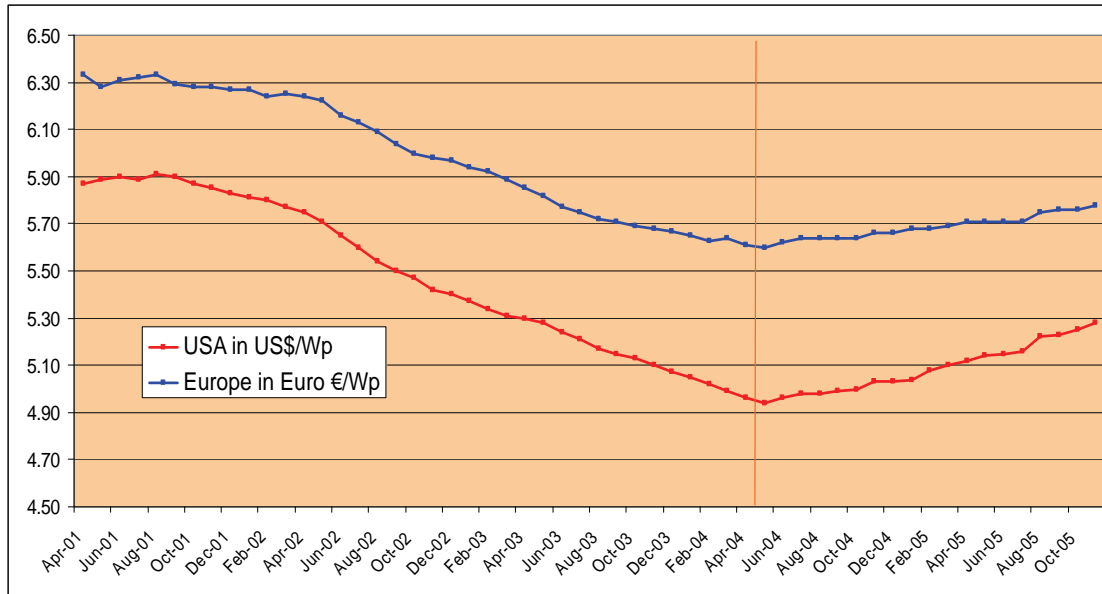


Abbildung 13 Solar Modul Markt Preise²⁰

In Abbildung 13 sind durchschnittliche Marktpreise für Solarmodule in den USA und Europa von April 2001 bis Oktober 2005 angeführt. Aufgrund der derzeitigen Knappheit an verfügbarem Silizium in Photovoltaikqualität ist eine geringe Steigerung der Modulkosten aufgetreten. Alle großen Siliziumproduzenten sind aktuell dabei ihre Produktionskapazitäten zu erhöhen, einige Neue sind im Aufbau sodass mit einer deutlichen Entspannung in Zukunft gerechnet werden kann.

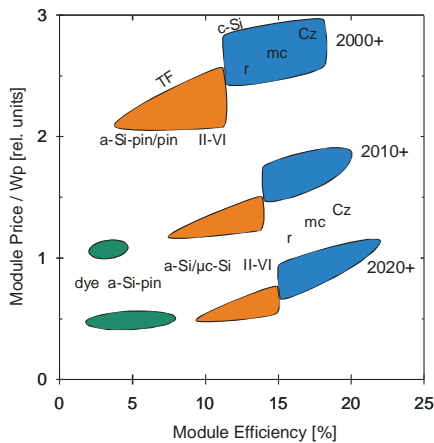


Abbildung 14 Historische und zukünftig erwartete Preisreduktionen für PV Module mit entsprechender Steigerung der Wirkungsgrade²²

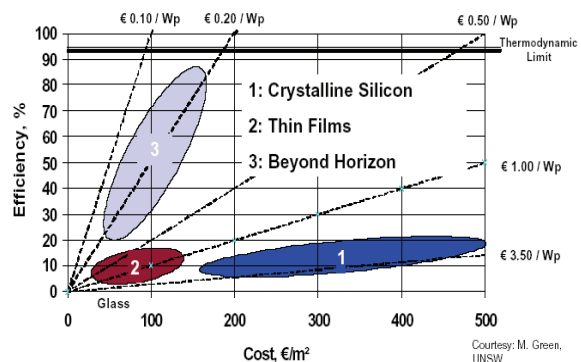


Abbildung 15 Generationen von Solarzellen: Kosten – Wirkungsgraderwartungen²¹

¹⁹ Quelle: UVS/Solarpraxis

²⁰ Quelle: <http://www.epia.org/03DataFigures/Presentations.htm> and Solarbuzz

²¹ Quelle: „R&D Roadmap for PV“; European Joint Research Center, Arnulf Jäger-Waldau

²² Quelle: <http://www.epia.org/03DataFigures/Presentations.htm> und RWE Schott

Zukunftsprognosen:

- EPIA und RWE Schott erwarten durch die zukünftigen Wirkungsgradsteigerungen eine weitere Kostenreduktion auf ca. 1 Euro pro Watt (2020+).
- Für 2030 werden in der japanischen Roadmap Stromkosten von ca. 7 Yen (ca. 9 €cent) pro kWh prognostiziert.²³
- Die Konkurrenzfähigkeit von PV-Strom wird laut EPIA derart eingeschätzt, dass es im mitteleuropäischen Raum etwa 2020 zu dem Punkt kommt, wo die Kosten des Spitzenstromes (Mittagsspitze) den PV Erzeugungskosten entsprechen (siehe Abbildung 16 und Abbildung 17).

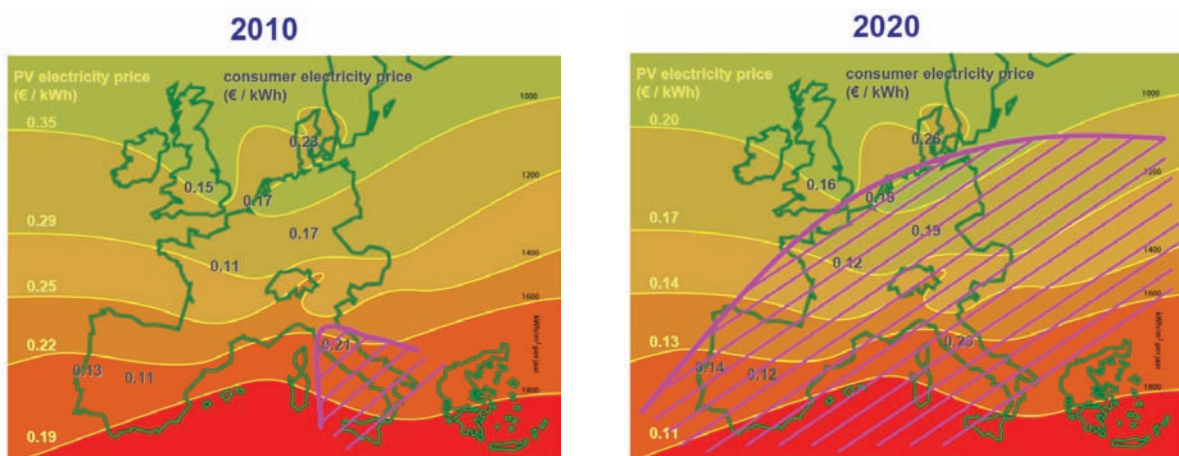


Abbildung 16 Vergleich von zukünftig erwarteten Stromerzeugungskosten aus PV mit Stromkosten für Haushaltskunden (€/kWh)²⁴

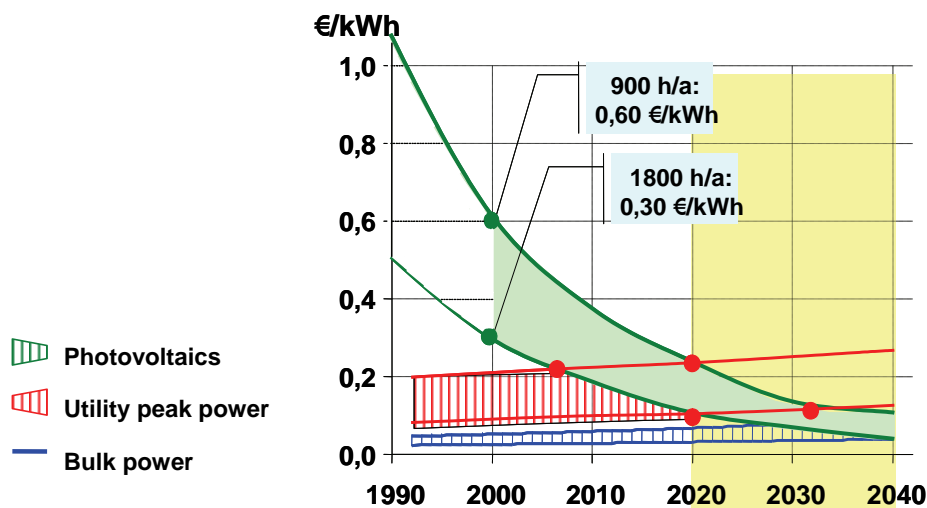


Abbildung 17 Vergleich von zukünftig erwarteten Stromerzeugungskosten aus PV mit Stromkosten für Basislast und Spitzenlast (€/kWh)²⁵

²³ Für die Berechnung wurde ein Umrechnungskurs von 1€ = 130 Yen für das Jahr 2004 verwendet.

²⁴ Quelle: <http://www.epia.org/03DataFigures/Presentations.htm>

²⁵ Quelle: <http://www.epia.org/03DataFigures/Presentations.htm>

In vielen Anwendungsbereichen ist die Photovoltaik bereits heute billiger als jede andere Art der Stromerzeugung; vor allem Kleingeräte, wo teure Batterien ersetzt werden und netzferne Gebiete. Wie in den letzten Jahren beobachtet werden konnte, eröffnen sich mit jeder weiteren Preissenkung der Photovoltaik völlig neue Anwendungsgebiete. Einer der wichtigsten Indikatoren ist eben die Entfernung vom öffentlichen Stromnetz, d.h. die Kosten des Verlegens neuer Stromleitungen werden in Relation zu den PV Anlagenkosten immer höher. Damit verringert sich die "kosteneffiziente Distanz".

Waren früher nur Schutzhütten und Messstationen weitab vom Netz die einzigen kosteneffizienten Anwendungsgebiete, so sind inzwischen bereits auch Autobahnsignalanlagen, Beleuchtung für Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel, Weichenschmieranlagen der Straßenbahn und andere Anwendungen im urbanen Gebiet durchaus kostengünstiger mit PV Anlagen zu versorgen als durch Herstellung einer Sticheitung vom Versorgungsnetz. Mit jeder weiteren Reduktion der Kostenschere zwischen konventioneller Stromerzeugung und PV-Kosten eröffnen sich neue wirtschaftliche Marktsegmente.

Darüber hinaus ist ein wichtiger Faktor, dass etwa 20% der Weltbevölkerung (d.h. etwa 1,6 Milliarden) nicht an ein Stromnetz angeschlossen sind. [IEA 2002]

6.3 Der österreichische Photovoltaik-Markt

Seit Mitte der 80er Jahre wird Photovoltaik in Österreich in unterschiedlichem aber stark diskontinuierlichem Ausmaß gefördert. Am Beginn der Entwicklung in Österreich haben die österreichischen Stromversorger durch eigene Forschungs- und Demonstrationsprojekte einen wesentlichen Beitrag zur Erforschung dieser neuen Energiequelle geleistet.

Das erste österreichweite Förderprogramm, der so genannte „200 kW - Photovoltaik - Breitentest“, wurde 1992 initiiert. Diese Aktion umfasste private Solarstromanlagen im Leistungsbereich von 1 bis 3,6 kWp mit einem Gesamtumfang von 200 kWp. Das Programm wurde gemeinsam vom Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs (VEÖ), vom Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten und vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung organisiert.

In den Neunzigerjahren gingen die Hauptaktivitäten im Bereich Photovoltaik von Oberösterreich aus. Ab 2002 ist Vorarlberg zum „Sonnenland“ geworden, da kurzfristig eine spezielle PV-Förderung im Land eingeführt wurde; Vorarlberg kann mittlerweile (2006) mehr als 1/3 der österreichweiten installierten Gesamtleistung verzeichnen (Siehe Abbildung 18). Mit 1. Jänner 2003 wurden die länderspezifischen Unterstützungen für Photovoltaik zugunsten eines bundesweiten Fördermodells eingestellt.

Netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen in Österreich Ökostromanlagen und von Bundesländern geförderte Anlagen Ende 2006 installierte Leistung, MW

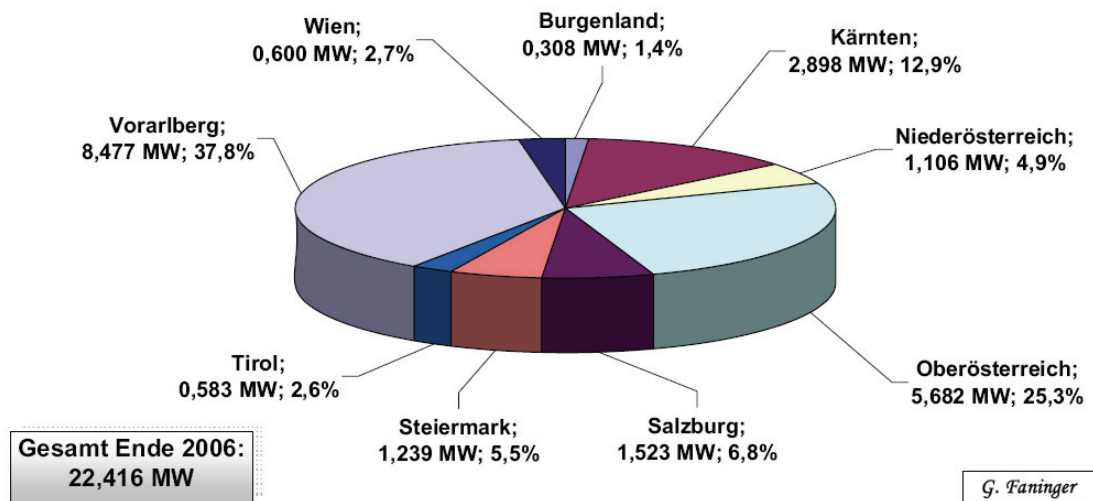


Abbildung 18 Bundesländerstatistik 2006²⁶

Des Weiteren trat am 1. Jänner 2003 die erste Version des Ökostromgesetzes in Kraft, welches erstmals die Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energiequellen, darunter auch Photovoltaik, bundesweit vereinheitlichte.

