



Diskussionspapier

Die Photovoltaik ist marktreif für die Schweiz

Der Massenmarkt ist jetzt zu erschliessen

Bern, 15. November 2012

Autoren

Dr. Ruedi Meier, Präsident energie-cluster.ch, Bern

Prof. Urs Muntwyler, BFH-TI, Bern

Dr. Rosmarie Neukomm, REnergisolv Neukomm, Yverdon

Peter Stutz, AWG Solar GmbH, Thun

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1 Ausgangslage: Stand Technik, massive Reduktion der Kosten	5
1.1 Weltweiter Trend zur Photovoltaik.....	5
1.2 Technologischer Fortschritt bei Modulen.....	6
1.3 Massive Kostenreduktion.....	7
1.4 Stromgestehungskosten.....	13
1.5 Entwicklung der Photovoltaik in der Schweiz	17
1.6 Photovoltaik Förderung in der Schweiz – Anlage KEV, "freie Anlage"	19
1.7 Grundlage der KEV.....	20
1.8 Vergütung der Photovoltaik in der KEV	21
1.9 Mehr als die Hälfte der KEV Abgabe wandert in Fonds statt in die Förderung.....	22
1.10 Stromproduktion und Warteliste in der KEV	24
1.11 Die Entwicklung der Photovoltaik in der KEV	26
2 Szenarien	28
2.1 Energiepolitik des Bundes für Erneuerbare Energien	28
2.2 Annahme zu der Stromgestehungskosten	29
3 Vorgesehene Änderungen für die Photovoltaik im neuen (EnG) Energiegesetz 28.9.201230	
4 Stromgestehungskosten: Sensitivitäten	31
4.1 Stromgestehungskosten 5% Zins, ohne Abzüge	32
4.2 Stromgestehungskosten 5%, 10% Abzüge, z.B. Steuererleichterung	33
4.3 Stromgestehungskosten 5% Zins, 30% Abzüge, z. B. Investitionsbeihilfe	34
4.4 Stromgestehungskosten 2,5% Zins, ohne Abzüge	35
4.5 Stromgestehungskosten 2,5% Zins, 10% Abzüge	36
4.6 Stromgestehungskosten 2,5% Zins, 30% Investitionen Abzüge	37
4.7 Fazit	37
5 Überlegungen zur Netz- und Energie-Parität.....	38
5.1 Stossrichtung	38
5.2 Warum es nach 2020 keine KEV für PV Neuanlagen braucht – Netz Parität.....	38
5.3 Energie Parität	38
5.4 Fazit	38
6 Weitere Berechnungen für KEV-Bedarf für die Photovoltaik.....	40
6.1 Ausbau nach Bundesrat	41
6.2 Sehr schneller Ausbau.....	43
6.3 20% Ausbau bis 2035 angemessene Preisbasis	46
6.4 Ausbau gemäss mittlerem Szenario, hohe Preisbasis, realen tieferer Zins 2.5%.....	49
6.5 Ausbau gemäss mittlerem Szenario, angemessene Preisbasis und realer Zins 2.5 % ..	51
Abbildungsverzeichnis	53

Zusammenfassung

Photovoltaik– eine Chance für sinnvolles Investieren

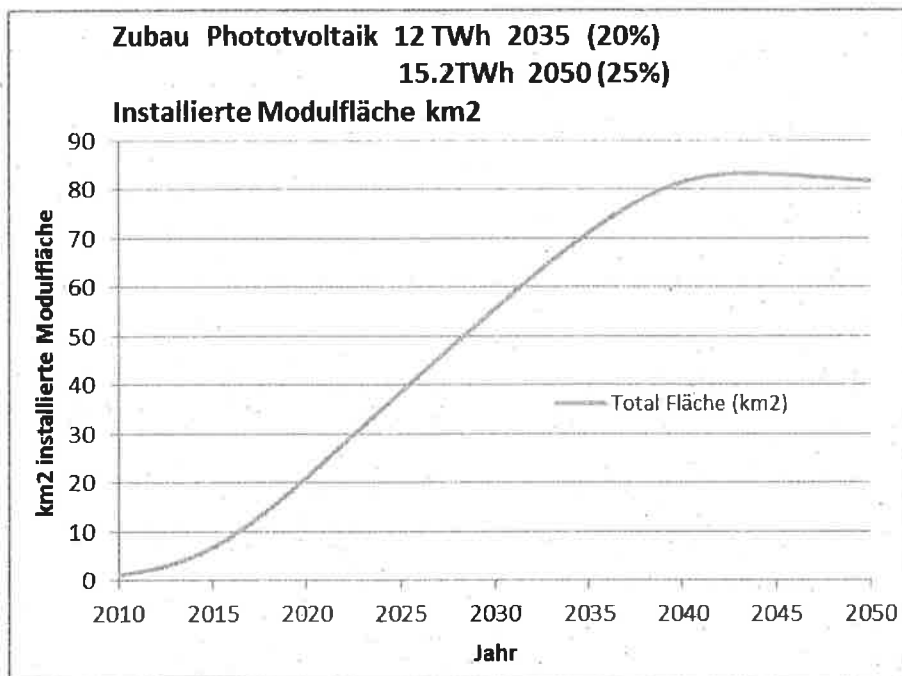
Photovoltaik hat ein riesiges Potenzial. Eine breite Förderung ist ein dringendes Anliegen.

1. Die Photovoltaik ist in der Schweiz reif für die breite Anwendung. Die Schweiz kann von einem weltweiten Modul- und Wechselrichtermarkt mit ausgereiften Produkten profitieren.
2. Bei den aktuellen Modulkosten von CHF 1000 pro Kilo-Watt und darunter liegen die Gesamtkosten für Solaranlagen ab 9 Kilo-Watt bei CHF 2000 bis 3000 pro Kilowatt. In der Schweiz sind 350 MWp PV mit 300 GWh Stromproduktion installiert, das sind 0,5% des gesamten Stromverbrauchs (Zubau 2012: + 160 MWp).
3. Mit rund 20–25 Rp./kWh Stromgestehungskosten ist die Netzparität erreicht. Eine Realverzinsung von 2.5 Prozent und eine Abschreibung inkl. Unterhalt über 25 Jahre werden realisiert.
4. Unter Beachtung von Steuerabzügen und Eigenleistungen für den Unterhalt liegen die Stromgestehungskosten bei rund 15 Rp./kWh. Weitere jährliche Preisreduktionen von 8 bis 20 Prozent sind möglich. Noch vor 2020 wird der Solarstrom günstiger sein als jener aus grossen Gaskombi-Kraftwerken unter Beachtung der externen Kosten.
5. Eine breite Förderung der Photovoltaik ist ein dringendes Anliegen. Kurz- bis mittelfristig soll der gesamte Photovoltaik-Strom zu gleichen Preisen entschädigt werden, wie der Stromkonsument für den Strom bezahlt (Net Metering). Für ins Netz zurückgespeisten Strom ist eine angemessene Abgeltung der Netzdienstleistungen vorzusehen.
6. Die bestehende, limitierende Photovoltaik-Förderung beruht auf veralteten Berechnungsgrundlagen und führt zu einer einseitigen Förderung von neuen Gaskraftwerken mit einer problematischen Klimabelastung und einer verstärkten Auslandabhängigkeit.
7. Die restriktiven Photovoltaik-Kontingente müssen beseitigt werden. Sie führen zu ungerechtfertigten Renten und zu einer Blockierung der wichtigsten neuen Stromquelle für die nächsten 40 Jahre.
8. Der Ausbau des Photovoltaik-Stroms kann bis 2035 auf mindestens 20 % oder 12 TWh gesteigert werden. Dazu ist eine KEV-Abgabe von nur 1.4 Rp/kWh nötig (Kosten pro Haushalt ca. CHF 70 pro Jahr). Im Gegensatz zu Deutschland müssen heute keine teuren Solaranlagen unterstützt werden.
9. 12 TWh Solarstrom erfordert 10–12 GWp zusätzlich installierte Leistung. An Spitzentagen kann der Gesamtleistungsbedarf der Schweiz erreicht werden. Zur Netzstabilisierung sind Regelungen,

Speicher etc. bereits vorhanden und weiter zu entwickeln. Innovative Lösungen sind in einem hohen Masse gefordert.

10. Für alle Neubauten und Sanierungen sollen Dach- und Fassaden-Photovoltaikanlagen geprüft und wenn möglich realisiert werden. Photovoltaik ist das schicke Baumaterial des 21. Jahrhunderts.

Abbildung 1 – Zubau Photovoltaik 12TWh 2035 (20%), 15.2TWh 2050 (25 %): Installierte Modulfläche km²



Quelle: Rosmarie Neukomm, roneukomm@hispeed.ch

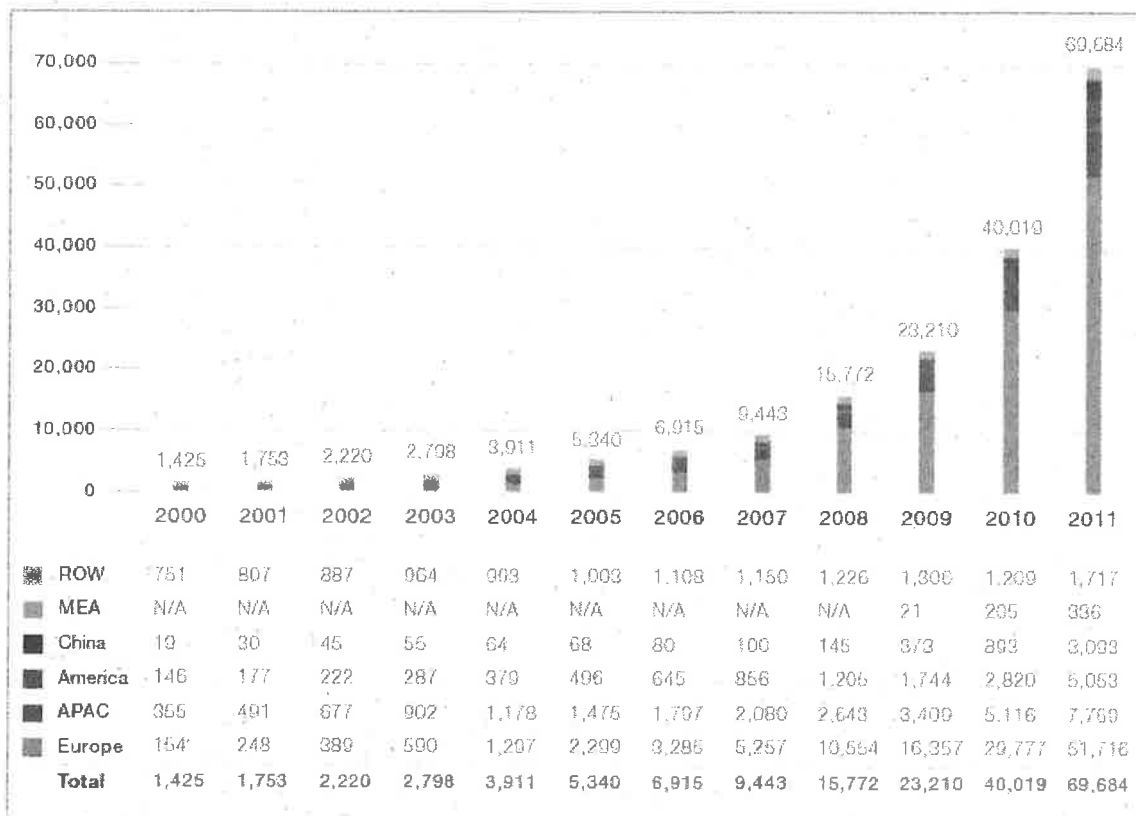
1 Ausgangslage: Stand Technik, massive Reduktion der Kosten