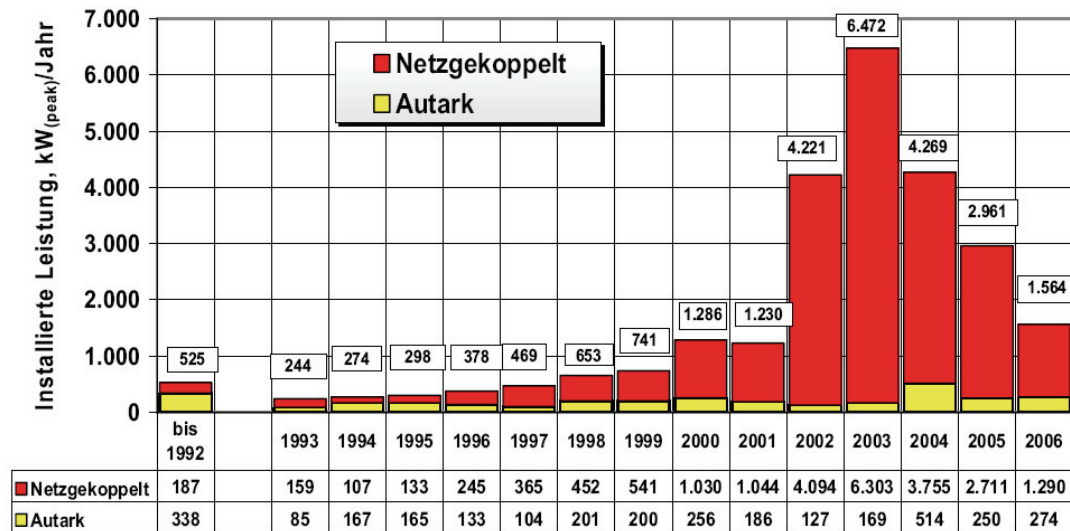
Die Vergütung lag zwischen 60 Eurocent für Kleinanlagen und 47 Eurocent für Großanlagen (>20 kWp), gewährleistet auf eine Zeitdauer von 13 Jahre.

Diese geförderte Vergütung wurde allerdings nur für eine Gesamtleistung von 15 MW (inklusive der bereits bestehenden 7 MW Altanlagen) bewilligt. Dieser Wert wurde durch Ansuchen bei den relevanten Stellen bereits etwa 14 Tage nach Inkrafttreten des Gesetzes erreicht. Die bewilligten Anlagen wurden in den folgenden Monaten und Jahren fertig gestellt, was zu einem bisher maximalen Zubau von ca. 6,3 MW im Jahr 2003 geführt hat. Seither ist jedoch ein starker Rückgang an installierter Leistung zu verzeichnen. Im Jahr 2005 wurden nur mehr ca. 45% der Leistung des besten Jahres 2003 installiert, 2006 nur mehr 24%. Wobei ein hoher Anteil der neu installierten Leistungen auf wieder eingeführten Förderungen in einzelnen Bundesländern beruht. In Abbildung 19 und Abbildung 20 ist ein Überblick über den österreichischen Photovoltaikmarkt im Zeitraum von 1995 – 2003 dargestellt.

²⁶ Quelle: Studie: Der PV Markt in Österreich 2006; Gerhard Faninger, Mai 2007

Photovoltaik-Markt in Österreich

Jährlich installierte Leistung in kW_(peak) : 1993 - 2006

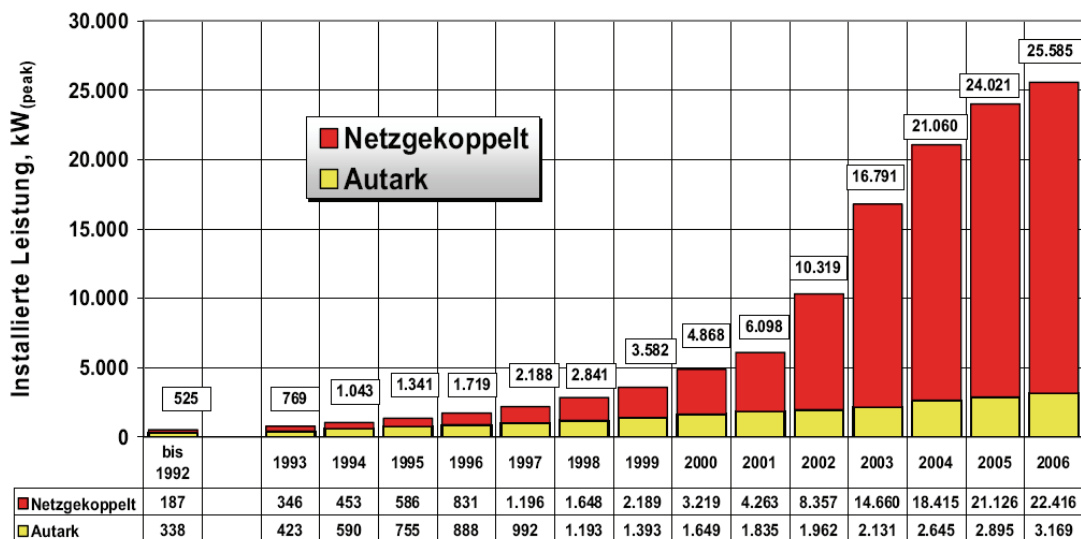


G. Faninger

Abbildung 19 Photovoltaikmarkt in Österreich²⁷

Photovoltaik-Markt in Österreich

Kumulierte installierte Leistung in kW_(peak)



G. Faninger

Abbildung 20 Kumulierte installierte PV Leistung in kWp²⁸

²⁷ Quelle: Studie: Der PV Markt in Österreich 2005; Gerhard Faninger, April 2006

²⁸ Quelle: Studie: Der PV Markt in Österreich 2005; Gerhard Faninger, April 2006

Bis Ende 2006 wurden in Österreich ca. 25,5 MWp installiert, wobei ca. 88% netzgekoppelt und ca. 12% autark betrieben werden. Abgeschätzt ergibt das einen Beitrag von ca. 20 GWh/Jahr PV Strom für Österreich. Dies entspricht einem Anteil von etwa 0,3‰ (Promille) der jährlich benötigten Strommenge in Österreich.

Für typische PV-Anlagen (Gesamtsysteme) auf Wohnhäusern musste im Jahr 2006 mit Kosten von ca. 5 bis 6 EUR/Watt gerechnet werden. Für eine typische Anlage mit 5kWpeak bedeutet das Systemkosten zwischen 25.000 und 30.000 Euro.

Seit Oktober 2006 ist, auf Basis der Revision des Ökostromgesetzes, ein neuer Einspeisetarif in Kraft, welcher allerdings budgetmäßig eingeschränkt ist und zwischen 49 €Cent (Anlagen < 5kW), 42 €Cent (5-10 kW) bzw. 32€Cent (Anlagen >10 kW) liegt, wobei 2007 eine leichte Reduktion der Einspeisetarife (46, 40 bzw. 30 €Cent) vorgenommen wurde. Für Gebäudeintegration ist keine erhöhte Unterstützung vorgesehen.

7. RAHMENBEDINGUNGEN

Eine Energietechnologie, welche bezüglich der Steigerung des Wirkungsgrades und der Reduktion der Produktionskosten noch lange nicht am Ende ihres Potentials angelangt ist, ist zweifelsohne förderungswürdig.

Förderungen können sich grundsätzlich auf die Forschung beziehen und/oder auf die verstärkte Markteinführung.

Werden keine Forschungsförderaktionen in Österreich, sehr wohl aber marktunterstützende Maßnahmen gesetzt, so wird die Forschungsaktivität in logischer Konsequenz völlig im Ausland stattfinden. Dass dies mittelfristig auch Folgen für die heimische Produktion und somit die Wertschöpfung im Inland hat, liegt auf der Hand. Welche Forschungsschwerpunkte aus heutiger Sicht Erfolg versprechend scheinen, wurde bereits erläutert.

Wird nur Forschungsförderung, aber keine Markteinführungsstrategie betrieben, so werden die Forschungsaktivitäten, die vielfach in internationalen Kooperationen durchgeführt werden ausschließlich auf ausländische Wirtschaftsunternehmen des PV Bereiches befruchtend wirken. Dies besonders in Ländern, wo starke Markteinführungsaktivitäten existieren (z.B.: Deutschland, Spanien, Italien, etc...).

Ziel muss es daher sein, eine Form von kombinierter Forschungs- und Markteinführungsunterstützung zu finden.

Marktunterstützungsvorschläge sind im Detail im folgenden Kapitel „Energiewirtschaftliche Aussichten“ dargestellt.

7.1 Energiewirtschaftliches Szenario

Dieses Kapitel widmet sich der Frage, welche Möglichkeiten für das relativ kleine, aber technologisch gut positionierte Land Österreich in der Photovoltaik gesehen werden und wie diese Chancen aufgegriffen werden können.

Bei dem in der Erstellungsphase dieser Roadmap durchgeführten Expertenworkshop wurden neben notwendigen forschungsspezifischen Aspekten auch die internationalen Mengenziele für Photovoltaik als mögliches, eher konservatives Szenario für Österreich diskutiert und ein Versuch unternommen entsprechende Werte abzuschätzen. Dabei wurden die internationalen Werte als richtungweisend für Österreich bestätigt. Eine Annäherung an die schon umgesetzten deutschen oder japanischen Rahmenbedingungen lässt das Erreichen eines Anteils von zumindest 20% PV am Stromverbrauch im Jahr 2050 sehr realistisch erscheinen und wurde daher für Österreich in dieser Studie als Zielwert definiert (siehe Abbildung 21). Voraussetzung ist, dass entsprechende kurz-, mittel- und langfristige Rahmenbedingungen in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Marktverbreitung und Wirtschaftlichkeit gesetzt werden.

Es ist dazu anzumerken, dass Prognosen und Szenarien für einen derart langen Zeitraum mit vielen Unsicherheiten behaftet sind. In dieser Studie haben sich die Autoren daher an anderen Szenarien internationaler Roadmaps angelehnt und daraus bewusst ein konservatives Szenario abgeleitet. Wenn es gelingt, durch erfolgreiche Weichenstellungen und entsprechende Rahmenbedingungen eine Marktdynamik auszulösen, sind wesentlich höhere Wachstumsraten ebenso denkbar. Erinnerung sei in diesem Zusammenhang an die Windkraft, deren von der Industrie in den neunziger Jahren erstellte ambitionierte Szenarien bei Weitem übertroffen wurden.

Grundsätzliches Ziel ist es, darzustellen, dass die Photovoltaik mittelfristig jedenfalls zu einem signifikanten österreichischen Stromproduzenten entwickelt werden kann; die klare politische Entscheidung für diese Technologie verbunden mit einem langfristigen und kontinuierlichen Rahmenprogramm ist dazu unabdingbar. Im Speziellen soll das Ziel durch das Erschließen oder Ausbauen von am Weltmarkt führenden Technologiebereichen und – nischen erreicht werden, um rasche Erfolge durch Technologievorreiterschaft und tausende neue heimische Arbeitsplätze zu erreichen.

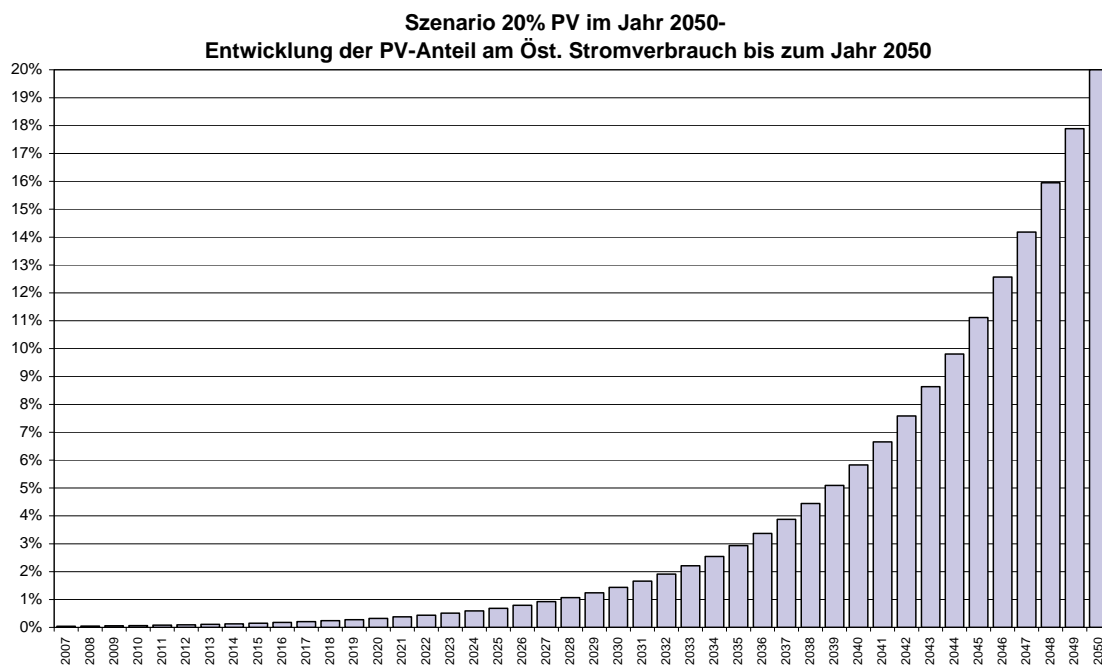


Abbildung 21 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Entwicklung des PV-Anteils am öst. Stromverbrauch bis zum Jahr 2050

Ihm Anschluss an einen Workshop wurde vom Forschungszentrum arsenal research und der Technischen Universität Wien (Energy Economics Group) versucht ein entsprechendes Szenario für Österreich im Detail aufzubereiten und zu analysieren. Grundsätzlich muss darauf hingewiesen werden, dass diese Vorausberechnungen vorrangig zur Veranschaulichung des Potentials dienen; Wachstumsraten neuer Technologien sind - neben heimischen politischen Rahmenbedingungen - von vielen weiteren Beeinflussungsfaktoren (Weltenergiepreis, politische Stabilität, gesellschaftliches Bewusstsein und Technologieentwicklungen) abhängig.

In diesem Kapitel sind die mit diesem angenommenen 20% Ziel verbundenen notwendigen verwendeten Rahmenbedingungen im Detail beschrieben.

7.1.1 Allgemeine Voraussetzungen

Damit Österreich im weltweiten Photovoltaik Markt einen wichtigen Platz einnehmen kann, werden klare und stabile energiepolitische Rahmenbedingungen benötigt – inklusive einer adäquaten Marktanzreizpolitik.

In diesem einleitenden Kapitel wird die Frage untersucht, welche wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erforderlich sind, um das vordefinierte Ziel - im Jahr 2050 20% des österreichischen Strombedarfs mittels Photovoltaik zu decken - erreichen zu können. Abgesehen von Maßnahmen im Bereich der Forschung und Entwicklung, ist hierbei die Wahl des Förderinstruments von zentraler Bedeutung, um folglich die zur Zielerreichung erforderlichen gesellschaftlichen Kosten so klein wie möglich zu halten.

Die Erfahrungen der verschiedenen Länder mit Förderinstrumenten für den forcierten Ausbau erneuerbarer Energien zeigen, dass **garantierte Einspeisetarife bis zur Kostengleichheit ein erfolgreiches Instrument im Strombereich** darstellen. Dieses Finanzierungsinstrument soll eine degressive Komponente aufweisen und solange angewandt werden, bis die Kostengleichheit erreicht ist. In Deutschland oder Spanien und einer Menge an weiteren Ländern mit Einspeisetarifen zeigt sich, dass wenn die Anreize passen, die Menschen bereit sind in die aus heutiger Sicht kostenintensive Photovoltaik tatsächlich zu investieren.

Um Stabilität zu schaffen, sind neben der Höhe und der damit verbundenen garantierten Vergütungsdauer auch klare Aussagen bezüglich der künftigen Entwicklung der Energiepolitik für Photovoltaik von zentraler Bedeutung. **Die langfristige Dauer einer Maßnahme und klar definierte jährlich sinkende Förderniveaus sind die zwei umfassenden Erfolgsgaranten** – wie dies beispielsweise das in Japan seit Beginn der 90er Jahre erfolgreich implementierte „Residential PV System Dissemination Programm“ bestätigte.

Für das entwickelte Szenario wurde daher von einem garantierten Einspeisetarif ausgegangen. Denn nicht ohne Grund weist dieses Instrument in Europa ein starke Dominanz auf: Bei korrekter Implementierung ist es ein Garant für Effektivität und ökonomische Effizienz zur Erreichung energiepolitischer Ziele bei Markteinführung neuer umweltfreundlicher Energietechnologien. Es erlaubt unabhängigen Erzeugern, Strom in ein Versorgungsnetz einzuspeisen, welcher für einen zeitlich begrenzten Zeitraum – der Förderdauer – zu einem festgelegten Preis – dem Fördertarif – vergütet wird. Dies minimiert das finanzielle Risiko der unabhängigen Stromerzeuger, indem ein festes Einkommen für einen definierten Zeitraum garantiert wird.

7.1.2 Annahmen zur Entwicklung des Stromverbrauchs in Österreich bis zum Jahr 2050

Im Jahr **2005** betrug der Gesamtstromverbrauch laut E-Control **65.199 GWh**. Dieser Wert stellt den Ausgangspunkt für die Abschätzung des zukünftigen Stromverbrauchs dar. Gekoppelt mit Annahmen bezüglich des Wachstums wird davon ausgegangen, dass der **Stromverbrauch in Österreich im Jahr 2050 auf 98.248 GWh** steigen wird. Bezüglich Wachstumsraten wurde auf die aktuelle Referenz-Energieprognose bis 2030 der EU (National Technical University of Athens, PRIMES 2005 baseline scenario) zurückgegriffen, gekoppelt mit eigenen Annahmen für den verbleibenden Zeitraum (Tabelle 2):

Tabelle 2 Stromverbrauchsentwicklung für Österreich – unterstellte jährliche Wachstumsraten²⁹

2005-2010	2,8%
2010-2015	1,4%
2015-2020	1,1%
2020-2025	0,7%
2025-2030	0,5%
2030-2035	0,5%
2035-2040	0,5%
2040-2045	0,5%
2045-2050	0,5%

²⁹ Quelle: Baseline scenario (PRIMES 2005) und eigene Annahmen

7.1.3 Annahmen zu jährlich spezifischen Stromerträgen von PV Anlagen in Österreich

Jährliche Stromerträge der PV Anlagen für Österreich wurden je kWp für Dach und Fassaden nach den Annahmen, wie unten dargestellt, errechnet. Hierzu wurden vorweg die spezifischen Stromerträge, oftmals auch als Volllaststunden bezeichnet, erläutert. Die Volllaststunden einer Stromerzeugungsanlage stellen eine fiktive Rechengröße zur Festlegung der Jahresenergieproduktion dar, die im Prinzip zeigt, wie viele Stunden pro Jahr die Anlage bei Nennleistung Strom erzeugen würde. Sie wird aus der mittleren Jahreserzeugung und der Nennleistung errechnet.

Ermittelte Werte:

- **Für Dächer: 950kWh/kWp** (Ermittelt von den durchschnittlichen Monatswerten über die drei Jahre jeweils einer PV Anlage in jedem Bundesland Österreichs. Daraus resultierender Wert liegt ca. bei 945kWh/kWp; Für diese Studie wurde 950 kWh/kWp angenommen. (Daten Quelle: <http://www.solalbert.info/>)
- **Für Fassaden: 650 kWh/kWp** (Dieser Wert wurde in dem EU Projekt „PV Enlargement“ ermittelt)

Laut dem Bericht “Potential for Building Integrated Photovoltaics IEA- T7-2002” in Österreich liegen die Flächenpotenziale für Dächer bei 139,62 km² und für Fassaden bei 52,36 km².

Die weitere Möglichkeit der Nutzung von PV auf Freiflächenanlagen (mit oder ohne Nachführsystem) wird hier nicht miteinbezogen, erhöht aber das technische Potential noch weiter.

Da das verfügbare Flächenpotenzial bei Dachanlagen ca. 3 Mal höher als bei fassadenintegrierten Anlagen ist, kann man davon ausgehen, dass die neu errichteten Anlagen zu 75% aus Dachanlagen und zu 25% aus Fassadenanlagen bestehen werden. Hieraus resultiert ein durchschnittlicher Stromertragswert von ca. 875 kWh/kWp.

7.1.4 Annahmen zur jährlichen Wachstumsrate der neu errichteten Anlagen in Österreich

Tabelle 3 zeigt die durchschnittliche Wachstumsrate für jährlich neu errichtete Anlagen, die für dieses Szenario vorgesehen worden sind. Bei diesen Annahmen wurde berücksichtigt, dass das Wachstum gemäß Diffusionstheorie einer S-Kurve folgt, die in den Anfangsjahren einen exponentiellen Verlauf widerspiegelt.

Um im Jahr 2050 20% (19.650 GWh) des Stromverbrauchs mit PV Strom decken zu können, wird eine kumulierte PV Leistung von ca. 22.500 MWp benötigt.

Dass dieses Szenario ein überaus konservatives ist erkennt man daran, dass dabei in Österreich erst im Jahr 2023 die PV Leistung installiert werden wird, die bereits 2006 in Deutschland installiert wurde (pro Kopf-Werte).

Durch ein rasch umgesetztes, konsequentes und langfristig angelegtes PV Förderprogramm kann es freilich ermöglicht werden, den Zeitraum der Entwicklungsverzögerung gegenüber unseren Nachbarn auf deutlich unter die angesprochenen 17 Jahre zu bringen.

Tabelle 3 Durchschnittliche Wachstumsrate der jährlichen Kapazitätsentwicklung für Österreich, Eigene Berechnungen

Durchschnittliche Wachstumsrate der jährlichen Kapazitätsentwicklung für Österreich	2006-2010	25%
	2011-2020	18%
	2021-2030	16%
	2031-2040	15%
	2041-2050	12%

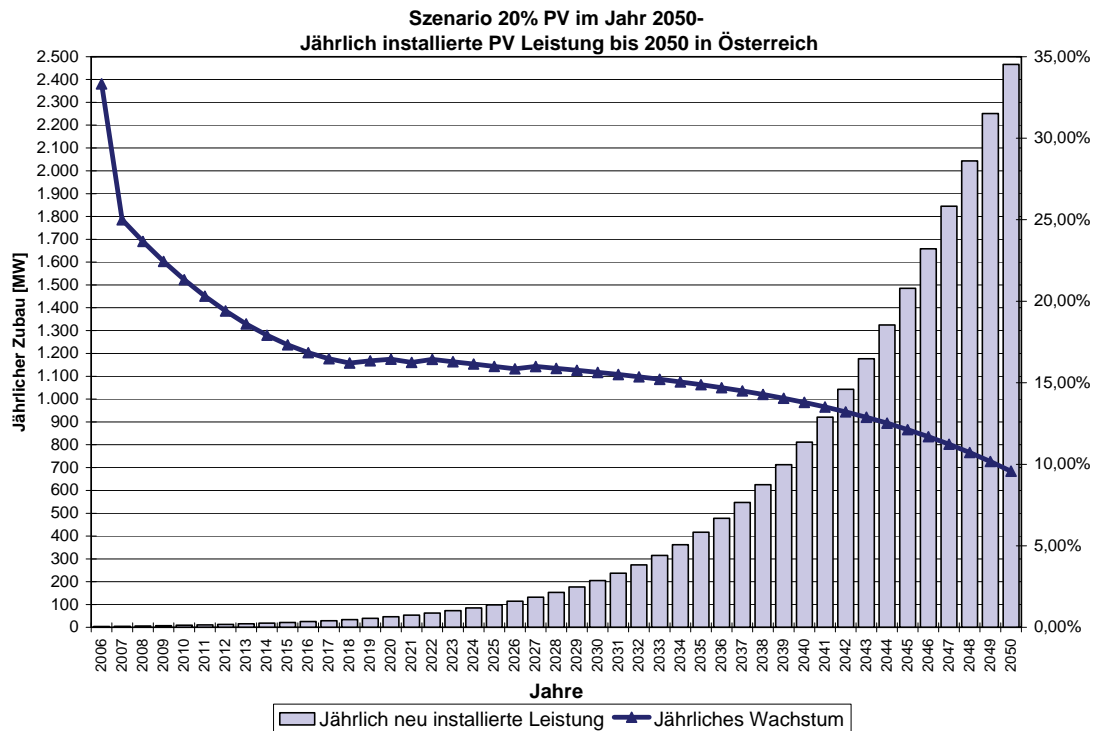


Abbildung 22 Szenario 20% PV im Jahr 2050 - Jährlich installierte Leistung und Wachstumsrate bis 2050 in Österreich

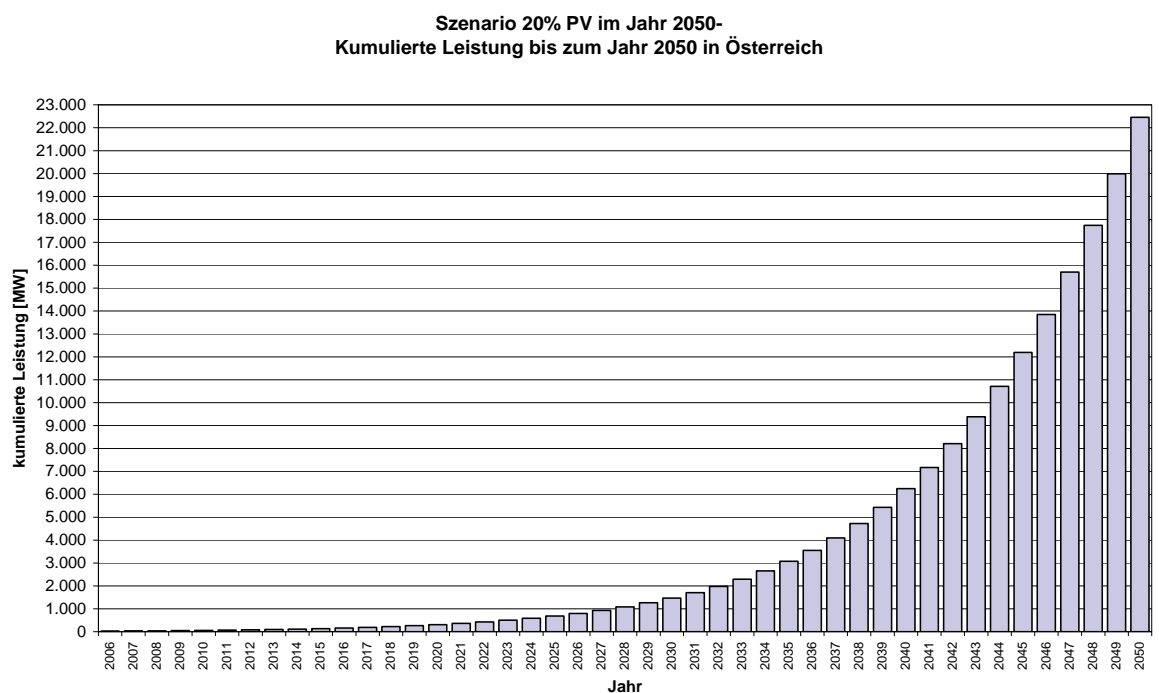


Abbildung 23 Szenario 20% PV im Jahr 2050 - Kumulierte Leistung bis 2050 in Österreich

7.1.5 Annahmen für Wachstumsrate der Weltkapazitätsentwicklung

Da die dynamische Entwicklung der Investitionskosten von der weltweiten Kapazitätsentwicklung abhängig ist, musste eine Prognose festgelegt werden. Für diese Prognose wurden verschiedene Studien (z.B. Sarasin) berücksichtigt und daraus eigene Annahmen entwickelt.

Die jährlich installierte PV Leistung ist weltweit vom Jahr 2000 bis 2005 mit ca. 39% gewachsen. Für die österreichische PV Roadmap wurde davon ausgegangen, dass sich diese hohe weltweite Wachstumsrate im Jahr 2006 mit 37% weiter fortsetzen und bis zum Jahr 2010 durchschnittlich auf 30% bis 25% sinken wird.

Im Jahr 2010 wird von einer jährlich neu installierten Leistung von ca. 5,5 GW³⁰ ausgegangen. Für das nächste Jahrzehnt wird, parallel zur Sarasin Studie, durchschnittlich von ca. 18% jährlichem Wachstum ausgegangen. Hieraus resultiert für das Jahr 2020 bei ca. 28 GW jährlicher Installation eine kumulierte Leistung von rund 185 GW. Tabelle 4 zeigt die getroffenen Annahmen bezüglich der Entwicklung der Wachstumsraten der Neuinstallationen, auch für die weiteren Jahre bis 2050.

Tabelle 4 Annahmen Entwicklung der weltweiten Wachstumsraten für PV, Eigene Berechnung

Jahr	Jährlich neu installierte Leistung [MW]	Jährliche Wachstumsrate [%]	Durchschnittliche Wachstumsrate
2000	288	43%	39%
2001	395	37%	
2002	520	32%	
2003	658	27%	
2004	966	47%	
2005	1460	51%	
2006	2.000	37,00%	30%
2007	2.634	31,67%	
2008	3.412	29,56%	
2009	4.368	28,00%	
2010	5.460	25,00%	
2011	6.754	23,70%	18%
2012	8.266	22,40%	
2013	10.011	21,10%	
2014	11.993	19,80%	
2015	14.211	18,50%	
2016	16.656	17,20%	
2017	19.304	15,90%	
2018	22.122	14,60%	
2019	25.065	13,30%	
2020	28.072	12,00%	
2021	31.385	11,80%	11%
2022	35.026	11,60%	
2023	39.019	11,40%	
2024	43.389	11,20%	
2025	48.161	11,00%	
2026	53.363	10,80%	

³⁰ Die Sarasin Studie sieht für jährlich installierte PV Leistungen von 2005 bis 2010 durchschnittlich ein Wachstum von 23,7% vor. Laut dieser Studie lag das Wachstum im Jahr 2005 bei 30%, für das Jahr 2010 wird von Neusinstallationen in Höhe von 3,3 GW ausgegangen. Die Solarbuzz Studie „Marketbuzz 2006- Annual World Solar Photovoltaik (PV) Industrie Report“ weist ähnliche Annahmen auf, die sich auf Marktbeobachtung der PV-Industrie stützen. (<http://www.solarbuzz.com/Marketbuzz2006-intro.htm>).

2027	59.019	10,60%	
2028	65.157	10,40%	
2029	71.803	10,20%	
2030	78.984	10,00%	
2031	86.270	9,23%	
2032	94.154	9,14%	
2033	102.669	9,04%	
2034	111.845	8,94%	
2035	121.708	8,82%	
2036	132.282	8,69%	9%
2037	143.582	8,54%	
2038	155.614	8,38%	
2039	168.374	8,20%	
2040	181.844	8,00%	
2041	196.028	7,80%	
2042	210.926	7,60%	
2043	226.534	7,40%	
2044	242.845	7,20%	
2045	259.844	7,00%	7%
2046	277.513	6,80%	
2047	295.829	6,60%	
2048	314.762	6,40%	
2049	334.278	6,20%	
2050	354.334	6,00%	

7.1.6 Annahmen zur Berechnung der PV Potentiale für Österreich

Das technische Angebotspotenzial

Das technische Stromerzeugungspotenzial resultiert aus den für eine Installation von Solarmodulen verfügbaren Flächen, dem regional unterschiedlichen Strahlungsangebot und der jeweiligen Anlagentechnik. Das vorhandene Flächenpotenzial ermittelt sich aus den existierenden Gebäude- und Fassadenflächen sowie den verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzflächen. (Neubarth, Kaltschmitt 2000)

Es wurde für das Szenario von einem Flächenpotenzial dachintegrierter Anlagen in Höhe von 139,62 km² und für Fassadenintegrierte Anlagen von 52,36 km² (von Potential for Building Integrated Photovoltaics IEA- T7-2002) ausgegangen. Dieses Flächenpotential beschränkt sich auf Flächen, welche gute solare Einstrahlungswerte verzeichnen können (zumindest 80% des maximalen nationalen jährlichen Solarinputs). Zusätzlich nutzbare Freiflächen wurden nicht berücksichtigt.