1.1 Weltweiter Trend zur Photovoltaik

Photovoltaik (PV) ist die Stromerzeugung aus Sonnenlicht mittels Solarzellen (elektronische Halbleiterelemente). Erste Silizium-Solarzellen wurden 1954 von Bell Laboratories entwickelt. Anwendung fanden sie zuerst in der Raumfahrt und für netzferne Versorgungsaufgaben.

Netzgekoppelte Anlagen wurden ab den 90er Jahren vermehrt gebaut, und sind heute in starkem Ausbau begriffen. Dies wegen grossen Effizienzfortschritten, aber auch der Förderung durch erhöhte Einspeisetarife für Solarstrom (kostendeckende Einspeisevergütung) verschiedener Staaten im EU-Raum, USA aber auch China. PV ist inzwischen technisch ausgereift und hat noch viel Potenzial.

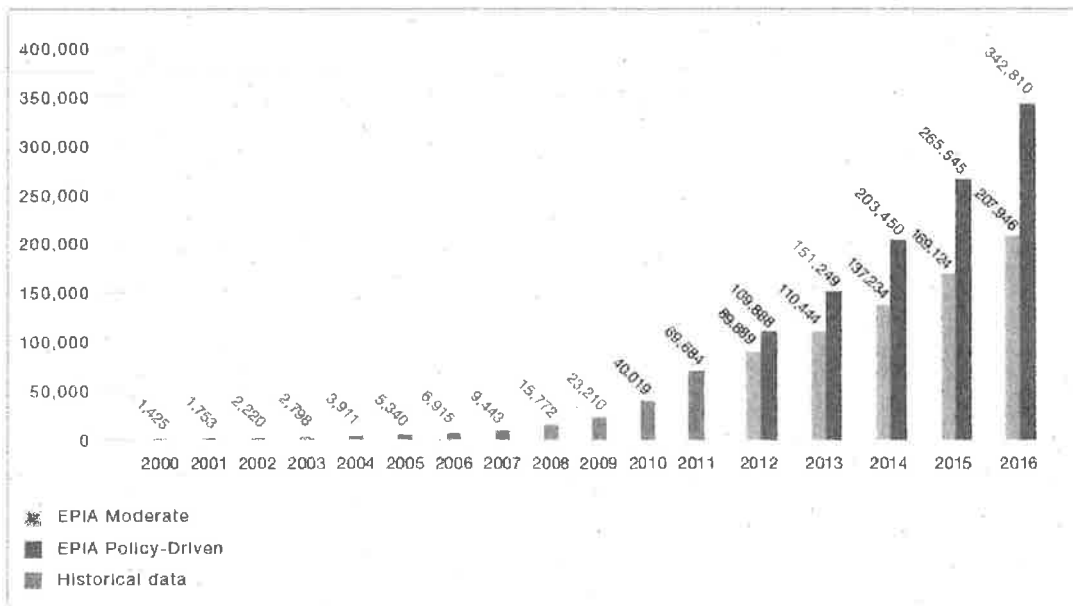
Abbildung 2 – Evolution of global cumulative installed capacity 2000–2011



Quelle: (Figure1; Global Market Outlook; For photovoltaics until 2016, Mai 2012, EPIA European Photovoltaic Industry Association, Gaétan Masson, Marie Latour, Daniele Biancardi)

Die Entwicklung des global zunehmenden Wachstums kumulierte PV Leistung weltweit ist am grössten in Europa. Aktuell anziehende Märkte sind USA und China. Das Wachstum beträgt über 20–30%. Die Nutzung durch Solarstrom ist weltweit die am schnellsten wachsende Technologie zur Stromerzeugung.

Abbildung 3 – Global cumulative scenarios until 2016 – Moderate and Policy Driven (MW)



Quelle: (Global Market Outlook; For photovoltaics until 2016, Mai 2012, EPIA European Photovoltaic Industry Association, Gaëtan Masson, Marie Latour, Daniele Biancardi)

Für die Zukunft wird weiter ein stark steigendes Wachstum angenommen. Die Wachstumsprognosen wurden in der Vergangenheit von der Realität vielfach übertroffen.

1.2 Technologischer Fortschritt bei Modulen

Der Modulwirkungsgrad ist durch verbesserte Zell- und Modultechnologie kontinuierlich angestiegen. Ein höherer Modulwirkungsgrad bedeutet weniger Flächenbedarf für die Sonnenenergienutzung und ist oft vorteilhaft für geringere Stromgestehungskosten.

Industrial PV Module Efficiency [%]

Abbildung 4 – Best Modules

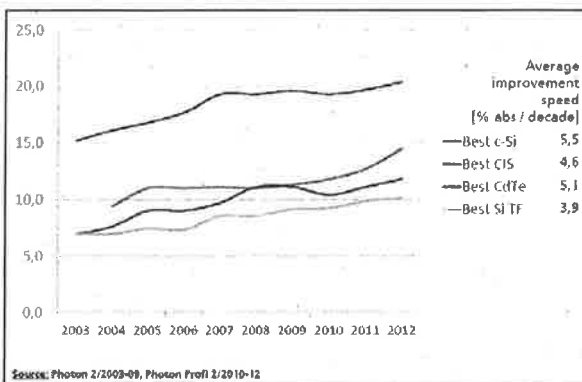
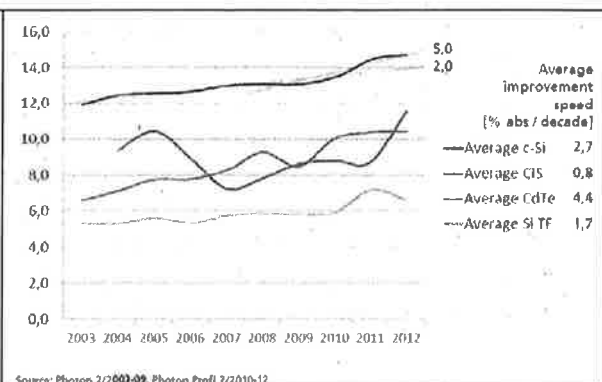


Abbildung 5 – Average Modules



Dünnschichttechnologien haben einen geringeren Wirkungsgrad als Module auf Basis kristalliner Silizium-Wafer, waren aber lange günstiger pro Wp Leistungseinheit. Geringerer Wirkungsgrad heisst tiefere m²-Kosten. Das kann im Fall der Gebäudeintegration für die Wirtschaftlichkeit von Vorteil sein. Photovoltaikanlagen werden gleichzeitig als modernes Baumaterial gebraucht.

Photovoltaik-Anlagen haben sich bewährt

Die ältesten netzgekoppelten Anlagen produzieren schon seit ca. 30 Jahren Strom, so auch in der Schweiz auf dem Dach der FH Lugano, Tessin (TISO / ISAAK-SUPSI).

Abbildung 6 – Netzverbundanlagen: TISO 1982, 10kWp



Damit konnte die Photovoltaik in Echtzeit zeigen, dass Leistungsgarantien von 25 Jahren auf 80% der Leistung realistisch angesetzt sind, wie dies seit einigen Jahren von den Herstellern zugesichert wird.

1.3 Massive Kostenreduktion

Die Photovoltaik setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Grob können einerseits Module, andererseits Planung, Wechselrichter, Installation und Betrieb unterschieden werden.

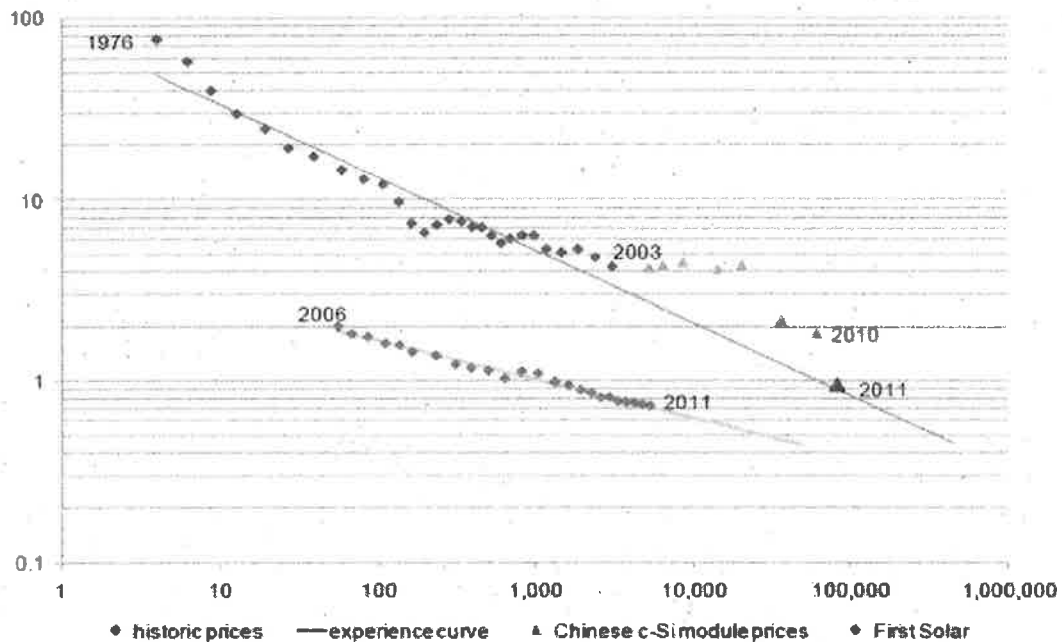
1.3.1. Kostenentwicklung Module

Zu Beginn, vor gut 30 Jahren, war die Photovoltaik sehr teuer. Der wachsende Markt ermöglichte die Entwicklung einer Photovoltaik-Industrie. Skalenerträge führten mit dem Ausbau der Produktionsstruktur zur Massenproduktion mit ständigen Innovations- und Technologiefortschritten zu massiv tieferen Kosten und Preisen.