Die verwendete Flächenleistung der Solarenergie liegt für Österreich bei ca. 1000 Wm⁻² (Neubarth, Kaltschmitt 2000).

Die Möglichkeit für weitere Anwendungsfelder der Photovoltaik hängen auch mit einer Steigerung der Wirkungsgrade zusammen, was größer werdende Leistungen bzw. kleineren Flächenverbrauch bedeutet.

Derzeit liegt der Modulwirkungsgrad bei durchschnittlich 10% bis 12%. Es wird in einer sehr konservativen Schätzung angenommen, dass die Wirkungsgrade aufgrund der Entwicklung der Zellentechnologie bis zum Jahr 2020 durchschnittlich auf 14% und bis zum Jahr 2050 auf 20% steigen werden³¹.

³¹ Aufgrund der internationalen Aktivitäten in der Solar-Zellforschung gehen die Autoren davon aus, dass der Flächenbedarf für 1 kWp von derzeit etwa 8-10 m² (Gesamtwirkungsgrade von 10-12%) bis 2030 auf zumindest etwa 3 m² sinkt. Das entspricht einem Modulwirkungsgrad von etwa 33%. Dieser Wert ergibt sich u.a. auch bei linearer Extrapolation der bisherigen Wirkungsgradentwicklung in obiger Kurve.

Tabelle 5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Annahmen für Potenzialberechnungen, Eigene Berechnungen

Zusammenfassung		Dächer	Fassaden	Summe – Gebäude
Technisches Flächenpotenzial	km ²	139,62	52,36	191,98
Technisch Installierbare Leistung	GW	28	10,47	38,47
Jährlicher Ertrag in Österreich	kWh/kWp	950	650	875,00
Der durchschnittliche Wirkungsgrad bis 2050 (angenommen)	%	20	20	20
Erzeugungspotenzial (stand 2050)	GWh/a	26.528	6.807	33.334,60
Installierte Leistung im 2050	GW	16,85	5,64	22,46
Erzeugung im 2050 (mit 3/4 Dach&1/4 Fassaden Anteil)- Genutztes Potenzial	GWh/a	16.000	3.666	19.673
Anteil beim gesamten (Dach&Fassade) Flächenpotenzial	%	61%	54%	59%

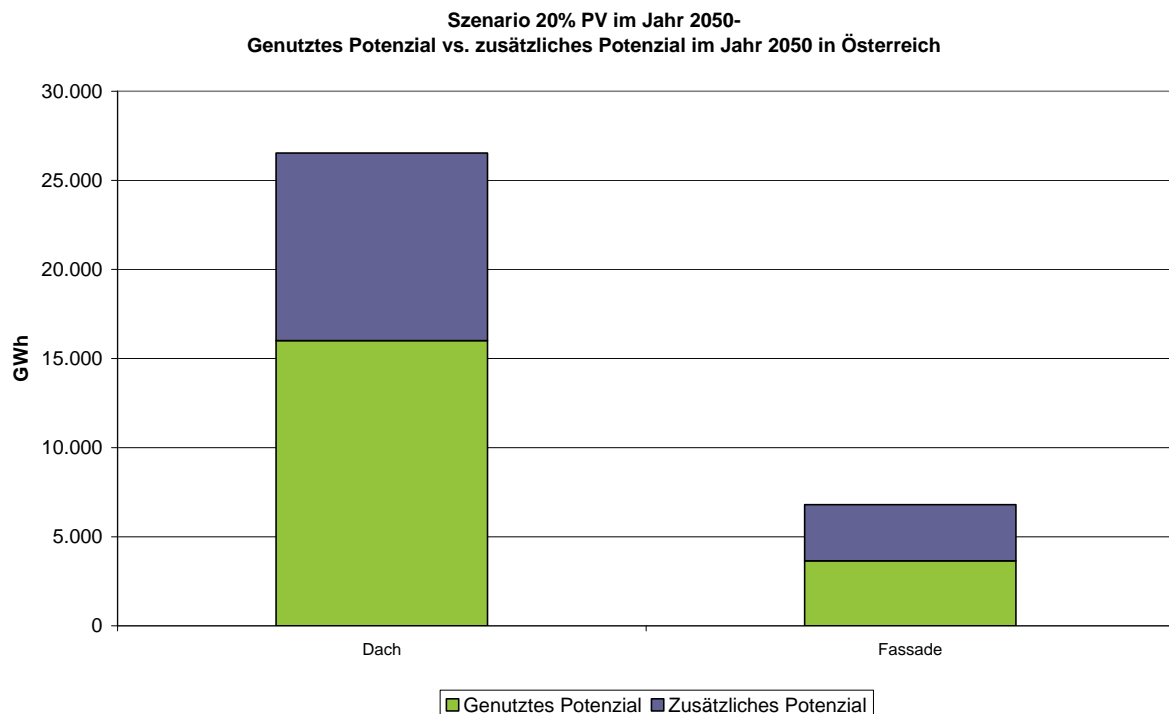


Abbildung 24 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Genutztes Potential vs. zusätzlich noch vorhandenes Potential im Jahr 2050 in Österreich

Für ein Erreichen des 20% Zieles wären – mit der angenommenen konservativen Schätzung einer durchschnittlichen Wirkungsgradsteigerung auf 20% – im Jahr 2050 etwa 85 km² Dachfläche und 28 km² Fassadenfläche erforderlich, dies entspricht rund 59% des verfügbaren Potenzials.

Die derzeitige Entwicklung bei den Wirkungsgraden sei am Beispiel Japan veranschaulicht: Im aktuellen Marktbericht ist zu lesen: [PV Status Japan, 2003] "Der Flächenbedarf für eine 1 kWp-Anlage mit den neuen japanischen Höchstleistungs-Modulen [Modell 2002] reduziert sich gegenüber einer Anlage mit den Vorgänger-Modulen von 8-10 m² auf 6 m²".

Liegen derzeit die Wirkungsgrade noch bei maximal 20%, so wurden in den Forschungslabors bereits 35% und mehr erreicht. [Spectrolab, Triple-Layer, PVPS 2003] Theoretische Berechnungen lassen Wirkungsgrade von 80% und mehr für die Zukunft erwarten. Neue Materialien, flexible Zellen, durchsichtige Module und anderes mehr lassen jede dem Licht zugewandte Fläche grundsätzlich für Stromproduktion möglich erscheinen.

Neben den Gebäuden kommen noch diverse weitere Anwendungsmöglichkeiten hinzu: Lärmschutzwände, Brachflächen, sowie der nicht ans Netz angeschlossene PV Markt der Inselsysteme, mobilen Systeme und Kleinsysteme (Meßsysteme, Busstationen, Notrufsäulen und andere Straßenanwendungen, Sondersysteme wie Weichenschmieranlagen, Parkscheinautomaten, Zivilschutzanlagen, Spielzeug, etc...). Diese Flächenpotentiale wurden in dieser Kalkulation allerdings nicht berücksichtigt.

7.1.7 Annahmen zur Festlegung der Einspeisetarife

Die im Szenario vorgesehenen Einspeisetarife wurden in Anlehnung an die marginalen Erzeugungskosten festgelegt. Eine Unterteilung in unterschiedliche Tarife für Dach und Fassaden wurde aufgrund der unterschiedlichen Neigungswinkel als notwendig erachtet. Eine zeitliche Degression dieser wurde entsprechend dem voraussichtlich erzielbaren technologischen Fortschritt vorgesehen. Im Detail wurde hierzu eine Lernrate im Hinblick auf die Investitionskosten der Photovoltaik aus der angenommenen globalen Entwicklung abgeleitet.

Die Erzeugungskosten pro erzeugter kWh werden wie folgt berechnet:

$$C = \frac{I \cdot \alpha}{T} + C_{Var} \quad (1)$$

wobei:

- C Erzeugungskosten pro kWh [€/kWh]
- I Investitionskosten pro kW [€/kW]
- α Annuitätenfaktor [1]
- T Vollaststunden [h]
- C_{Var} Laufende Kosten pro kWh [€/kWh]

$$\alpha = \frac{z \cdot (1+z)^{LT}}{(1+z)^{LT} - 1} \quad (2)$$

- zZinssatz [1]
- LTNutzungsdauer (Abschreibedauer) der Anlage [a]

Investitionskosten

Die spezifischen Investitionskosten stellen die Errichtungskosten einer Anlage bezogen auf die installierte Leistung dar.

Basierend auf dem Jahr 2005 wird von durchschnittlichen Kosten von ca. 5500 €/kWp - Netto (National Survey Report of PV Power Applications in Austria 2005) für PV Anlagen ausgegangen. Bei der Berechnung der Erzeugungskosten für fassadenintegrierte Anlagen wurde eine Kostenersparnis durch ersetztes Fassadenmaterial berücksichtigt - Im Detail wurde hierbei unterstellt: Das billigste Fassadenmaterial kostet etwa 100 €/m². Weiters wird für eine PV Anlage eine Fläche von rund 9 m² benötigt, was schließlich zu einer Kostenersparnis in Höhe von 900€ /kWp führt.

Annuitätenfaktor

Mit Hilfe des Annuitätenfaktors können die Investitionskosten, welche in der Planungs- und Bauphase anfallen, auf jährliche Kosten umgerechnet werden. Der Annuitätenfaktor hängt, wie aus Gl. (2) ersichtlich ist, vom Zinssatz und der Nutzungsdauer der Anlage ab.

Angenommener Zinssatz

Für Investitionen im (erneuerbaren) Energiebereich kann hierbei in Österreich bzw. in Europa von einem Zinssatz in Höhe von 6% bis 6,5% ausgegangen werden. Die PV nimmt hierbei allerdings generell eine Sonderstellung ein: Da die Investitionen überwiegend von privaten Investoren getätigt werden, die eine PV Anlage quasi auf ihrem Hausdach installieren, kann von einer freiwilligen Zahlungsbereitschaft³² (WTP) ausgegangen werden, da für diese Investorengruppe abgesehen von ökonomischer Rentabilität andere Kriterien wie Umweltfreundlichkeit oder Beitrag zur unabhängigen Stromversorgung eine entscheidende Rolle spielen.

Bei der Festlegung der Einspeisetarife wurde daher eine solche freiwillige Zahlungsbereitschaft unterstellt, sodass ein verminderter Zinssatz in Höhe von 2,75 % die Ausgangsbasis darstellt.

Abschreibedauer der PV Anlagen

Für diese Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde von einer Abschreibedauer der PV- Anlagen von 20 Jahren ausgegangen.

Volllaststunden

Die Volllaststunden einer Stromerzeugungsanlage stellen eine fiktive Rechengröße zur Festlegung der Jahresenergieproduktion dar, die im Prinzip zeigt, wie viele Stunden pro Jahr die Anlage bei Nennleistung Strom erzeugen würde. Sie wird aus der mittleren Jahreserzeugung und der Nennleistung errechnet. Zur Berechnung der Erzeugungskosten wurde - wie bereits in diesem Abschnitt angeführt - für Dach Anlagen von 950h/a und für Fassaden von 650 h/a ausgegangen.

Laufende Kosten

³² "Promotion programs should take into account consumers' willingness to pay (WTP). Optimal financial incentives would provide only the difference between the system costs and the WTP for PV. Consumers WTP for PV appears to be higher than expected by most program designers.

Of core relevance for deriving successful strategies is to find out what are the most important features to influence various types of customers' willingness-to-pay (WTP) for PV systems? The following parameters are of major relevance for customer decision-making processes and affect their WTP:

- Pure investment costs
- Affordability
- Transaction costs/efforts: information on system components, on system optimisation, on investment costs, on technical instalment conditions
- Technical performance (kWh per year generated) and technical reliability (How often is it likely that a part of the system breaks, that repairs have to be conducted?)
- Environmental benignity
- Social acceptance of PV

This argues that technical reliability, environmental benignity, affordability, and other no technical issues are at least to the same extent important as simplified economic assessments using artificial" interest rates. (R. Haas: 2002; IEA-PVPS T7- "Market deployment strategies for PV systems in the built environment")

Die laufenden Kosten einer Energieerzeugungsanlage setzen sich im Allgemeinen einerseits aus den Brennstoffkosten und andererseits aus den Betriebs- und Wartungskosten zusammen. Die laufenden Kosten der PV Anlagen sind gering, da keine Brennstoffkosten anfallen und die Module relativ störungs- und wartungsfrei sind. Daher wurde für diese Studie von jährlichen laufenden Kosten (inkl. Versicherung) in Höhe von 0,7% der Investitionskosten ausgegangen.

Lernrate

Historisch existiert in der PV Technologieentwicklung eine Preisreduktion von ca 20 % pro verdoppelter Produktionsmenge, EPIA erwartet, dass sich diese Preisreduktion weiter fortsetzen wird. Obwohl viele Studien diese Aussage von EPIA unterstützen, wurden für diese Studie konservativere Annahmen getroffen: So wurde angenommen, dass langfristig bei der Photovoltaik die Kostenreduktion durch technisches Lernen zurückgehen und damit die Lernrate sinken wird. Tabelle 6 zeigt die angenommenen Lernraten (pro Dekade) für den untersuchten Zeitraum bis 2050.

Tabelle 6 Angenommene zukünftige Lernraten, Eigene Berechnungen

Lernrate 2001-2010	18%
Lernrate 2011-2020	15%
Lernrate 2021-2030	12%
Lernrate 2031-2040	10%
Lernrate 2041-2050	8%

Annahmen zum Wert des erzeugten PV-Stromes

Aktuell kann der Wert des erzeugten PV-Stromes in Österreich zwischen 5,5 Cent pro kWh (aktueller Marktpreis) und maximal 18,1 Cent pro kWh (1:1 Vergütung durch einen Energielieferanten, allerdings wird hierbei bei der Errichtung der PV-Anlage ein zusätzlicher Errichtungsbeitrag durch die errichtende Fachkraft von 350€ pro kWp an den Energielieferanten fällig) angenommen werden.

Grundsätzlich hat Photovoltaik den Vorteil, Strom verbrauchsnahe und am Tag zu produzieren, wo auch im Allgemeinen die Verbrauchsspitzen auftreten. Speziell im Sommer kann Photovoltaik dazu beitragen, Stromverbrauchsspitzen durch Klimaanlagen und Ventilatoren zu verringern. In den zentral-europäischen Ländern ist der höchste Energieverbrauch allerdings weiterhin in den Wintermonaten zu verzeichnen, wo Photovoltaik nur einen geringeren Beitrag leisten kann. Bei Erhöhung des PV-Anteils auf 20% des Stromverbrauches ist auch die Fluktualität und geringe langfristige Prognostizierbarkeit von Photovoltaik bei der Einspeisung von elektrischem Strom in das Versorgungsnetz noch eine Herausforderung.

Um die Auswirkungen der Höhe des Wertes des erzeugten Photovoltaikstromes (= Abnahme Preise) beim aktuellen Szenario zu visualisieren, wurden drei Variationen berücksichtigt. Für den Wert des PV-Stromes wurde ein Abnahmepreis für das Jahr 2007 mit 6 Cent/kWh, 8 Cent/kWh und 12 Cent/kWh festgelegt.

Aufgrund von in Zukunft zu erwartenden allgemeinen Kostensteigerungen für die konventionelle Stromproduktion z.B. durch steigende Rohstoffpreise und höheren Kosten für Umweltaspekte (Externe Kosten) und dem steigendem Stromverbrauch in den Sommermonaten (durch vermehrten Einsatz von Klimaanlagen etc.) und damit stärkeren Stromspitzen, wird von einem künftig steigenden Wert für PV-Strom ausgegangen, wobei ein jährlicher Anstieg des Wertes in Höhe von 2,5% angenommen wurde.

7.1.8 Annahmen zu Höhe, Dauer und Degression der Einspeisetarife und der Kostenbe- und -entlastung:

Entsprechend der für diese Studie zugrunde gelegten Annahme einer notwendigen Kostendeckung der Investition für die PV-Anlage innerhalb von **20 Jahren**, wurde für dachintegrierte Anlagen ein Tarif in Höhe von **39 €cent/kWh errechnet (für 2006)**, bei fassadenintegrierten PV-Anlagen ist ein erhöhter Tarif von **49 €cent/kWh** notwendig. **Eine großemäßige Beschränkung einer PV Anlage entsprechend des lokalen Verbrauchsprofiles** (Stromangebot entspricht maximal dem durchschnittlichen Stromverbrauch) **erscheint für eine optimale Netzeinbindung sinnvoll zu sein** – für eine detaillierte Abschätzung sind hierzu allerdings weiterführende Studien notwendig.

Um eine effektive & effiziente Förderpolitik zu schaffen, muss die Förderung pro kWh jährlich sinken. Daher wird bei den Berechnungen des Szenarios eine Degression der Einspeisetarife vorgesehen, die sich an dem angenommenen technologischen Fortschritt orientiert. Im Detail wurden im Hinblick auf die jährliche Degression folgende Annahmen getroffen:

Degressionsraten:

- 2007- 2020 mit 5%
- 2020- 2030 mit 3%
- ab 2030 mit 2%

Eine Förderung für Strom aus PV-Anlagen ist bis zu dem Zeitpunkt notwendig, wo eine Wirtschaftlichkeit ohne finanzielle Unterstützung erreicht wird – also bis die Erzeugungskosten unter dem Wert des PV Stroms zu liegen kommen.

Folglich resultiert eine Fördernotwendigkeit:

- bis 2023 im Falle eines Wertes für Strom aus Photovoltaikanlagen (im Jahr 2007) in Höhe von 12 €cent/kWh (Variante 1)
- bis 2030 bei 8 €cent/kWh (Variante 2) und
- bis zum Jahr 2037 bei 6 €cent/kWh (Variante 3).

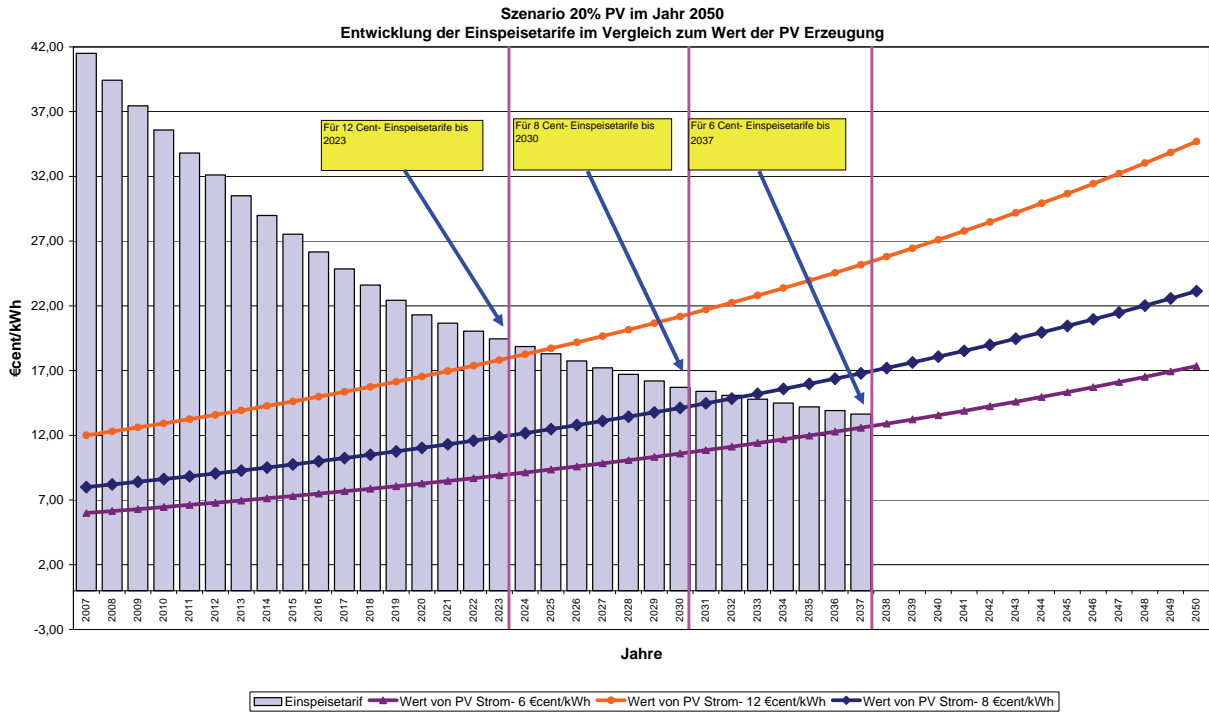


Abbildung 25 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Entwicklung der Einspeisetarife (Mischung aus Dach und Fassadentarif) im Vergleich zum Wert der PV – Erzeugung.

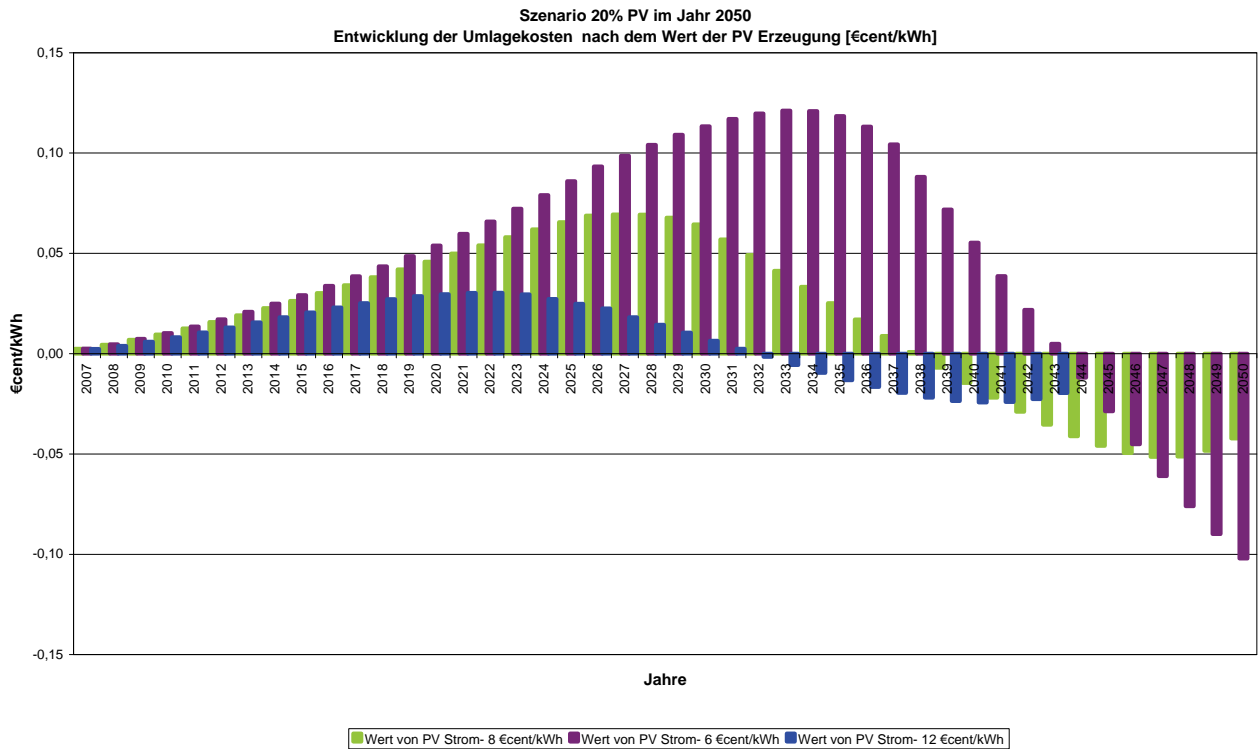


Abbildung 26 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Entwicklung der Umlagekosten nach dem Wert der PV Erzeugung

In Abbildung 26 sind die Umlagekosten (Kosten für Endverbraucher), welche durch die Einspeisetarife abzüglich des Wertes für PV Strom (3 Varianten) pro kWh Stromverbrauch anfallen würden, angeführt. Als **maximale Belastung pro Verbraucher kWh** ergibt sich:

- **0,03 €cent im Jahr 2022** bei Variante 1 (Wert für PV-Strom (von 12 €cent/kWh im Jahr 2007)) – das entspricht einer Mehrbelastung in einem durchschnittlichen Haushalt (3500 kWh) von ca. 1 Euro pro Jahr
- **0,07 €cent im Jahr 2028** bei Variante 2 (Wert für PV-Strom (von 8 €cent/kWh im Jahr 2007)) – das entspricht einer Mehrbelastung in einem durchschnittlichen Haushalt (3500 kWh) von ca. 2,5 Euro pro Jahr
- **0,12 €cent im Jahr 2034** bei Variante 3 (Wert für PV-Strom (von 6 €cent/kWh im Jahr 2007)) – das entspricht einer Mehrbelastung in einem durchschnittlichen Haushalt (3500 kWh) von ca. 4,3 Euro pro Jahr

Herauszustreichen ist die berechnete Entlastung von Stromkunden pro kWh durch PV Strom ab den Jahren 2033 (Variante 1), 2039 (Variante 2) oder 2044 (Variante 3), der sich dadurch ergibt, dass PV – Strom billiger an die Ökostrombilanzgruppe verkauft werden muss, als der aktuelle Marktpreis beträgt. Für dieses Szenario wurde angenommen, dass wenn ein Anlagenbetreiber Einspeisetarife in Anspruch nimmt, auch die ganzen 20 Jahre in der Ökostrombilanzgruppe bleiben muss.

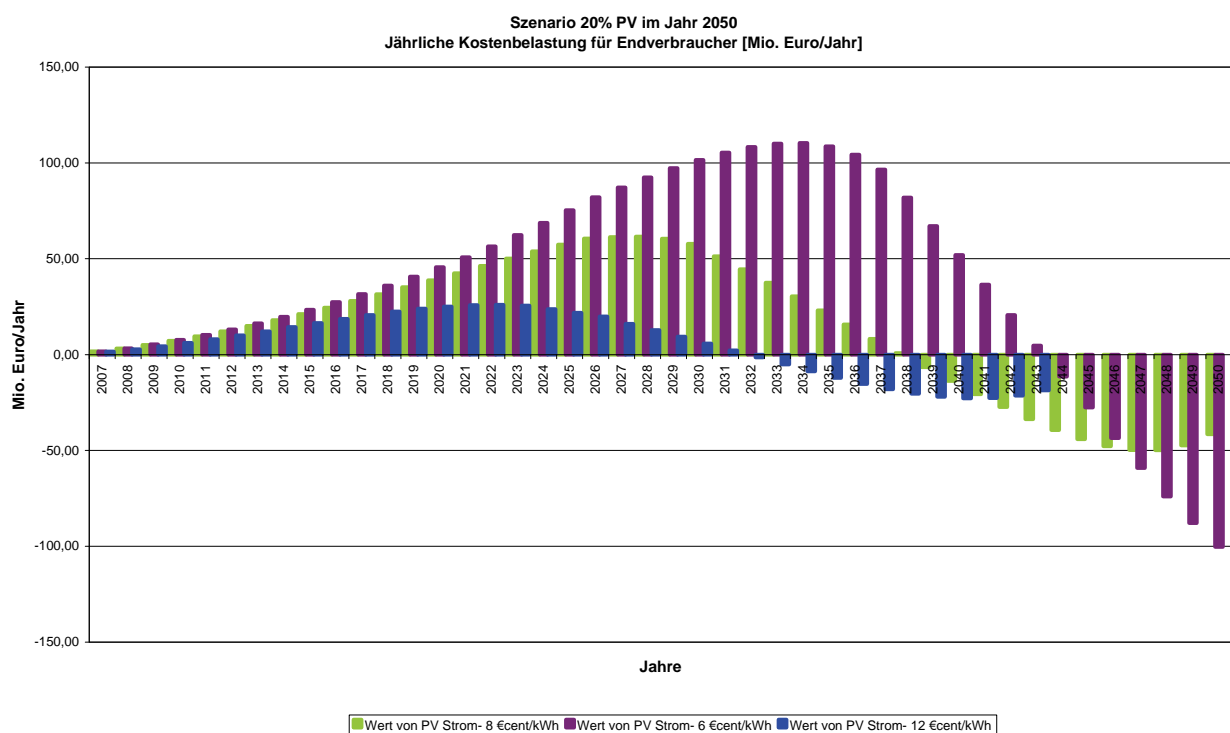


Abbildung 27 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Entwicklung der jährlichen Kostenbelastung für Endverbraucher

In Abbildung 27 sind die errechneten jährlichen **Kostenbelastungen/Kostenentlastungen für Endverbraucher** dargestellt, welche durch die Einspeisetarife abzüglich des Wertes für PV Strom (3 Varianten) anfallen würden, angeführt. **Als maximale Belastung** ergibt sich:

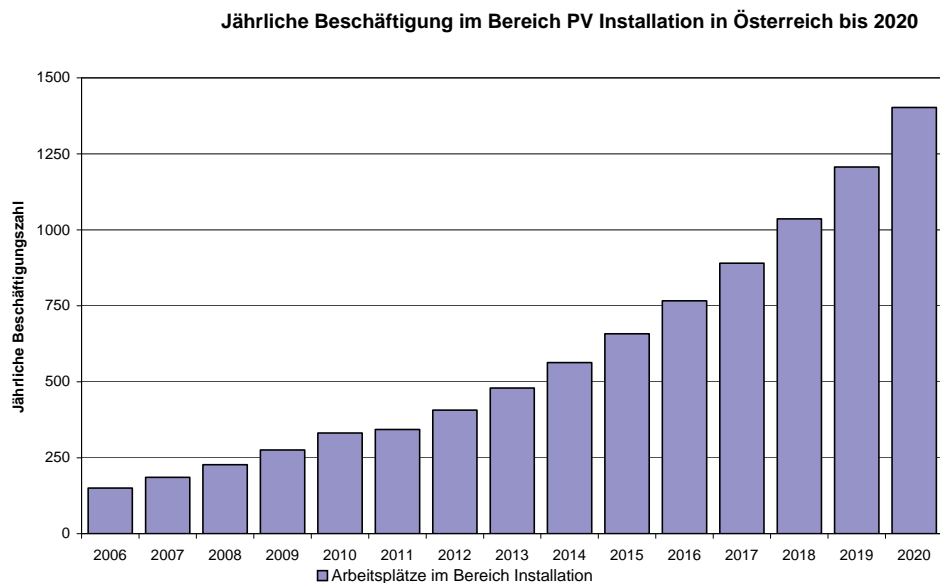
- **ca. 26 Mio € im Jahr 2022** bei Variante 1
- **ca. 62 Mio € im Jahr 2028** bei Variante 2
- **ca. 112 Mio € im Jahr 2034** bei Variante 3

Herauszustreichen ist die berechnete **Entlastung** von Stromkunden mit maximal:

- **ca. 13 Mio € im Jahr 2039** bei Variante 1
- **ca. 27 Mio € im Jahr 2046** bei Variante 2
- **ca. 70 Mio € im Jahr 2050** bei Variante 3

7.1.9 Annahmen zur Arbeitsplatzentwicklung

Eine Abschätzung der Arbeitsplätze im PV Bereich kann aktuell mit Vergleichswerten nur bis ins Jahr 2020 durchgeführt werden. Zu den über 800 bestehenden Arbeitsplätzen (2005), ist zu erwarten, dass ein Hauptteil von zukünftigen Arbeitsplätzen im Bereich Installation, Verkauf und lokales Service geschaffen wird. In Anlehnung an die Studie Solar Generation³³ wurde in Abbildung 28 eine Abschätzung bezüglich der zu erwartenden Arbeitsplätze im Bereich Installation, Verkauf und lokales Service geschaffen durchgeführt.