→ Lernkurve bestätigt: 100 % mehr Absatz → 20 % tiefere Kosten

Mit einer Lernkurve kann die Verringerung eines Produktes als Folge seiner kumulierten Absatzmenge beschrieben werden. Bei der Modulproduktion in der Photovoltaik betrug die Kostendegression bisher ca. 20% bei Verdoppelung der kumulierten installierten Leistung.

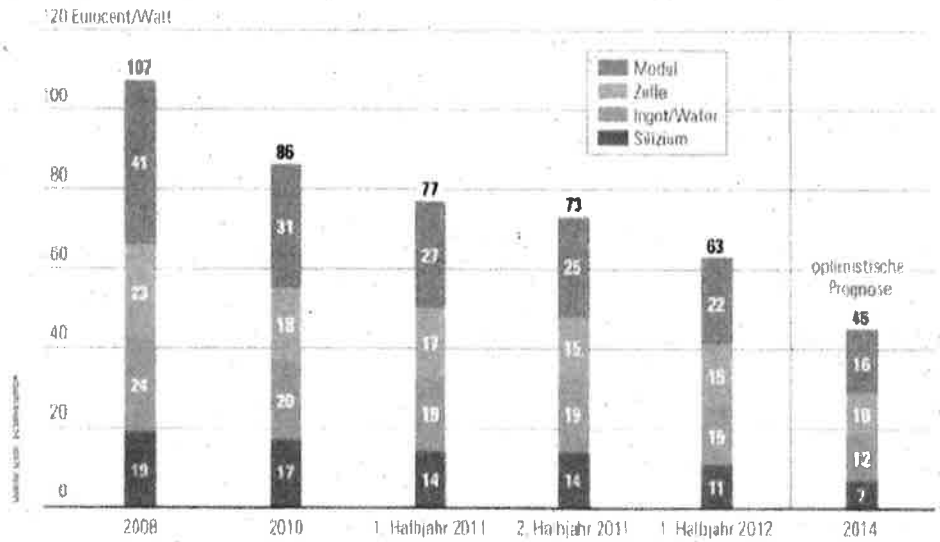
Abbildung 7 – The Crystalline Silicon PV Module Experience Curve, 1976–2004



Quelle: Figure 1: PV module cost curve 1976-2011. BNEF Bazilian et al (2012), Fig. 1, Bloomberg

Es ist zu erwarten, dass sich die Modulpreisreduktion fortsetzt. Centrotherm zum Beispiel entwickelt Produktionsstrassen für Photovoltaikmodule auf dem neuesten Technologiestand für die Photovoltaik-Industrie, ähnlich wie Meyer-Burger in der Schweiz.

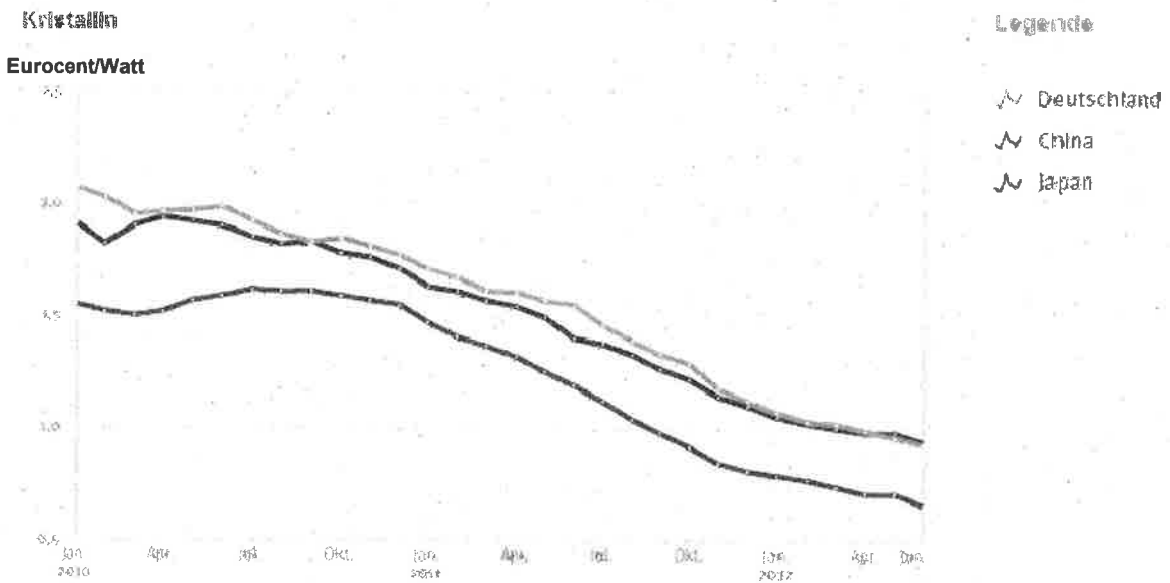
Abbildung 8 – Entwicklung der Modulproduktionskosten nach Angaben von Centrotherm



Die Produktion von Solarmodulen ist schon in den vergangenen Jahren immer günstiger geworden. Centrotherm sieht für das Jahr 2014 weiterhin viel Kostenreduktionspotential.

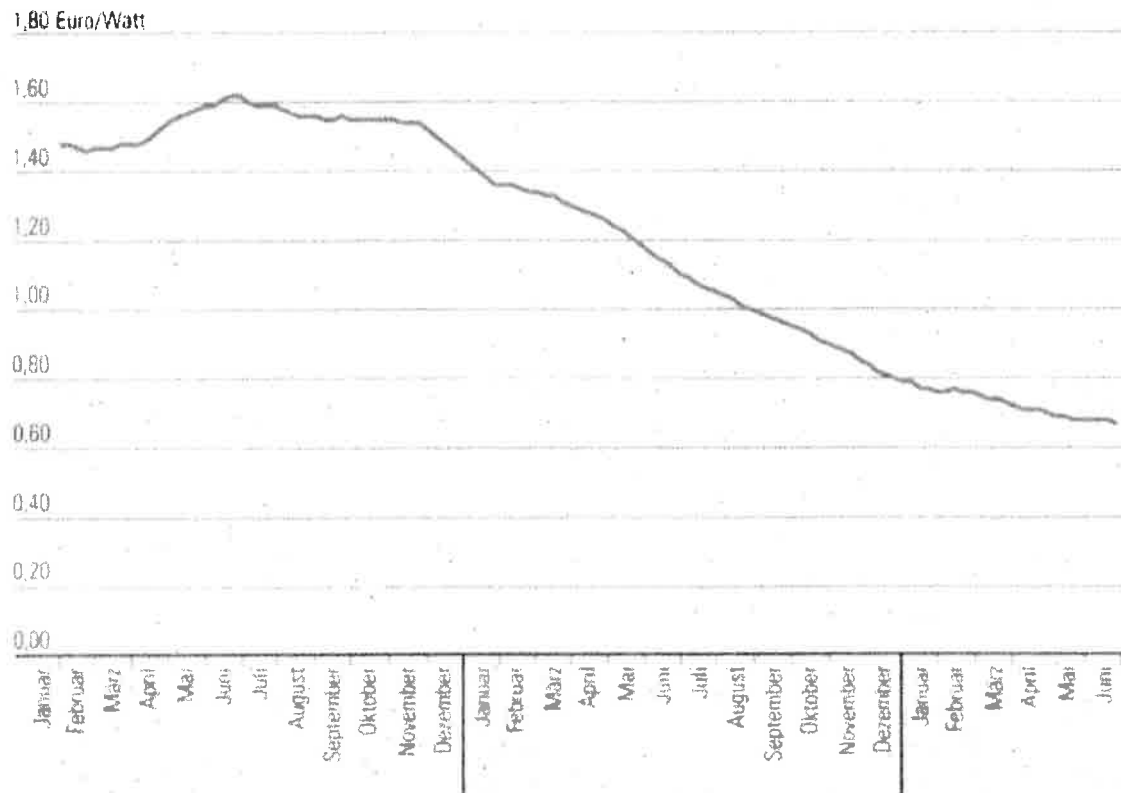
Bei den Modulen fand in den letzten sechs Jahren eine Verlagerung der Produktion in den Südostasiatischen Raum - insbesondere China – statt, was zu einer weiteren Preisreduktion führte.

Abbildung 9 – Spotmarkt PV-Module



Die Modulpreise haben sich in den letzten anderthalb Jahren halbiert. Chinesische Module sind deutlich günstiger.

Abbildung 10 – Mittlere Preise für asiatische Solarmodule



Quelle: Photon 2012

Die Grosshandelspreise für asiatische Solarmodule haben sich seit 2010 mehr als halbiert, wie der PHOTON-Modulpreis-Index zeigt. Inzwischen liegen sie vielfach im Bereich der Produktionskosten oder sogar darunter.

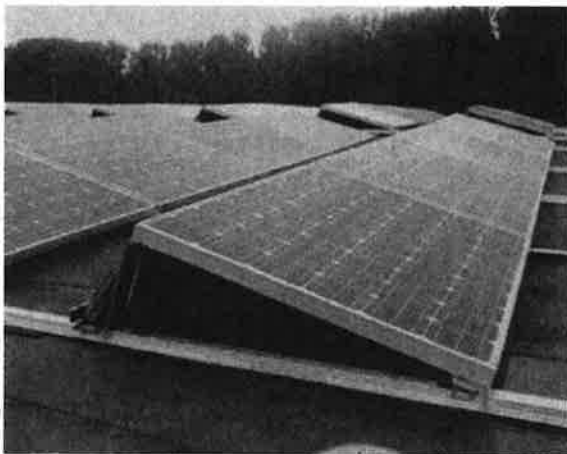
1.3.2. Gesamt- oder Systemkosten

Auch im Bereich der Systemkomponenten (Planung, Wechselrichter, Befestigungssysteme, Anlagenüberwachung) führt das Marktwachstum zu neuen Produkten und besseren Produktkonzepten mit Preisrückgängen.