Note: Laut der Studie von **EPIA und Greenpeace (Solar Generation; 2004)** ist damit zu rechnen, dass bis 2010 etwa 30 Job/MW im Bereich Installation, Verkauf und lokales Service geschaffen werden. In weiterer Folge ist jedoch von einer Absenkung der spezifischen Beschäftigung auszugehen. Gemäß obiger Studie wird diese Zahl im Zeitraum 2010 bis 2020 auf rund 26 Jobs/MW sinken. Diese Grafik zeigt die jährlich benötigte Beschäftigungszahl bis 2020 im Installationbereich nach den Annahmen der oben genannten Studie für das ermittelte Referenzszenario.

Abbildung 28 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Schätzung bezüglich der Entwicklung österreichischer Arbeitsplätze im Bereich Installation, Verkauf und lokales Service von PV-Anlagen

Weitere Arbeitsplätze sind im Bereich der Produktion von Komponenten zu erwarten, wenn österreichische Hersteller ihre derzeitigen Positionen weiter ausbauen können. Ausgehend von den etwa 1000 Personen in der österreichischen PV Wirtschaft Ende 2007, kann bei zielgerichteter Technologiepositionierung in den Bereichen PV Netzanbindung und GIPV, bei Modulherstellern, Zellherstellern und diversen Zulieferern von einer stark steigenden Beschäftigtenzahl ausgegangen werden. Entsprechende weitere positive Entwicklungen bei Produktionsansiedelungen vorausgesetzt, kann 2020 von einer Gesamtbeschäftigtenanzahl von deutlich über 4000 ausgegangen werden.

³³ Studie Solar Generation; <http://www.epia.org/05Publications/Solargeneration.htm>; 2004

8. MASSNAHMEN-EMPFEHLUNGEN

Aus den Zielen der Roadmap leiten sich folgende Aufgaben ab - unterteilt nach dem jeweiligen Tätigkeitsbereich und Zeitrahmen:

8.1 Aufgaben im Bereich Forschung- Entwicklung

Kurzfristig: (2007 bis 2009)

- Aufbau eines heimischen PV Technologie-Kompetenzzentrums, das speziell der aufkommenden österreichischen PV-Wirtschaft als F&E Partner zur Verfügung steht
- Internationalisierung bzw. Stärkung heimischer PV Industrie und PV Forschungsaktivität durch Aufbau von Teams mit internationaler Konkurrenzfähigkeit.
- Schaffung einer größeren Kohärenz der heimischen PV Forschungslandschaft durch enge Vernetzung der Aktivisten. ("PV Research Austria", österr. PV-Technologieplattform, etc...)
- Fortsetzung und Intensivierung der aktiven Mitarbeit in den Tasks des Implementing Agreements Photovoltaik Power Systems Programme der Internationalen Energieagentur (IEA). Einbeziehung weiterer Experten, Entscheidungsträger und Stakeholder aus der Industrie
- Intensive Involvierung in die Europäische/Internationale Normenentwicklung durch aktive Mitarbeit in den diversen Ausschüssen und Untergruppen von CENELEC und IEC.
- Verstärkung der Teilnahme an F&E Projekten der Europäischen Forschungsrahmenprogramme, Sicherstellung des erforderlichen nationalen Eigenfinanzierungsanteiles
- Ausschreibungen im nationalen Energieforschungsprogramm, die sich explizit den definierten Weltmarkt-Nischenthemen der PV-Technologie in Österreich widmen, um in diesen Nischenbereichen internationale Exzellenz zu erreichen.
- Durchführung eines Feld-Test Programms für GIPV-Anlagen, Innovative Demonstrationsgebäude
- Qualitätssicherung von PV-Modulen und Gesamtanlagen, Verbesserung der Ausbildung, Einführung von Q-Labels, etc...
- Stärkung der Tätigkeiten im Bereich der Einspeisung von PV in öffentliche Netze, Beschäftigung mit Fragen der Sicherheit, Netzverträglichkeit und Zuverlässigkeit. Stärkere Anreize für Einbindung der Netzbetreiber in die bereits laufenden europäischen und nationalen Aktivitäten.
- Untersuchungen für den Einsatz von PV zur Spitzenlastkompensation
- Erarbeitung einer umfassenden Studie zur volkswirtschaftlichen Kostenrelevanz der Photovoltaik für Österreich, basierend auf verschiedenen Szenarien einer starken PV-produzierenden Wirtschaft in Österreich unter Einbeziehung von vermiedenen Kosten, ökologischen Auswirkungen und den politischen Sicherheiten bei weitgehend autarker und umweltverträglicher Stromerzeugung

Mittelfristig (2007 bis 2015)

- Überlegungen zur Erhöhung der heimischen Wertschöpfung durch Anreize zum Aufbau von weiteren Teilen der gesamten PV Produktionskette. (weitere Modul-Produzenten, Sondermodule, Zellproduktionen)
- Verstärkte Entwicklung von PV-Modulen, die den besonderen Bedürfnissen der GIPV entsprechen
- Erkennung und Vermeidung von Verlustmechanismen speziell bei GIPV-Systemen, zur Erzielung höherer Jahresenergieerträge.
- Aufbau von weiteren heimischen Zellproduktionen, Verstärkung der heimischen Modulproduktionen, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.
- Förderung der Forschung für Erhöhung der Lebensdauer, Einsatzmöglichkeit (Integration in Gebäude und Netze) von Komponenten und Systemen.
- Forschung für einfachste Anwendbarkeit (Selbstmontagesysteme)
- F&E für Konzepte für bundesweite Recyclingsysteme.
- Schaffung flexibler Mechanismen um die heimische PV Forschung rasch an internationale Entwicklungen anpassen zu können und dauerhaft Weltmarktnischenpositionen besetzen zu können.
- Entwicklung von Strategien für Plusenergiehäuser, basierend auf PV Versorgung
- Untersuchungen bezüglich des Einflusses von PV Anlagen auf Innenraumklima und Energieverbrauch von Gebäuden
- Entwicklung und Verstärkung von gemeinsamen technischen Standards, Protokollen, Tests und Zertifizierungen für Wechselrichter
- Erarbeitung von nationalen Normen und vereinheitlichten Richtlinien zum einfachen, netzverträglichen und sicheren Anschluss/Integration von PV an öffentliche Netze. Reduktion der bürokratischen Schritte
- Entwicklung von multifunktionalen Wechselrichtern (Wechselrichter, welche einen Beitrag zur aktiven Verbesserung der Versorgungsqualität leisten können)
- Ausbau von Forschungs- und Testeinrichtungen für Wechselrichterhersteller in Bezug auf Sicherheits-, Lebensdauer-, und Wirtschaftlichkeitsaspekten
- Entwicklung von Werkzeugen für die Netzintegration einer großen Anzahl von dezentralen PV-Einheiten – z.B. Programme welche Daten für GIS, Netz, Kosten, Angebot und Nachfrage beinhalten
- Analyse von Verhalten und Besonderheiten von großen dezentral, mit einem hohen Anteil an PV, versorgten Netzbereichen (Erzeugung, Last, Speicher, Demand Response, etc...);
- Entwicklung von präzisen Prognosewerkzeugen für PV (Simulationen, Berechnungen)
- Entwicklung von neuen Regelstrategien für dezentrale Netzmanagementsysteme mit hohem Anteil an PV – Anlagen
- Demonstration großflächiger PV - Versorgungsmöglichkeiten mittels Innovationstestzonen, in welchen ein hoher Anteil an PV Erzeugung in elektrische Netze integriert und Netzmanagementstrategien getestet werden können

- Vorbereitung der relevanten Maßnahmen, die auf die Speichernotwendigkeiten von PV-Überschuss-Strom adressiert sind. (Brennstoffzellen, Wasserstoff, innovative Speichertechnologien)

Langfristig (bis 2030)

- Forschungskonzepte für photovoltaische Stromerzeugung an weiteren der Solarstrahlung ausgesetzten Materialien, Flächen, Bauelementen
- PV Strukturen schaffen als Basis für Gesamtenergieversorgung durch Einstieg in Speichertechnologien; z.B. könnte H₂ aus erneuerbarer Überschussproduktion erzeugt werden. Rückwandlung mittels Direktverwertung von Wasserstoff oder Brennstoffzellentechnologie. (Gebäude-Bereich sowie Fahrzeugantriebe)
- Erarbeitung von Konzepten, um gesamte PV Wertschöpfungskette im Inland zu etablieren. (Inkl. Rohstoffaufbereitung)

8.2 Aufgaben im Bereich Marktverbreitung

Kurz- bis mittelfristig (bis 2015)

- Stärkung des Bewusstseins bei Architekten, der Bauindustrie, den Wohnbauverantwortlichen und den Elektrotechnikunternehmen
- Konzeptionisierung von Ausbildungsschienen für Elektrotechniker; Österreichweite PV-Ausbildung
- Info-Veranstaltungen und zielgruppengerechte Tools für Architekten, Planer, Wohnbauverantwortliche, Verwaltungsbeamte im Energiebereich, Auszubildende
- Informationsaktivitäten für die heimische Industrie, die PV als zukünftiges Standbein entwickeln könnte (Glasbau, Fassadenbau, Dachbedeckungen, Fensterfirmen,...)
- Informationsaktivitäten für die heimische Industrie, die speziell die Frage der Netzintegration (aller dezentraler, vor allem aber auch PV) als zukünftiges Standbein entwickeln könnte (Leistungselektronikbranche, Kommunikationstechnologie, Automatisierung, Speichertechnologien...)
- Verstärkter Know-how Transfer – Ausbildungen für Netzbetreiber
- Ausrüstung der öffentlichen Gebäude mit solarer Stromversorgung; Verpflichtung für Regierungs- und Öffentliche Gebäude GIPV zu implementieren
- Sichtbarmachen von GIPV – Förderung von Demonstrationsprojekten; Unterstützung von innovativen Leuchtturmprojekten, z.B. durch Planungswettbewerbe
- Ausbildungsinitiativen an Schulen, Universitäten, Berufsschulen
- Screening der PV relevanten Inhalte an Österreichs Universitäten und Fachhochschulen, Möglichkeiten der Verbesserung der Ausbildungssituation, Anpassung an aktuelle Entwicklungen
- Zivilschutz: Flächendeckende Ausrüstung aller Notfalleinrichtungen mit Solarstrom-Notversorgung
- Start von Marktförderprogrammen nach dem Vorbild des Aktionsprogramms Solarthermie (Klima-Aktiv – Photovoltaik)
- PV im Tourismus als Zeichen für naturbewussten Umgang mit Ressourcen
- Verbessern des Zuganges zu internationalen Hilfsprogrammen durch Finanzierungsunterstützung bei Beschäftigung von PV – Experten (um die Vorteile der heimischen Industrie zu bewerben und um die Investitionsmöglichkeiten im Ausland vor Ort zu verbessern)
- Inkludieren von PV bei internationalen Hilfsprojekten, um zu zeigen, dass für Gesundheit, Bildung, lokale Entwicklung aber auch bei Katastropheneinsätzen Energie benötigt wird, welche von PV zur Verfügung gestellt werden kann.
- Unterstützung beim Aufbau von Industriekapazität für Exportprodukte

8.3 Aufgaben im Bereich der wirtschaftlichen/organisatorischen Rahmenbedingungen

Kurz- bis mittelfristig (bis 2015)

- Sicherstellung einer konstanten Förderlandschaft, Einspeisegesetz mit kostengerechter Vergütung speziell fokussiert auf Schwerpunktsetzung, dessen Höhe jährlich - entsprechend der internationalen Preisentwicklung - angepasst wird; Besondere finanzielle Unterstützung für den Einbau von GIPV
- Bauordnungen/Wohnbauförderung mit verstärkten Impulsen für Solarnutzung; Sicherstellen, dass PV in Gebäudestandards aufgenommen wird und neue Richtlinien für GIPV erstellt werden
- Institutionalisierung der gesamten Weiterbildungskette vom Elektrotechniker, über den Energieberater, Architekten, Baumeister bis hin zum Wohnbauverantwortlichen, Aufnahme in die konventionellen Ausbildungslehrgänge
- Anreize zur Errichtung von PV-Anlagen beim Bau neuer Klimatisierungsanlagen (Spitzenstromausgleich)
- Adaptierung der Stromtarife bezüglich Zeitpunkt der Erzeugung (Time of use – Tarife)
- Anreize für Netzbetreiber zur Installation von PV-Anlagen
- Möglichkeit für Netzbetreiber zur Umlegung von PV-relevanten Forschungsaspekten (Netzintegration von PV) auf die Netztarife
- Aufnahme der Ziele der vorliegenden "PV Roadmap" in die nationalen Energie-Ziele der Bundesregierung bzw. des ausführenden Wirtschaftsministeriums.
- Konsequente Weiterführung bzw. Ausweitung der Standortförderung für PV Betriebsansiedelungen in Österreich durch die AWS.

ANHANG

INTERNATIONAL RELEVANTE PV - STUDIEN UND VISIONEN

Ziel dieses Kapitels ist es, einen Überblick über unabhängige, relevante Studien und Visionen anderer existierender Roadmaps zu geben. Dieser Überblick liefert Daten zur aktuellen und zur erwartenden zukünftigen Entwicklung des Photovoltaikbereiches, sowie der notwendigen Rahmenbedingungen und dient als Unterstützung für die Entwicklung der Roadmap für Österreich.

A.1.Überblick – Allgemeine relevante Studien

A.1.1. Nachhaltigkeitsstudie für Solarenergie 2006 der Sarasin Bank

Die schweizerische Sarasin Bank erstellt Studien im Bereich der Solarenergie um wirtschaftliche Entwicklungen und deren Auswirkungen auf den Finanzmarkt abschätzen zu können.