Zum Beispiel sind neue, optimierte Montagesysteme günstiger. Sie ermöglichen eine rationellere Montage und sparen so Montagekosten.

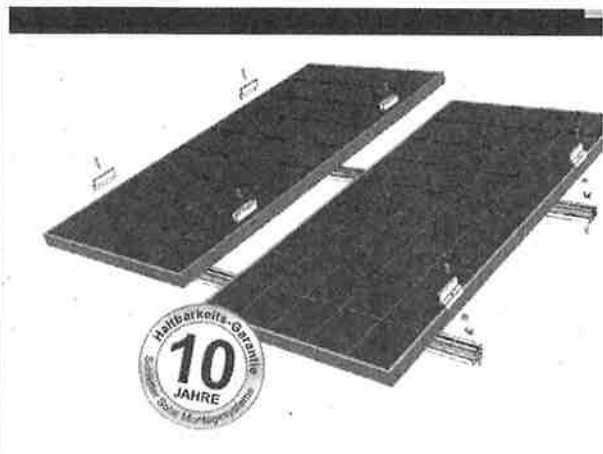
Die Montagesysteme für angebaute Anlagen für Flach- und Steildach werden immer besser an die Bauteile angepasst.

Abbildung 11



Aerodynamische Low-Ballast Systeme für Flachdächer

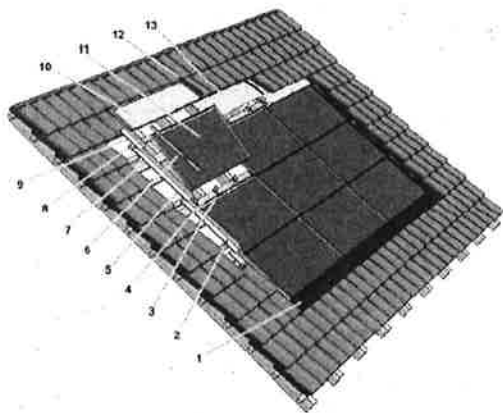
Abbildung 12



Befestigungssystem für Steildächer, der Materialeinsatz wird geringer

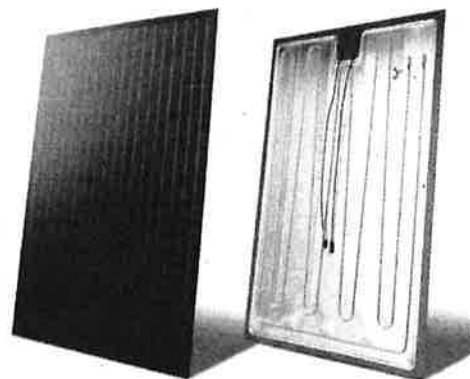
Ebenso wächst die Vielfalt an gebäudeintegrierten Systemen, mittlerweile hat es über 40 auf dem Europäischen Markt. Es gibt mehrere zertifizierte Photovoltaik-Dachsysteme. PV/T Hybrid-Module ermöglichen die Produktion von Niedertemperaturwärme und Strom.

Abbildung 13



Integriertes System mit Solrif (Schweizer Metallbau AG)

Abbildung 14



3S Hybrid: Ein seit kurzem in der CH hergestelltes PV/T Hybridmodul

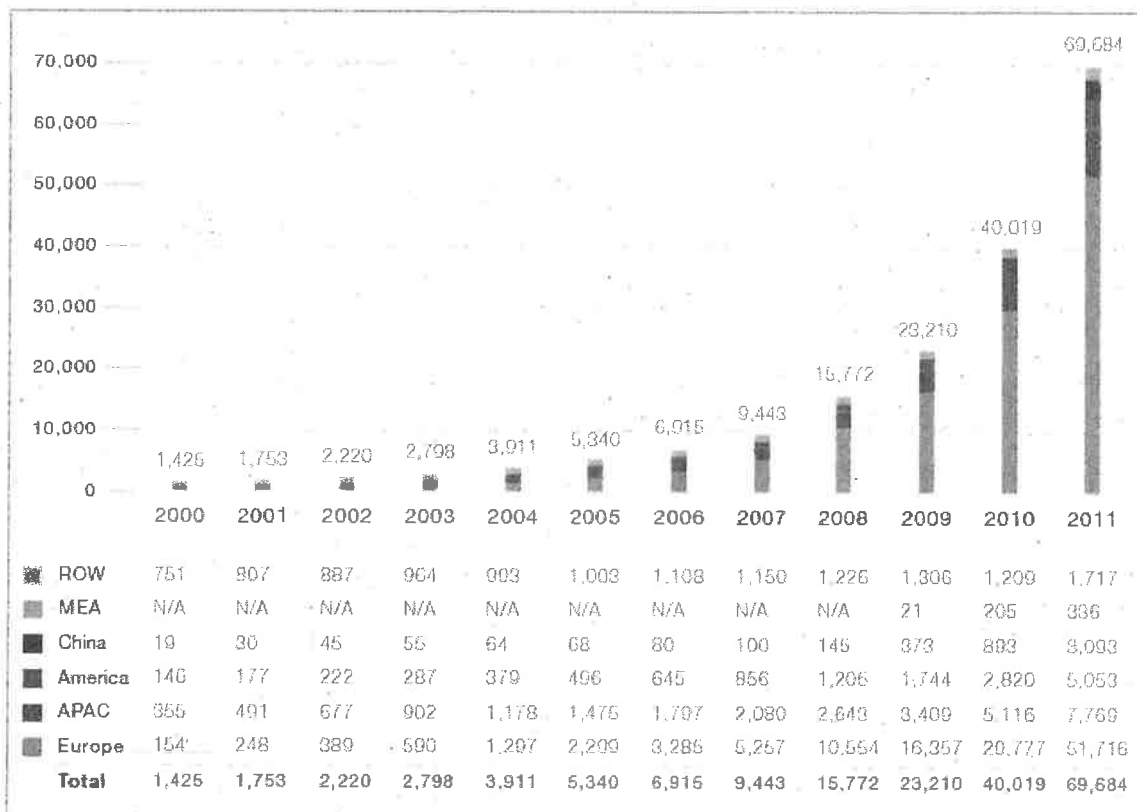
1 Ausgangslage: Stand Technik, massive Reduktion der Kosten

1.1 Weltweiter Trend zur Photovoltaik

Photovoltaik (PV) ist die Stromerzeugung aus Sonnenlicht mittels Solarzellen (elektronische Halbleiterelemente). Erste Silizium-Solarzellen wurden 1954 von Bell Laboratories entwickelt. Anwendung fanden sie zuerst in der Raumfahrt und für netzferne Versorgungsaufgaben.

Netzgekoppelte Anlagen wurden ab den 90er Jahren vermehrt gebaut, und sind heute in starkem Ausbau begriffen. Dies wegen grossen Effizienzfortschritten, aber auch der Förderung durch erhöhte Einspeisetarife für Solarstrom (kostendeckende Einspeisevergütung) verschiedener Staaten im EU-Raum, USA aber auch China. PV ist inzwischen technisch ausgereift und hat noch viel Potenzial.

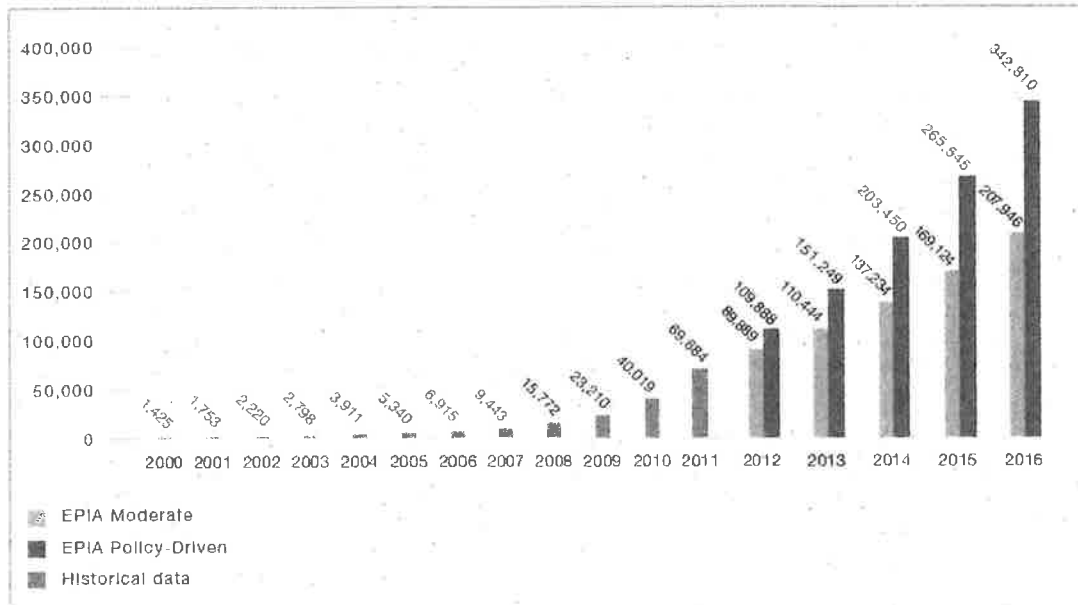
Abbildung 2 – Evolution of global cumulative installed capacity 2000–2011



Quelle: (Figure1; Global Market Outlook; For photovoltaics until 2016, Mai 2012, EPIA European Photovoltaic Industry Association, Gaétan Masson, Marie Latour, Daniele Biancardi)

Die Entwicklung des global zunehmenden Wachstums kumulierte PV Leistung weltweit ist am grössten in Europa. Aktuell anziehende Märkte sind USA und China. Das Wachstum beträgt über 20–30%. Die Nutzung durch Solarstrom ist weltweit die am schnellsten wachsende Technologie zur Stromerzeugung.

Abbildung 3 – Global cumulative scenarios until 2016 – Moderate and Policy Driven (MW)



Quelle: (Global Market Outlook; For photovoltaics until 2016, Mai 2012, EPIA European Photovoltaic Industry Association, Gaëtan Masson, Marie Latour, Daniele Biancardi)

Für die Zukunft wird weiter ein stark steigendes Wachstum angenommen. Die Wachstumsprognosen wurden in der Vergangenheit von der Realität vielfach übertroffen.

1.2 Technologischer Fortschritt bei Modulen

Der Modulwirkungsgrad ist durch verbesserte Zell- und Modultechnologie kontinuierlich angestiegen. Ein höherer Modulwirkungsgrad bedeutet weniger Flächenbedarf für die Sonnenenergienutzung und ist oft vorteilhaft für geringere Stromgestehungskosten.

Industrial PV Module Efficiency [%]

Abbildung 4 – Best Modules

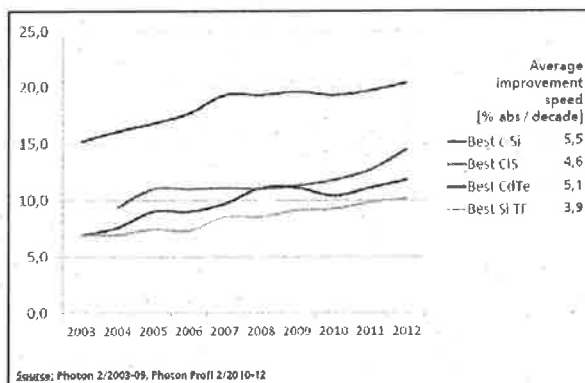
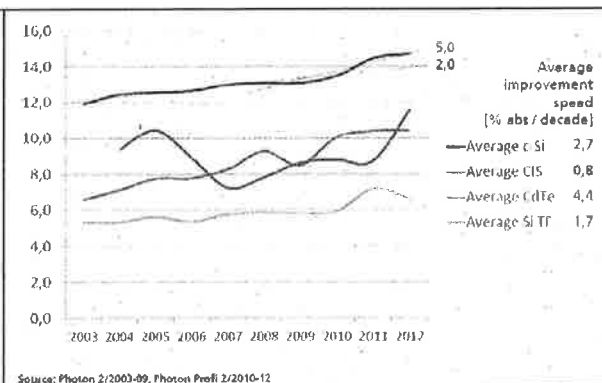


Abbildung 5 – Average Modules



Dünnschichttechnologien haben einen geringeren Wirkungsgrad als Module auf Basis kristalliner Silizium-Wafer, waren aber lange günstiger pro Wp Leistungseinheit. Geringerer Wirkungsgrad heisst tiefere m²-Kosten. Das kann im Fall der Gebäudeintegration für die Wirtschaftlichkeit von Vorteil sein. Photovoltaikanlagen werden gleichzeitig als modernes Baumaterial gebraucht.

Photovoltaik-Anlagen haben sich bewährt

Die ältesten netzgekoppelten Anlagen produzieren schon seit ca. 30 Jahren Strom, so auch in der Schweiz auf dem Dach der FH Lugano, Tessin (TISO / ISAAK-SUPSI).

Abbildung 6 – Netzverbundanlagen: TISO 1982, 10kWp



Damit konnte die Photovoltaik in Echtzeit zeigen, dass Leistungsgarantien von 25 Jahren auf 80% der Leistung realistisch angesetzt sind, wie dies seit einigen Jahren von den Herstellern zugesichert wird.

1.3 Massive Kostenreduktion

Die Photovoltaik setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Grob können einerseits Module, andererseits Planung, Wechselrichter, Installation und Betrieb unterschieden werden.

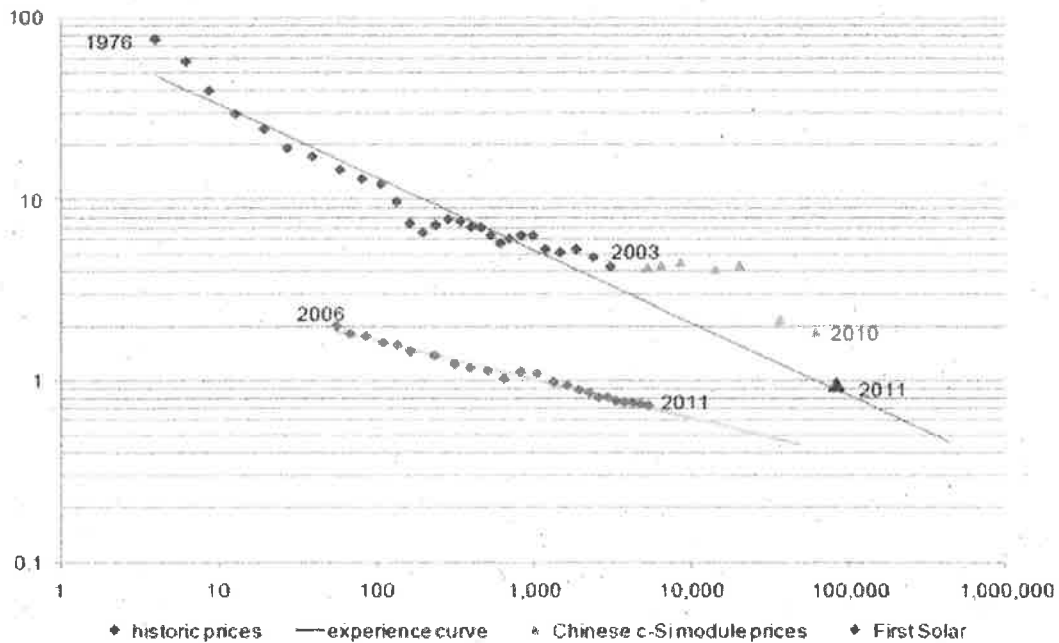
1.3.1. Kostenentwicklung Module

Zu Beginn, vor gut 30 Jahren, war die Photovoltaik sehr teuer. Der wachsende Markt ermöglichte die Entwicklung einer Photovoltaik-Industrie. Skalenerträge führten mit dem Ausbau der Produktionsstruktur zur Massenproduktion mit ständigen Innovations- und Technologiefortschritten zu massiv tieferen Kosten und Preisen.

→ Lernkurve bestätigt: 100 % mehr Absatz → 20 % tiefere Kosten

Mit einer Lernkurve kann die Verringerung eines Produktes als Folge seiner kumulierten Absatzmenge beschrieben werden. Bei der Modulproduktion in der Photovoltaik betrug die Kostendegression bisher ca. 20% bei Verdoppelung der kumulierten installierten Leistung.

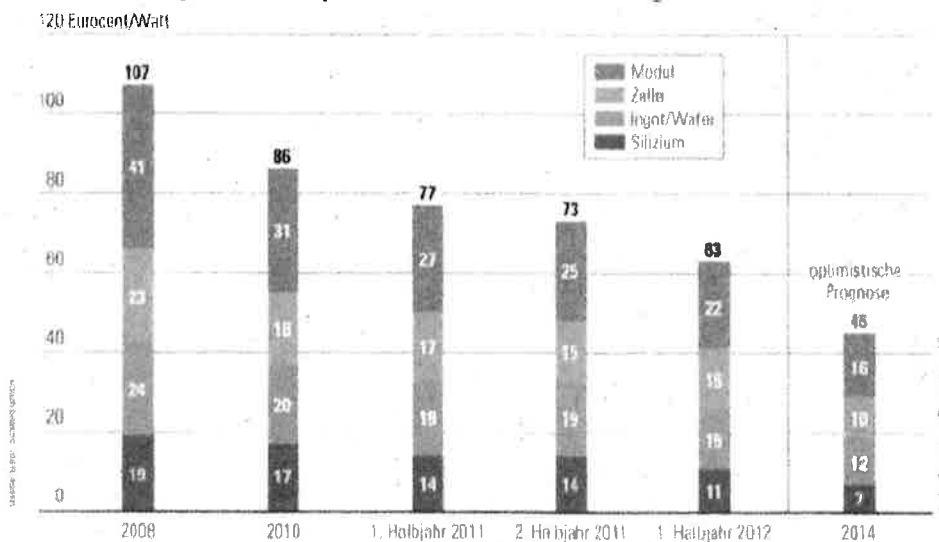
Abbildung 7 – The Crystalline Silicon PV Module Experience Curve, 1976–2004



Quelle: Figure 1: PV module cost curve 1976-2011. BNEF Bazilian et al (2012), Fig. 1, Bloomberg

Es ist zu erwarten, dass sich die Modulpreisreduktion fortsetzt. Centrotherm zum Beispiel entwickelt Produktionsstrassen für Photovoltaikmodule auf dem neuesten Technologiestand für die Photovoltaik-Industrie, ähnlich wie Meyer-Burger in der Schweiz.

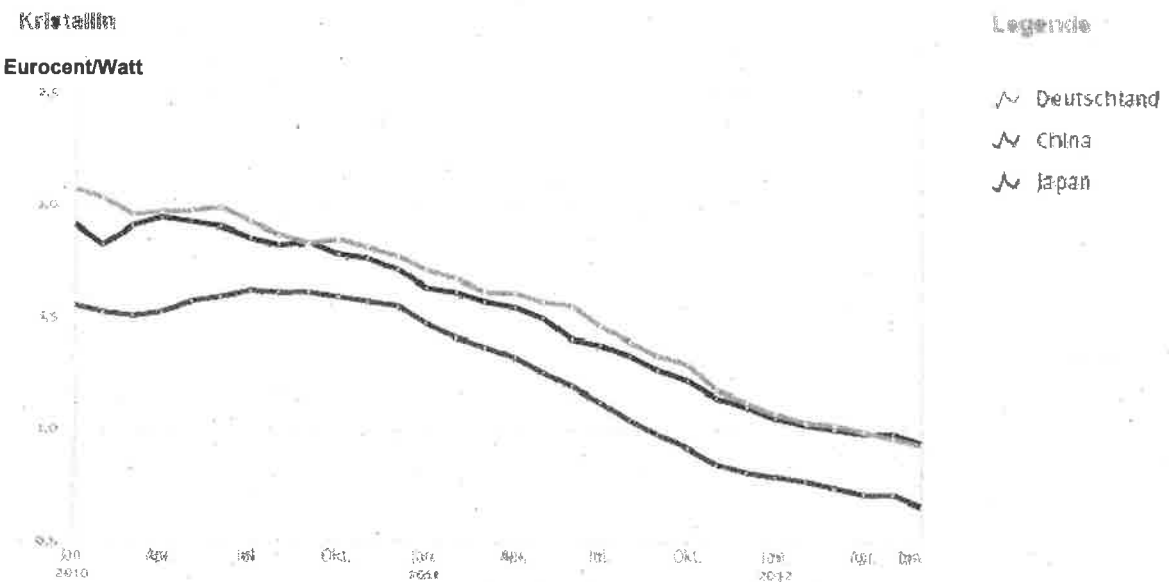
Abbildung 8 – Entwicklung der Modulproduktionskosten nach Angaben von Centrotherm



Die Produktion von Solarmodulen ist schon in den vergangenen Jahren immer günstiger geworden. Centrotherm sieht für das Jahr 2014 weiterhin viel Kostenreduktionspotential.