Die Bank kommt in der aktuellen Solarenergiestudie des Jahres 2006 zu den Erkenntnissen, dass in den kommenden Jahren die heute dominierenden Märkte relativ an Bedeutung verlieren werden. In Europa wird neben Deutschland auch Spanien und Italien immer wichtiger werden, in Asien die großen Märkte China, Indien aber auch Thailand und Südkorea. In der Studie wird hervorgehoben, dass auf der Welt noch immer mehr als 2 Milliarden Menschen ohne Zugang zu einem Stromnetz leben und daher ein hohes zukünftiges Potenzial für Photovoltaik besteht. Sarasin merkt an, dass netzunabhängige Anwendungen dem Nachhaltigkeitsanspruch der Photovoltaik längerfristig eher gerecht werden als Megawattanlagen auf der grünen Wiese von Industrieländern. Sarasin empfiehlt, sich schon heute stärker mit der Stromversorgung in Afrika, Asien und anderswo zu beschäftigen, bevor die Photovoltaik in der westlichen Welt an ihre Grenzen stößt. Die Prognosen der Sarasin Bank zur künftigen Entwicklung des PV-Marktes sind im Vergleich zu anderen Marktschätzungen laut eigener Angabe seit Jahren eher konservativ (Abbildung 30).

Sarasin Langfristprognose für den weltweiten PV-Markt

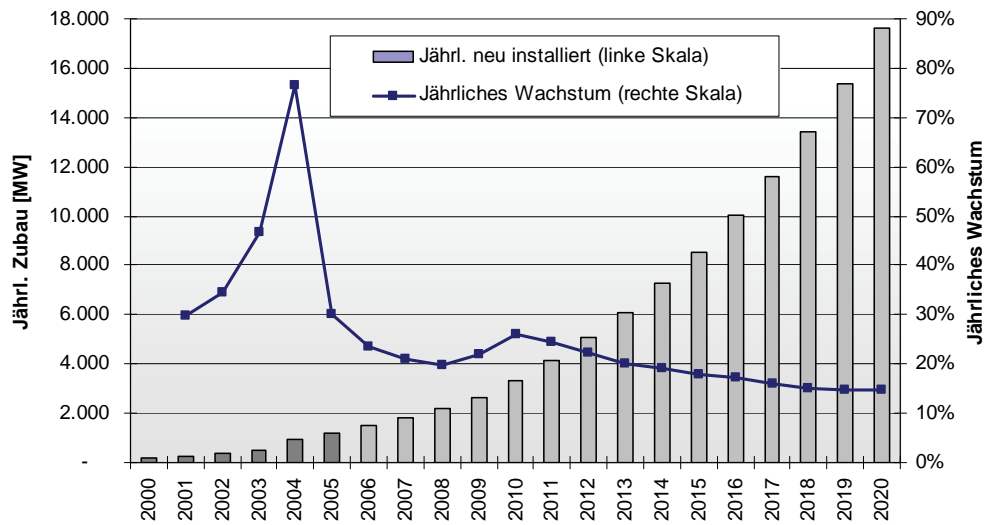


Abbildung 29 Sarasin Langfristprognose für den weltweiten PV-Markt³⁴

Sarasin sieht aufgrund des herrschenden Siliziumengpasses die Daten seiner verhaltenen Schätzung für die kommenden zwei bis drei Jahre bestätigt. Längerfristig hingegen hat die Bank die bisherige Prognose wiederum erhöht und rechnet nun für 2010 mit einer weltweit neu installierten PV-Leistung von rund 4097 MW. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate für die Zeitspanne 2004 bis 2010 von 26%; für das nächste Jahrzehnt (2011-2020) wird eine Wachstumsrate von 21% erwartet.

A.1.2. Studie des Wissenschaftlichen Beirats der Deutschen Bundesregierung „Welt im Wandel - Energiewende zur Nachhaltigkeit“

Die Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats der Deutschen Bundesregierung im Bereich Globale Umweltveränderungen erstellten 2003 die Studie „Welt im Wandel - Energiewende zur Nachhaltigkeit“.

In der Studie werden die wesentlichen Probleme der bestehenden Energiesysteme dargestellt, Kriterien definiert, welche eine Energiewende genügen muss um als „nachhaltig“ zu gelten, ein exemplarisches Szenario für einen möglichen Pfad für die Transformation des globalen Energiesystems im 21. Jahrhundert aufgezeigt und schließlich ein Fahrplan mit konkreten Zielen und politischen Handlungsoptionen für eine globale Energiewende vorgeschlagen.

Der Photovoltaik kommt in der Studie mittel bis langfristig eine spezielle Bedeutung zu, da davon ausgegangen wird, dass der größte Teil der zukünftig weltweiten Energieerzeugung aus Solarstrom (photovoltaisch und über solarthermische Kraftwerke) gewonnen werden muss (Siehe Abbildung 30). Die Studie erwartet für netzgebundene Anlagen im Jahr 2020 Installationspreise von jeweils etwa 1 € pro Watt für das Modul sowie die restlichen Systemkomponenten. Dies entspricht etwa einem Drittel der heutigen Investitionskosten. Weiters wird für 2020 für kristallines Silizium eine großindustrielle Massenproduktion im 10.000 MW Maßstab erwartet und auch für verschiedene Dünnschichttechnologien sollte bis dahin die großindustrielle Massenproduktion erreicht sein.

³⁴ Quelle: Bank Sarasin; www.sarasin.ch; April 2006

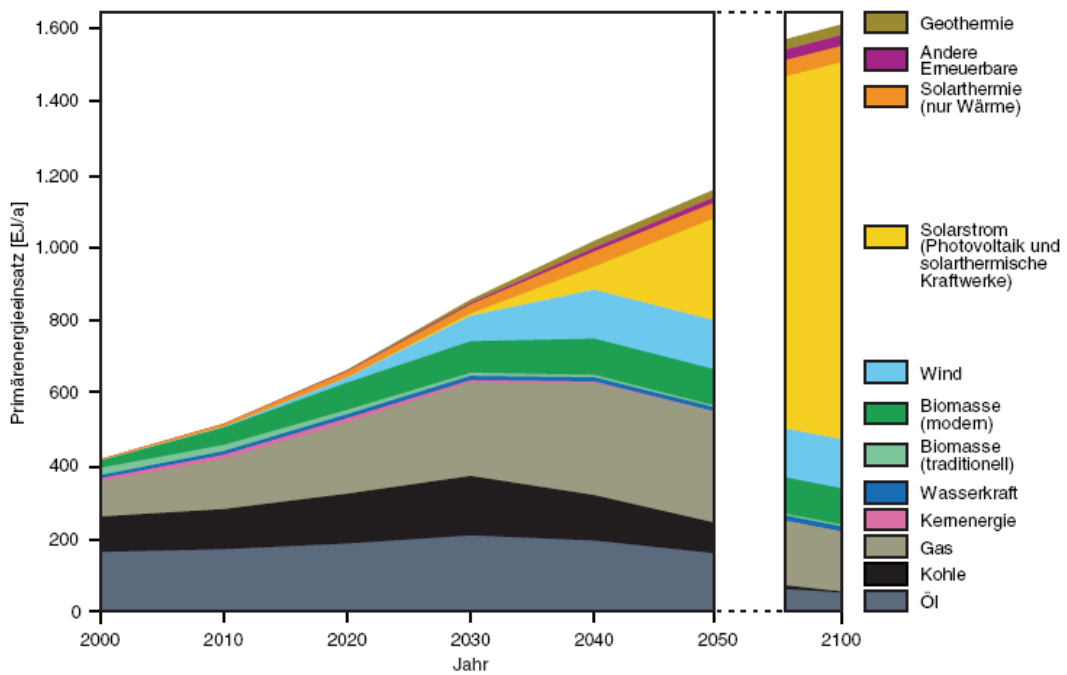


Abbildung 30 Die Veränderung des globalen Energiemixes im exemplarischen Pfad bis 2050/2100³⁵

Abbildung 31 werden erwartete Entwicklungsaspekte im PV Bereich dargestellt:

	2000	2020	2050
Wichtigste marktbeherrschende Technologien	Kristalline Silizium-Solarzellen	Kristalline Si- und Dünnschichtsolarzellen. Tandemsolarzellen für PV-Kraftwerke mit optischer Konzentration Organische und Farbstoffsolarzellen	Dünnschicht-Solarzellen (auch Si), Tandemsolarzellen, Organische und Farbstoffsolarzellen, neue Konzepte
Modulwirkungsgrad [%]	14–15	Si Wafer Module: 18–20 Dünnschicht: 15 Organisch usw.: 10 Tandem: 40	k. A.
Kosten [€/kWh]	~0,6 (Standort mit 1.000 Volllaststunden)	~0,14 (Standort mit 1.300 Volllaststunden)	~0,06 (Standort mit 1.300 Volllaststunden)
Leistungsbereich	W–MW	W–MW	W–MW

Abbildung 31: Zukünftige Entwicklung der Photovoltaik³⁶

Weitere wichtige Studien/Richtlinien:

- Die EU fordert in Ihrem Weißbuch für erneuerbare Energieträger [EU, 1999] eine installierte PV Rate von 3 GWp für EU-Europa bis 2010.

³⁵ Quelle: WBGU; www.wbgu.de

³⁶ Quelle: WBGU; www.wbgu.de

- Eine Task Force der G8 Staaten beschäftigte sich ebenfalls mit der Entwicklung der globalen Energieversorgung und prognostiziert für die Photovoltaik im Jahr 2012 gesamt 32 GWp, 2020 119 GWp und 2030 656 GWp. [Kurokawa, 2003]
- Japan - bei einer Einwohnerzahl von etwa 120 Mio - hat sich für 2010 GWp als Ziel gesetzt.

A.2.Übersicht über andere Photovoltaik - Roadmaps

A.2.1. Roadmap EPIA - Roadmap der European Photovoltaic Industry

Association

Die EPIA hat zusammen mit relevanten Stakeholdern aus der Forschung, Politik, Finanz, Elektroindustrie, Baugewerbe und aus anderen Sektoren ein Anforderungsprogramm für die europäische Industrie entwickelt.

In diesem Anforderungsprogramm ist im Detail beschrieben, welche notwendigen Aktionen von der europäischen Industrie gesetzt werden sollen um das globale PV Marktpotential bestmöglich auszuschöpfen.

Ziele und Meilensteine der EPIA Roadmap:

Eine detaillierte Ausarbeitung von Zielen und Meilensteinen wurde für die Bereiche Technologie, Systeme und Anwendungen sowie Marktentwicklung durchgeführt und kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

Technologie:

Die Reduzierung der Produktionskosten ist der Schlüsselfaktor in allen Technologieentwicklungsaspekten. Aber auch eine Garantie über eine Verfügbarkeit aller Materialien und Komponenten ist von ähnlicher Wichtigkeit. Im Bereich der Rohstoffmaterialien, ist die Verfügbarkeit von solarzellenfähigem Silizium von hoher Relevanz und benötigt Unterstützung. In allen Schritten der Siliziumtechnologie, von der Kristallisation bis zur Zellenproduktion, ist es notwendig eine weitere Reduzierung des Materialverbrauchs und eine Verbesserung der Effizienz zu erreichen. Im Dünnschichtzellenbereich ist der Schritt in die kosteneffiziente Massenproduktion zu setzen, was die Entwicklung entsprechender Infrastruktur benötigt.

Im Bereich der Modulproduktion wird der Einsatz neuer Technologien und Designs notwendig um substantielle Kostenreduktionen zu erreichen. Die Normlebensdauer der Module soll auf 35 Jahre und mehr erhöht werden.

Systeme und Anwendungen:

Für elektronische Komponenten sind relevante Kostenreduzierungen durch noch stärkere Massenproduktion zu erwarten. Die Normlebensdauer der Elemente soll denen von Modulen entsprechen. Die Standardisierung von Komponenten und Systemen ist enorm wichtig für die Massenproduktion. Spezielle Aufmerksamkeit soll auf die Entwicklung von Inselsystemen gelegt werden, da diesen eine stark wachsende Rolle bei der Elektrifizierung von Bereichen ohne bisherige Infrastruktur in Entwicklungsländern zukommen wird. Im Netzanschlussbereich sind folgende Aspekte zu behandeln:

Konzentratorsysteme, welche höchsteffizienteste Solarzellen verwenden, werden eine interessante Alternative für größere Installationen in südlicheren Ländern. In Netzbereichen mit einem bereits hohen Anteil an dezentralen Einspeisern muß dem Netzmanagement besondere Beachtung geschenkt werden, um einen höheren Anteil an PV-Anlagen optimal integrieren zu können.

Marktentwicklung:

Die verschiedenen Photovoltaikmärkte müssen weiterentwickelt werden. Hauptaugenmerk sollte auf die zwei größten Marktsegmente gelegt werden, netzgekoppelte Anlagen in Industrialisierten Ländern und Inselanlagen in entfernten Gebieten ohne Netze in Entwicklungsländern. Der netzgekoppelte Anlagenmarkt braucht noch spezielle Finanzierungsunterstützung und regulatorische Vorgaben um einen barrierefreien Zugang zum Netz zu erreichen. Währenddessen benötigt der Markt in den Entwicklungsländern den Aufbau von Geschäftsinfrastruktur und die Einführung von adaptierten einfachen Finanzierungsschemen. Die erwartete Kostenreduktion wird bereits mittelfristig dazu führen, dass Photovoltaikanlagen kompetitiv zur herkömmlichen Stromerzeugung werden (Beginnend im Spitzenstrombereich) und mittel bis langfristig der Markt selbstregulierend sein wird.

Industrie:

Die europäische PV – Industrie hat eine gute Ausgangsposition gegenüber den internationalen Mitbewerbern. Alle Teile der Wertschöpfungskette, von der Erzeugung des Silikons bis zu den fertigen Modulen und Systemen können durch europäische Firmen durchgeführt werden. Um unfaire oder verzerrende unterschiedliche Unterstützungen in den EU - Ländern zu verhindern, wird von der EPIA vorgeschlagen, dass der Großteil der Systeme unter einem europäischen Einspeisetarif verwirklicht werden soll.

Historisch existiert in der PV Technologieentwicklung eine Preisreduktion von ca. 20% pro verdoppelter Produktionsmenge. EPIA erwartet, dass sich diese Preisreduktion weiter fortsetzen wird.

Bis 2010 wird erwartet, dass die installierte Kapazität weltweit mehr als 10 GWp betragen wird (wovon mindestens 3 GWp in Europa installiert werden). Die jährlichen Wachstumsraten bewegen sich aktuell zwischen 20 und 40%. Bis 2020 wird erwartet, dass in Europa mehr als 40 GWp installiert sind und für die weltweite Installierte Kapazität bis 2040 wird mit bis zu 10.000 GWp (entspricht ca. 25.000 Gaskraftwerken mit 400 MW) gerechnet. Für 2020 rechnet die EPIA damit, dass 1% des Strombedarfes in Europa durch Solarstrom gedeckt werden, im Jahr 2040 26%.

A.2.2. Roadmap US - Industry - Roadmap der Photovoltaik Industrie in den USA

Die existierende US – Roadmap für PV wurde von der amerikanischen PV – Industrie mit relevanten Stakeholdern entwickelt.

In dem Dokument ist im Detail beschrieben, welche notwendigen Aktionen von der amerikanischen Industrie gesetzt werden sollen um das globale PV Marktpotential bestmöglich auszuschöpfen.