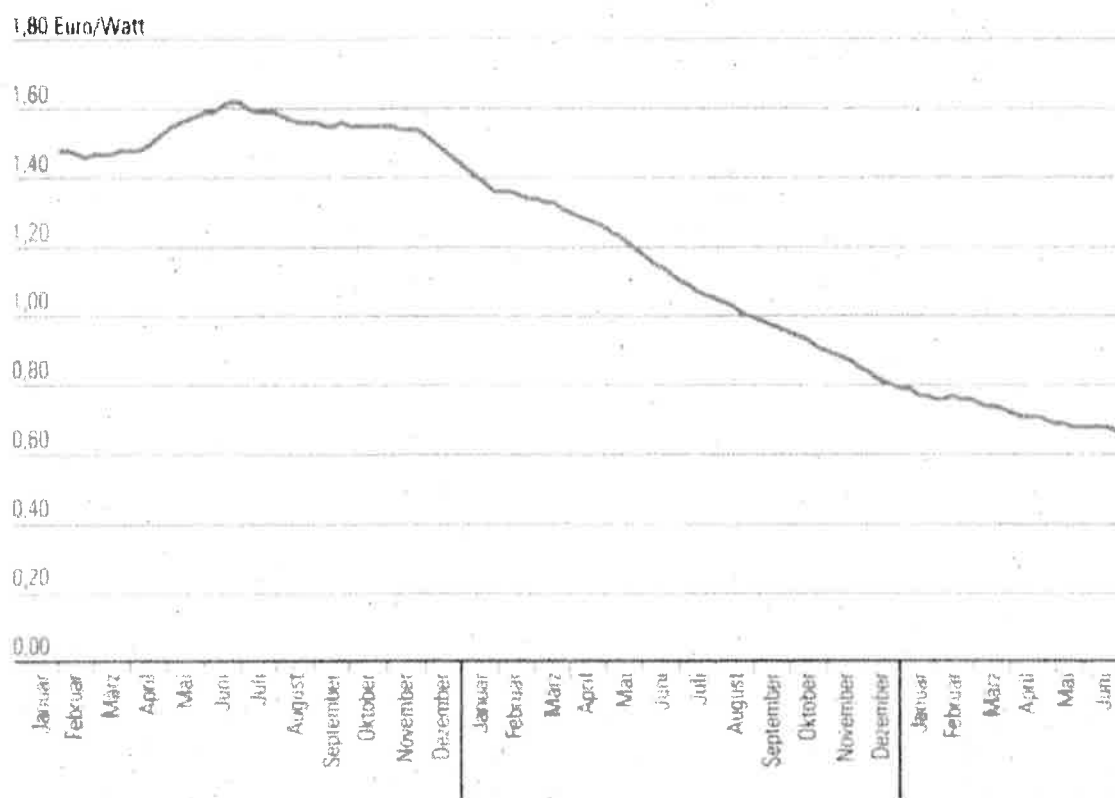
Bei den Modulen fand in den letzten sechs Jahren eine Verlagerung der Produktion in den Südostasiatischen Raum - insbesondere China – statt, was zu einer weiteren Preisreduktion führte.

Abbildung 9 – Spotmarkt PV-Module



Die Modulpreise haben sich in den letzten anderthalb Jahren halbiert. Chinesische Module sind deutlich günstiger.

Abbildung 10 – Mittlere Preise für asiatische Solarmodule



Quelle: Photon 2012

Die Grosshandelspreise für asiatische Solarmodule haben sich seit 2010 mehr als halbiert, wie der PHOTON-Modulpreis-Index zeigt. Inzwischen liegen sie vielfach im Bereich der Produktionskosten oder sogar darunter.

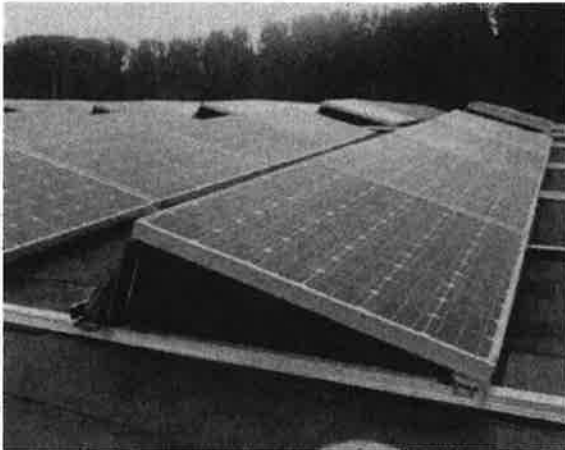
1.3.2. Gesamt- oder Systemkosten

Auch im Bereich der Systemkomponenten (Planung, Wechselrichter, Befestigungssysteme, Anlagenüberwachung) führt das Marktwachstum zu neuen Produkten und besseren Produktkonzepten mit Preisrückgängen.

Zum Beispiel sind neue, optimierte Montagesysteme günstiger. Sie ermöglichen eine rationellere Montage und sparen so Montagekosten.

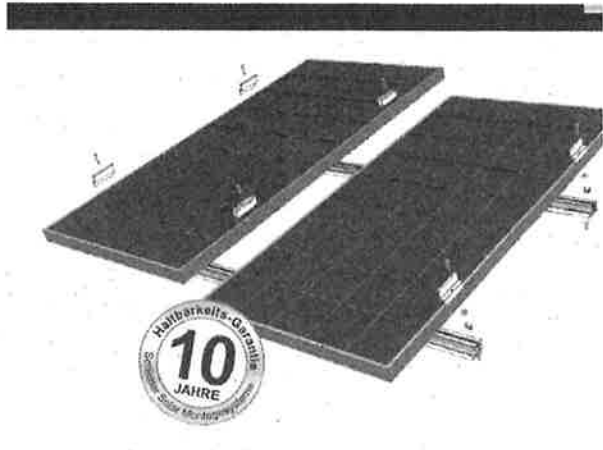
Die Montagesysteme für angebaute Anlagen für Flach- und Steildach werden immer besser an die Bauteile angepasst.

Abbildung 11



Aerodynamische Low-Ballast Systeme für Flachdächer

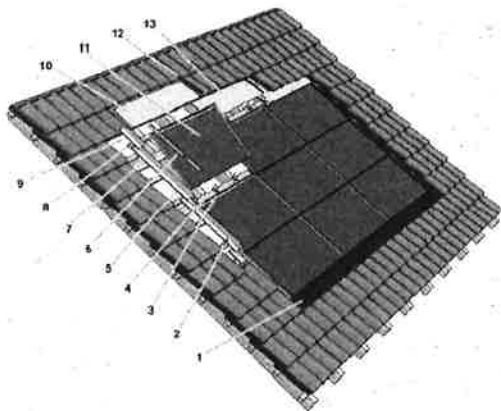
Abbildung 12



Befestigungssystem für Steildächer, der Materialeinsatz wird geringer

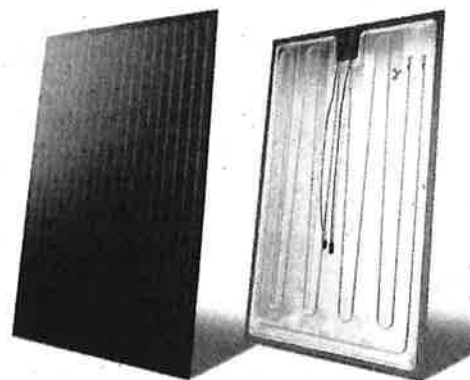
Ebenso wächst die Vielfalt an gebäudeintegrierten Systemen, mittlerweile hat es über 40 auf dem Europäischen Markt. Es gibt mehrere zertifizierte Photovoltaik-Dachsysteme. PV/T Hybrid-Module ermöglichen die Produktion von Niedertemperaturwärme und Strom.

Abbildung 13



Integriertes System mit Solrif (Schweizer Metallbau AG)

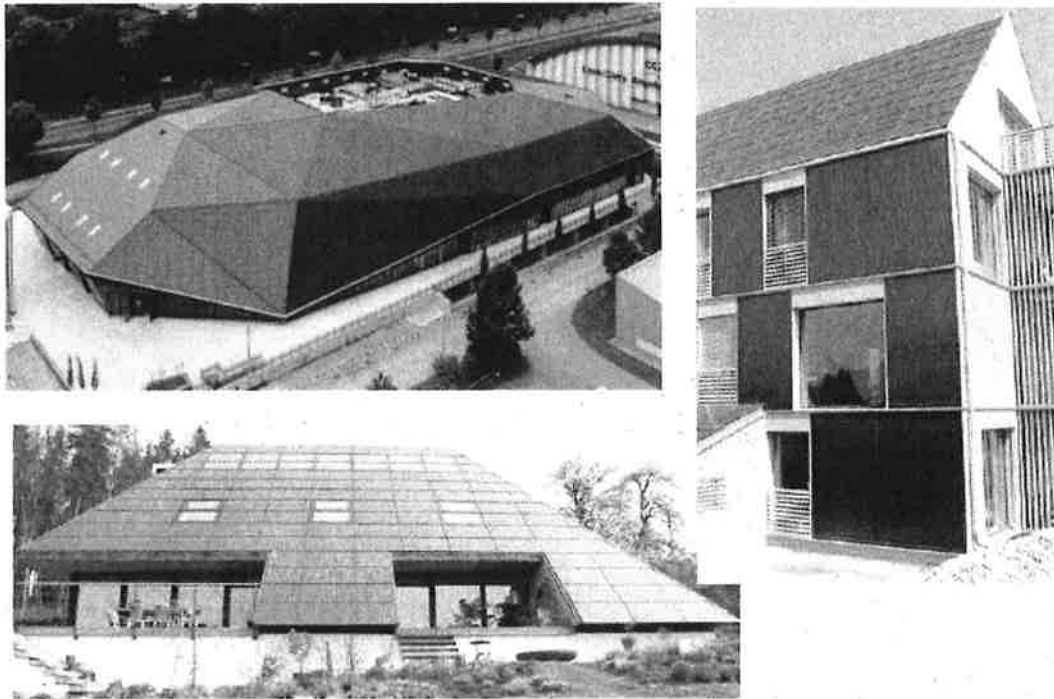
Abbildung 14



3S Hybrid: Ein seit kurzem in der CH hergestelltes PV/T Hybridmodul

Photovoltaik als Baustoffmaterial

Abbildung 15 – Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen in der Schweiz (Meyer & Burger)