Wichtige Aspekte aus der Zusammenfassung der Roadmap:

- Der Gleichzeitigkeit von Auftreten der Erzeugung mit Verbrauchsspitzen, speziell im Sommer wird Relevanz beigemessen (Bis 2030 – sollen 10% der US-Spitzenlastproduktion aus PV kommen).
- Sicherheitsaspekte (dezentrale Energieversorgung ist besser gegen Terrorangriffe geschützt) werden hervorgehoben
- Bis 2030 wird erwartet, dass ca. 150.000 hochqualifizierte US Arbeitsplätze in der PV Industrie geschaffen werden können
- Für 2020 wird erwartet, dass ca. 15 GWp in den USA installiert sein werden – weltweit werden ca. 88 GWp erwartet
- Die US-Industrie kämpft mit dem Verlust der Marktführerschaft an Japan und die EU will diesen wieder zurückerlangen

A.2.3. Roadmap Japan - Roadmap der japanischen NEDO (Technologie-Entwicklungsabteilung für Erneuerbare Energie)

Die existierende japanische Roadmap für PV wurde von Vertretern der japanischen Industrie, Wissenschaftlern und Regierung im Rahmen der NEDO erstellt.

In dem Dokument ist beschrieben, welche notwendigen Aktionen von Japan gesetzt werden sollen, um das globale PV Marktpotential bestmöglich auszuschöpfen und die Vormachtsstellung im Technologiebereich auszubauen.

Wichtige Aspekte aus der Zusammenfassung der Roadmap:

- Dem zukünftigen Netzmanagement zur Integration von einer großen Anzahl von PV – Anlagen in elektrische Netze wird ein hoher Stellenwert beigemessen. Die Notwendigkeit der Entwicklung von Energiespeichern und multifunktionalen Wechselrichtern wird hervorgehoben.
- Für 2030 wird erwartet, dass ca. 100 GWp in Japan installiert sein werden, was ca. 10% des totalen Stromverbrauches von Japan entspricht.
- Für 2030 werden Stromkosten von ca. 7 Yen (ca. 9 €cent) pro kWh prognostiziert. Für das Jahr 2010 werden Kosten von 23 Yen (ca. 30 €cent) pro kWh und für 2020 14 Yen (ca. 19 €cent) pro kWh als Zwischenziel angestrebt.³⁷

A.2.4. Roadmap Australien – Roadmap der Australischen Industrievereinigung für Erneuerbare Energie (Business Council for Sustainable Energy – BCSE)

Die BCSE, ein Zusammenschluss von Industrie und Gewerbe im Bereich der erneuerbaren Energie in Australien, hat 2004 eine PV Roadmap für Australien herausgegeben. In dieser Roadmap werden die notwendigen Weichenstellungen für Australien aufgezeigt, welche gesetzt werden müssen, um Australien in eine führende Rolle am weltweiten PV Markt bringen zu können. Es wurden darin die Stärken und Möglichkeiten identifiziert und dokumentiert, auf welche Australien im Speziellen setzen soll.

Bis 2010 wird erwartet, dass die installierte Kapazität in Australien 350 MWp mit ca. 5.290 Beschäftigten beträgt, im Jahr 2020 wird mit 6.740 MWp und ca. 31.600 Beschäftigten gerechnet. Für 2010 verweist die Roadmap auf geschätzte Installationsvolumina von 4.820 MWp in Japan, 2000 MWp in Deutschland und 3000 MWp für die USA. Außerdem wird für

³⁷ Für die Berechnung wurde ein Umrechnungskurs von 1€ = 130 Yen für das Jahr 2004 verwendet.

die Entwicklungsländer in Asien, Afrika und Lateinamerika ein Bedarf für PV von weiteren ca. 19.000 MWp geschätzt.

A.2.5. PV TRAC – Vision: Vision des Europäischen Rates für Photovoltaik Technologieforschungsberatung (heute PV Technologieplattform)

Der Bericht über die Vision für Photovoltaik wurde im Jahr 2004 erstellt um den Weg der PV bis ins Jahr 2030 zu beschreiben. Der Bericht beschreibt im Detail die notwendigen Forschungs- und Marktaspekte um PV zu einem wichtigen Element der Stromerzeugung bis zum Jahr 2030 werden zu lassen.

Wichtige Aspekte aus der Zusammenfassung der PV Technologieplattform:

- Der Gleichzeitigkeit von Auftreten der Erzeugung mit Verbrauchsspitzen wird Relevanz beigemessen (Bis 2030 – wird erwartet, dass für ganz Europa Strom aus Photovoltaikanlagen mit Spitzenlaststrom konkurrenzfähig ist, im Süden Europas schon bis 2010).
- Bis 2030 wird erwartet, dass ca. 200.000 – 400.000 hochqualifizierte EU Arbeitsplätze im PV Bereich geschaffen werden.
- Für 2030 wird erwartet, dass ca. 200 GWp in der EU installiert sein werden – weltweit wird mit ca. 1000 GWp gerechnet, womit ca. 4% der weltweiten Stromproduktion erzeugt werden könnten.
- Im Bericht ist eine Liste mit strategischen Forschungsbereichen angeführt, welche behandelt werden sollen um der Photovoltaik zum Weltenergiemarktrelevanten Durchbruch zu verhelfen. Die Liste umfasst die Bereiche:
 - ⇒ Aktuelle PV Technologien: i.) Für Wafer basierte kristalline Siliziumtechnologien sind Forschungsarbeiten in den Bereichen Materialien, Prozesse und Ausrüstung und der Prozessoptimierung notwendig; ii.) für Dünnschichttechnologien ist Forschung notwendig in den Bereichen Materialien und Vorrichtungen, sowie bei Prozessen und Ausrüstung; iii.) für hocheffiziente Zellen sind Arbeiten für Multijunction-Verbindungszellen notwendig
 - ⇒ Neue Technologien (Grundlagenforschung): i.) Sensitive Oxide Basierte und andere Nanostrukturierte Solar-Zellen und Module (Organische Zellen, Sensitive anorganische Zellen, andere nanostrukturierte Bereiche mit potential zur Kostensenkung); ii.) Polymer- und Molekularsolarzellen; iii.) Entwicklung von stabilen, hochqualitativen Einkapselungsmaterial; iv.) Super hocheffiziente und volles Spektrum; v.) Schwachlichtzellen
 - ⇒ PV Systeme: i.) im Bereich des Netzanschlusses ist Forschung notwendig für Wechselrichterdesign (Kostendegression), Modulintegrierte Elektronik, Netzschnittstellen, Netzintegration, Konzentratorsysteme; ii.) für Stand-Alone Systeme ist es in den Bereichen Komponenten, Systemtechnologie und Sozioökonomie notwendig Forschung durchzuführen
 - ⇒ Gebäudeintegration: i.) Forschung in den Bereichen optimale Integration in das Gebäude/Fassade und das Montieren von Modulen; ii.) Kombination und Integration von mehreren Funktionalitäten, iii.) Totale Energie Konzepte für das Gebäude
 - ⇒ Produktionsaspekte: Entwicklung von speziell abgestimmten Prozessen und Ausrüstung für die Produktion von PV

- ⇒ Unterstützende Aspekte: i.) Forschung im Bereich der Qualitätssicherung und Standardisierung; ii.) Forschung zur Verringerung von Umweltauswirkungen; iii.) Sozioökonomische Forschung

Photovoltaik und CO₂:

Wenn kurzfristige CO₂ – Ziele dominieren kann Photovoltaik aufgrund der derzeitigen Kostenstruktur oft nicht in Betracht gezogen werden, da andere Maßnahmen mit dem selben Finanzeinsatz signifikant höhere CO₂ – Einsparungen ergeben (z.B.: Wärmedämmung).
Mittel-

und langfristig jedoch wird auch die Photovoltaik aufgrund ihres außergewöhnlichen Potentials entscheidend zur Verringerung der CO₂ –Emissionen beitragen.

9. VERZEICHNISSE

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Schema einer netzparallelen PV-Anlage	4	
Abbildung 2 Weltweit installierte PV Kapazität (in IEA Ländern)	5	
Abbildung 3: Zell und Modulwirkungsgradsteigerungen	9	
Abbildung 4 Strom aus erneuerbaren Energien in Österreich – Potentiale und Nutzung.....	10	
Abbildung 5 Monatliche Änderungen der täglichen Lastkurven für den Zentraleuropäischen Strommarkt (Deutschland, Frankreich, Österreich und die Schweiz)	11	
Abbildung 6 Monatliche Änderungen der täglichen Lastkurven für Italien - 2005.....	12	
Abbildung 7: PV Erzeugung vs. Lastkurve am 23.07.2003.....	12	
Abbildung 8: Börsenspotpreis vs. Lastkurve am 23.07.2003.....	13	
Abbildung 9: PV Erzeugung vs. Börsenspotpreis am 23.07.2003	13	
Abbildung 10 Überblick Energietechnologisches Szenario für Österreich.....	23	
Abbildung 12 Historische und zukünftig erwartete Preisreduktionen für PV Module mit entsprechender Steigerung der kumulierten weltweit installierten PV Leistung in GWp	30	
Abbildung 13 Historische Preisreduktionen für PV Module mit entsprechender Steigerung der kumulierten weltweit installierten PV Leistung in Wp	30	
Abbildung 14 Solar Module Markt Preise	31	
Abbildung 15 Historische und zukünftig	Abbildung 16 Generationen von Solarzellen:	31
Abbildung 17 Vergleich von zukünftig erwarteten Stromerzeugungskosten aus PV mit Stromkosten für Haushaltskunden (€/kWh).....	32	
Abbildung 18 Vergleich von zukünftig erwarteten Stromerzeugungskosten aus PV mit Stromkosten für Basislast und Spitzenlast (€/kWh).....	32	
Abbildung 19 Bundesländerstatistik 2006	34	
Abbildung 20 Photovoltaikmarkt in Österreich	35	
Abbildung 21 Kumulierte installierte PV Leistung in kWp	35	
Abbildung 22 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Entwicklung des PV-Anteils am öst. Stromverbrauch bis zum Jahr 2050	38	
Abbildung 23 Szenario 20% PV im Jahr 2050 - Jährlich installierte Leistung und Wachstumsrate bis 2050 in Österreich	41	
Abbildung 24 Szenario 20% PV im Jahr 2050 - Kumulierte Leistung bis 2050 in Österreich.....	41	
Abbildung 25 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Genutztes Potential vs. zusätzlich noch vorhandenes Potential im Jahr 2050 in Österreich.....	44	
Abbildung 26 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Entwicklung der Einspeisetarife (Mischung aus Dach und Fassadentarif) im Vergleich zum Wert der PV – Erzeugung.	49	
Abbildung 27 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Entwicklung der Umlagekosten nach dem Wert der PV Erzeugung.....	49	
Abbildung 28 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Entwicklung der jährlichen Kostenbelastung für Endverbraucher.....	50	
Abbildung 29 Szenario 20% PV im Jahr 2050 – Schätzung bezüglich der Entwicklung österreichischer Arbeitsplätze im Bereich Installation, Verkauf und lokales Service von PV-Anlagen	51	
Abbildung 30 Sarasin Langfristprognose für den weltweiten PV-Markt	58	
Abbildung 31 Die Veränderung des globalen Energiemixes im exemplarischen Pfad bis 2050/2100 .	59	
Abbildung 32: Zukünftige Entwicklung der Photovoltaik	59	

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Produktion 2006 und Produktionskapazität im Jahr 2006 für die einzelnen Produzenten in Österreich (in Klammern die Werte für 2005)	27
Tabelle 2 Stromverbrauchsentwicklung für Österreich – unterstellte jährliche Wachstumsraten	39
Tabelle 3 Durchschnittliche Wachstumsrate der jährlichen Kapazitätsentwicklung für Österreich, Eigene Berechnungen.....	41
Tabelle 4 Annahmen Entwicklung der weltweiten Wachstumsraten für PV, Eigene Berechnung.....	42
Tabelle 5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Annahmen für Potenzialberechnungen, Eigene Berechnungen	44
Tabelle 6 Angenommene zukünftige Lernraten, Eigene Berechnungen	47

9.3 Links

Eine Übersicht über die derzeit 102 Mitglieder des österreichischen Bundesverbandes Photovoltaik „PV Austria“ findet sich unter

www.pvaustria.at

Weitere relevante Links:

- www.arsenal.ac.at
- www.energytech.at
- www.epia.org
- www.pv-ec.net
- www.iea-pvps.org
- www.eupvplatform.org
- www.solarwirtschaft.de

9.4 Literaturquellen

- Dr. Matthias Fawer; Nachhaltigkeitsstudie, Solarenergie 2005; Sarasin Bank, Dezember 2005 Bank Sarasin; www.sarasin.ch; April 2006
- Wolfgang Palz; Die "Roadmap" für Photovoltaik - ein strategischer Leitfaden, Paris/ Brüssel, September 2005 ; http://www.eurosolar.org/new/de/downloads/SZA32005_%20Palz.pdf
- Gerhard Faninger; Der PV Markt in Österreich 2006; Mai 2007
- Bründlinger et. al.; National Survey Report of PV Power Applications in Austria 2006; arsenal research
- Hagemann Ingo B. (2002): Gebäudeintegrierte Photovoltaik – Architektonische Integration der Photovoltaik in der Gebäudenhülle, Köln, Müller
- Wissenschaftlicher Beirats der Bundesregierung - Globale Umweltveränderungen; Deutschland; 2003; www.wbgu.de
- Studie Solar Generation; <http://www.epia.org/05Publications/Solargeneration.htm>; 2004
- Spectrolab, Triple-Layer, PVPS-Konferenz, Osaka, May 2003
- PV activities in Japan, Volume 9, No 5-2, Osamu Ikki Ressources Total System Co. Ltd. 2-3-11 Shinkawa, Chou-ku, Tokyo 104-0033, May 2003
- Hitoshi Ito, 2003, Director of renewable Energy department at METI - Ministry for Economy, Trade and Industry of Japan, Vortrag im Rahmen der PVPS Konferenz in Osaka, May 2003
- De Wild, et al., CristalClear Projekt der EU Kommission
- Kurokawa, 2003, Energy from the desert, IEA PVPS-Publikation, 2003
- Swens, Fechner et al.; Roadmap for PV RTD Programming in Europe, EU Projekt PV-EC-NET im Auftrag der EU-Kommission, 2003; www.pv-ec.net
- Demet Suna et. al; "Value Analysis" in Vorbereitung für Projekt "PV Upscale" und "IEA- PVPS Task 10" (Fertigstellung Dez.2006); TU Wien - Bericht
- Solarbuzz Studie „Marketbuzz 2006- Annual World Solar Photovoltaik (PV) Industrie Report“; (<http://www.solarbuzz.com/Marketbuzz2006-intro.htm>).
- EU, 1997, Weißbuch für Erneuerbare Energieträger
- Veröffentlichung der EU Technologieplattform; Arbeitsgruppe 3; 2006; www.eupvplatform.org
- Arnulf Jäger-Waldau „R&D Roadmap for PV“; European Joint Research Center
- Zeitschrift PHOTON; November 2005
- US Roadmap; 2001; www.sandia.gov
- EPIA Roadmap; Mai 2004; www.epia.org
- Roadmap Australia; 2004; www.bcse.org.au
- Japanische Roadmap;2004; www.nedo.go.jp
- Vision Report; PV TRAC; <http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/vision-report-final.pdf>
- IEA, IEA PVPS-Task 7; www.iea-pvps.org
- UVS/Solarpraxis, Studie Solar Generation; <http://www.epia.org/05Publications/Solargeneration.htm>; 2004
- Baseline scenario (PRIMES 2005)
- Der deutsche PV Markt 2006, vom Nachfrageüberhang zum Wettbewerb – zentrale Ergebnisse der Euro-Pressedienst research Studie, Euro-Pressedienst Bonn