Quelle: 12. September 2012, Meyer Burger AG, Climate Forum 2012

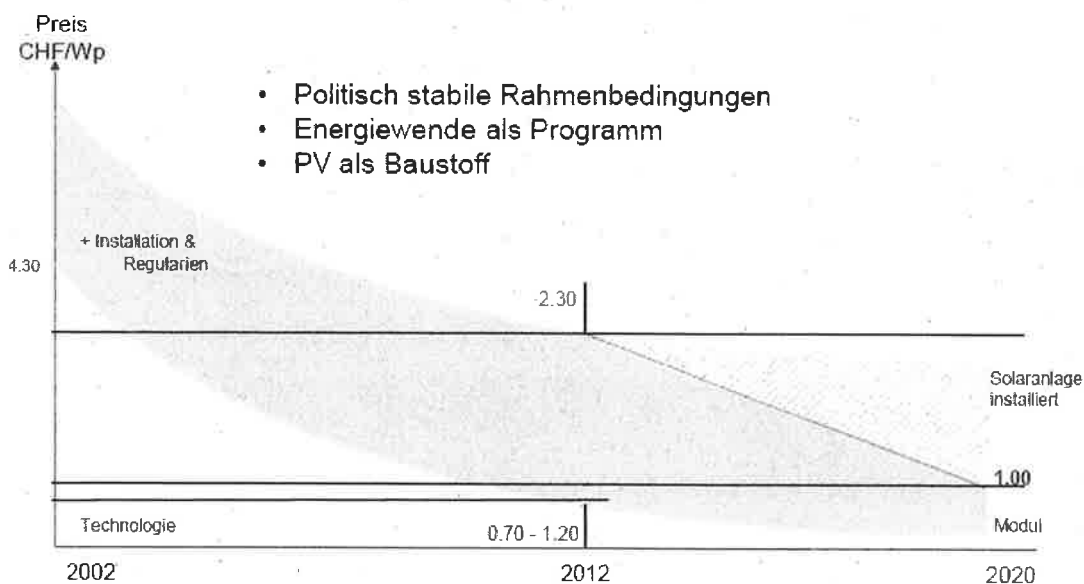
Aesthetische Aspekte werden zunehmend wichtiger, sind aber teilweise mit höheren Kosten verbunden. Diese Kosten sollten nicht in der Bilanz der Stromproduktion auftauchen, weil sie dazu dienen, die Attraktivität des Gebäudes steigern. Pro m² können rund Fr. 100.– an den Mehrwert des besser geschützten und gestalteten Gebäudes zu angerechnet werden. PV kann mit vielen Zusatznutzen verkauft werden.

Speziell Solarmodule für die Gebäudeintegration sind teurer als Standardmodule. Wenn man aber nur die Mehrkosten, die durch die Photovoltaik anfallen betrachtet, gleicht sich dieser Nachteil aus.

Das gilt für den Neubau wie auch bei Dachsanierungen.

In Abzug gebracht werden können die Kosten, die anfallen, wenn ein konventionelles Dach gebaut oder eine Dacherneuerung durchgeführt wird. Das sind Gerüstkosten, ein Teil der Montage- und Befestigungskosten, und die Einsparung der konventionell vorgesehenen Eindeckung.

Abbildung 16 – Technologie auf Kurs – Industrielle Anwendungen stockt



Quelle: 12. September 2012, Meyer Burger Technology AG, Climate Forum 2012, angepasst

Einschätzungen von Meyer Burger für installierte Anlagen. Damit rechnen sich Stromgestehungskosten, welche mindestens die Netzparität erreichen.

1.4 Stromgestehungskosten

Die Stromgestehungskosten von PV-Strom sind entscheidend für die Konkurrenzfähigkeit. Dabei sind die Modul- und Systemkosten gemäss Kapitel 1.1, 1.2, 1.3 entscheidend. Weiter sind die Zinskosten, Abschreibungsfristen, d. h. die Annuität und die Unterhaltskosten von grosser Bedeutung. Mit der Netzintegration von PV-Anlagen sind natürlich auch die Netzkosten bzw. Kosten für die Stromspeicherung zu beachten. Im Folgenden können einige Hinweise zu der Berechnung von realistischen Gestehungskosten präsentiert werden.

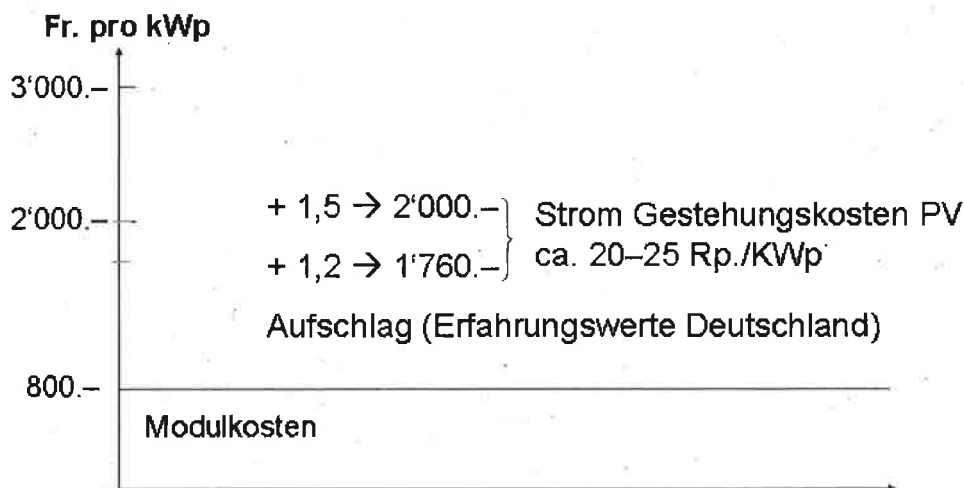
Die Stromgestehungskosten setzen sich zusammen aus der Verzinsung und Abschreibung der Investition, Betriebs- und Unterhaltskosten.

Mit der fortgesetzten Kostenreduktion der PV-Anlagen wird der produzierte Strom immer günstiger. Je nach Einstrahlungsbedingungen und Elektrizitätspreis des Energieversorgungsunternehmens kommt die sogenannte Grid-Parity, der Zeitpunkt, an dem die Kosten für lokal produzierten Solarstrom gleich hoch sind, wie der Bezug des Stromes aus dem Netz.

Die Anlagenkosten sind je nach Markt sehr verschieden. Am tiefsten sind sie im am stärksten entwickelten Markt Deutschland, wo nebst den Materialkosten auch in der Planung und Installation eine immense Lernkurve durchlaufen wurde.

In einigen Staaten, wie der Schweiz, gibt es noch viele administrative Hürden, was die Anlagen verteuert. Zu grosszügig ausgestaltete Einspeisetarife verhindern, dass sich der von der PV-Industrie erzielte Kostenfortschritt effektiv auf Anlagenkosten auswirkt.

**Abbildung 17 – Vom Modulpreis zu den vollen Kosten, d. h. inkl. Wechselrichter, Installation, Planung
(=Aufschlag um Faktor 1.2–1.5)**



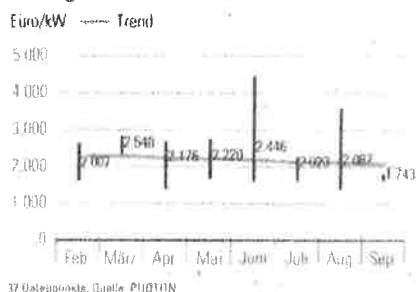
Zukunft: Absenkpfad: Plus 100 % Umsatz → 20% Kostenreduktion

Quelle: energie-cluster.ch

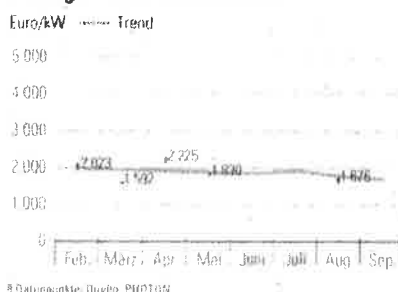
Die Modulkosten bilden sich auf einen weltweiten Markt der inzwischen von rund 60–80% chinesischer Anbietern dominiert wird. Inwiefern Dumpingpreise der Chinesen eine Rolle spielen ist zumindest umstritten. Kompetente Marktbeobachter stellen fest, dass europäische und amerikanische Anbieter ihre Vormachtstellung durch mangelnde Entwicklungen und Innovationen verloren haben. Es gibt keine zwingenden Gründe, dass die traditionellen Industrieländer nicht auch weiterhin einen bedeutsamen Marktanteil halten können.

Abbildung 18 – Entwicklung der Anlagepreise für Deutschland

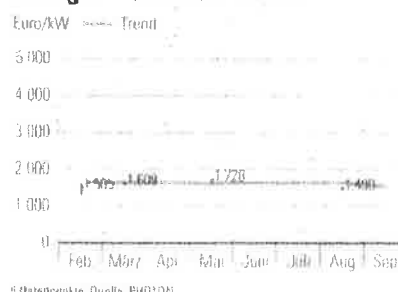
Anlagen bis 10 kW



Anlagen von 10 bis 30 kW

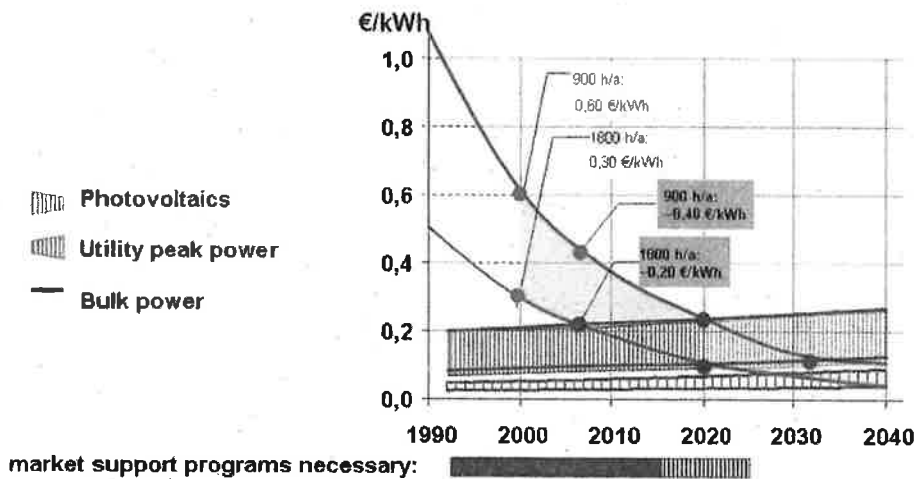


Anlagen von 30 bis 100 kW



Quelle: Photon, November 2012

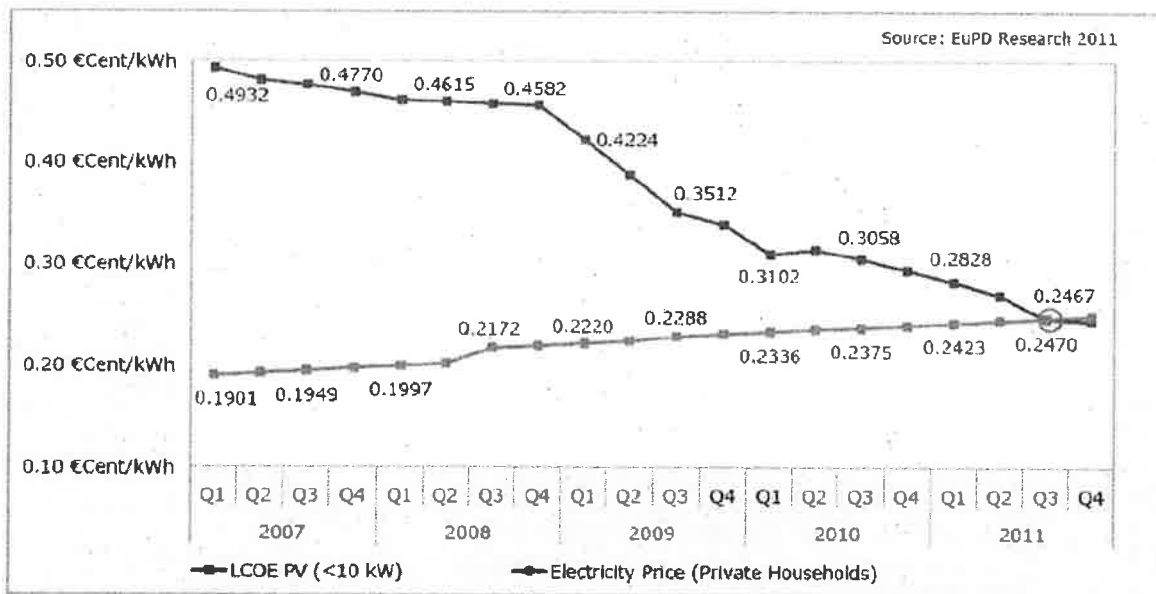
Abbildung 19 – Competitiveness between Electricity Generating Cost for PV and Utility Prices



Quelle: RWE Energie AG and SCHOTT Solar GmbH

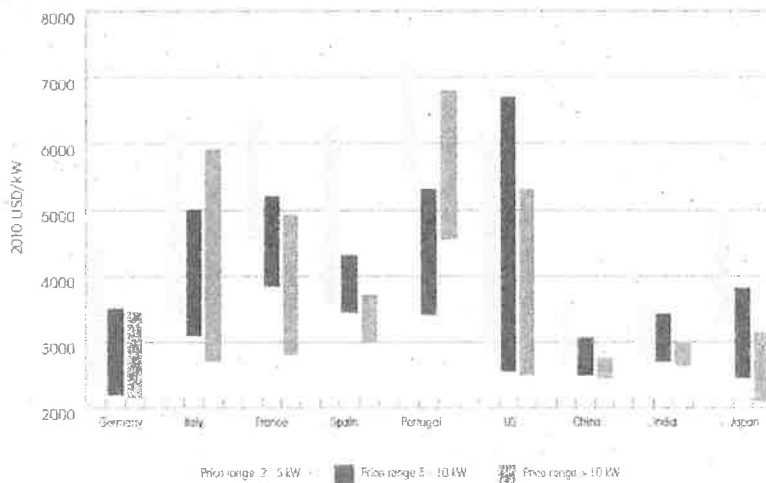
Diese Grafik zeigt, dass die Gestehungskosten für Photovoltaik sich mit den Bezugstarifen für Strom schneiden. In südeuropäischen Ländern und Deutschland ist die Netzparität erreicht, bei Grossanlagen auch schon in der Schweiz.

Abbildung 20 – Entwicklung der Stromgestehungskosten für neu installierte, kleine Dachanlagen und der Haushalts-Strompreise



Quelle: EUPD Research 2011

Abbildung 21 – Installed PV system prices for residential applications in different countries 2011



Quelle: IRENA and Photon, 2011a

Untenstehend eine Tabelle, in der die Stromgestehungskosten in Rp/kWh als Funktion der spezifischen Produktion und Systemkosten in Fr/kWp dargestellt werden.

Abbildung 22 – average cost in cents/kWh over 20 years for solar power panels

Cost	Insolation									
	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000	800	
	kWh/kWp	kWh/kWp	kWh/kWp	kWh/kWp	kWh/kWp	kWh/kWp	kWh/kWp	kWh/kWp	kWh/kWp	kWh/kWp
200 \$/Wp	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.7	2.0	2.5	
600 \$/Wp	2.5	2.7	3.0	3.3	3.8	4.3	5.0	6.0	7.5	
1000 \$/Wp	4.2	4.6	5.0	5.6	6.3	7.1	8.3	10.0	12.5	
1400 \$/Wp	5.8	6.4	7.0	7.8	8.8	10.0	11.7	14.0	17.5	
1800 \$/Wp	7.5	8.2	9.0	10.0	11.3	12.9	16.0	18.0	22.5	
2200 \$/Wp	9.2	10.0	11.0	12.2	13.8	15.7	18.3	22.0	27.5	
2600 \$/Wp	10.8	11.8	13.0	14.4	16.3	18.6	21.7	26.0		
3000 \$/Wp	12.5	13.6	15.0	16.7	18.8	21.4	26.0			
3400 \$/Wp	14.2	15.5	17.0	18.9	21.3	24.3	28.3			
3800 \$/Wp	15.8	17.3	19.0	21.1	23.8	27.1				
4200 \$/Wp	17.5	19.1	21.0	23.3	26.3					
4600 \$/Wp	19.2	20.9	23.0	25.6	28.8					
5000 \$/Wp	20.8	22.7	25.0	27.8						

Grundlagen der Berechnung:

- Abschreibung 20 Jahre,
- Zins 5%,
- Betriebs- und Unterhaltskosten = 1% Investitionskosten.

Diese Tabelle wurde für die USA erstellt, der Zusammenhang ist überall gültig: Die \$ lassen sich durch SFr ersetzen.

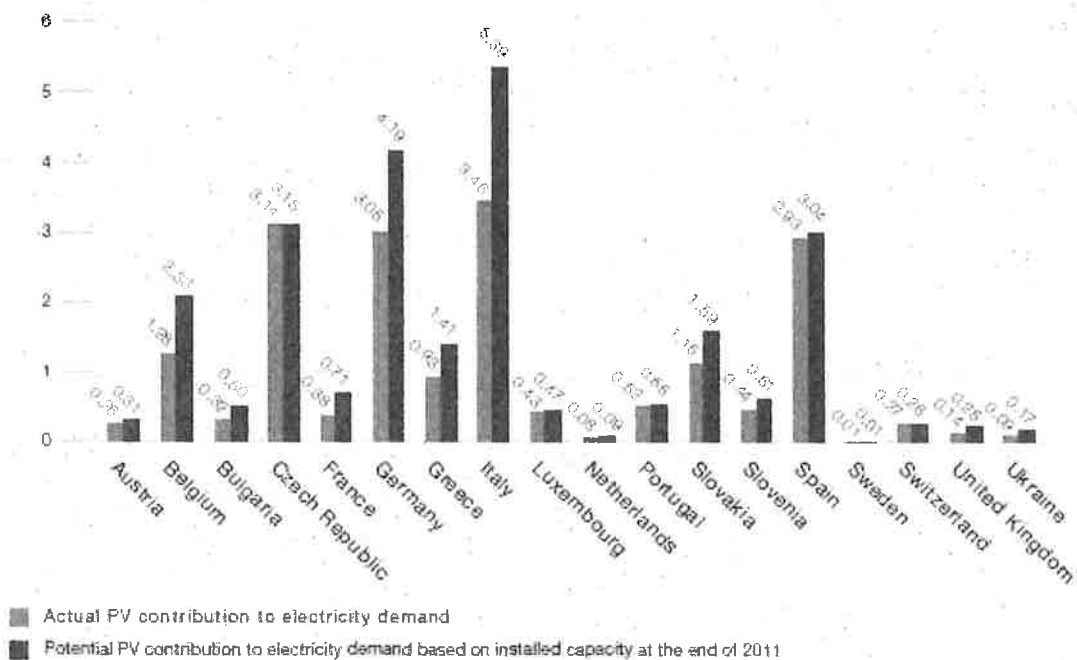
Quelle: en.wikipedia.org/wiki/solar_power

Der gelbe Bereich markiert, wo man im Bereich der Bezugstarife für Haushaltsstrom kommt.

1.5 Entwicklung der Photovoltaik in der Schweiz

Im europäischen Vergleich weist die Schweiz 2012 mit 0.5% einen eher geringen Photovoltaikanteil an der Stromversorgung auf. Dabei wird dieser Anteil oft noch tiefer eingeschätzt.

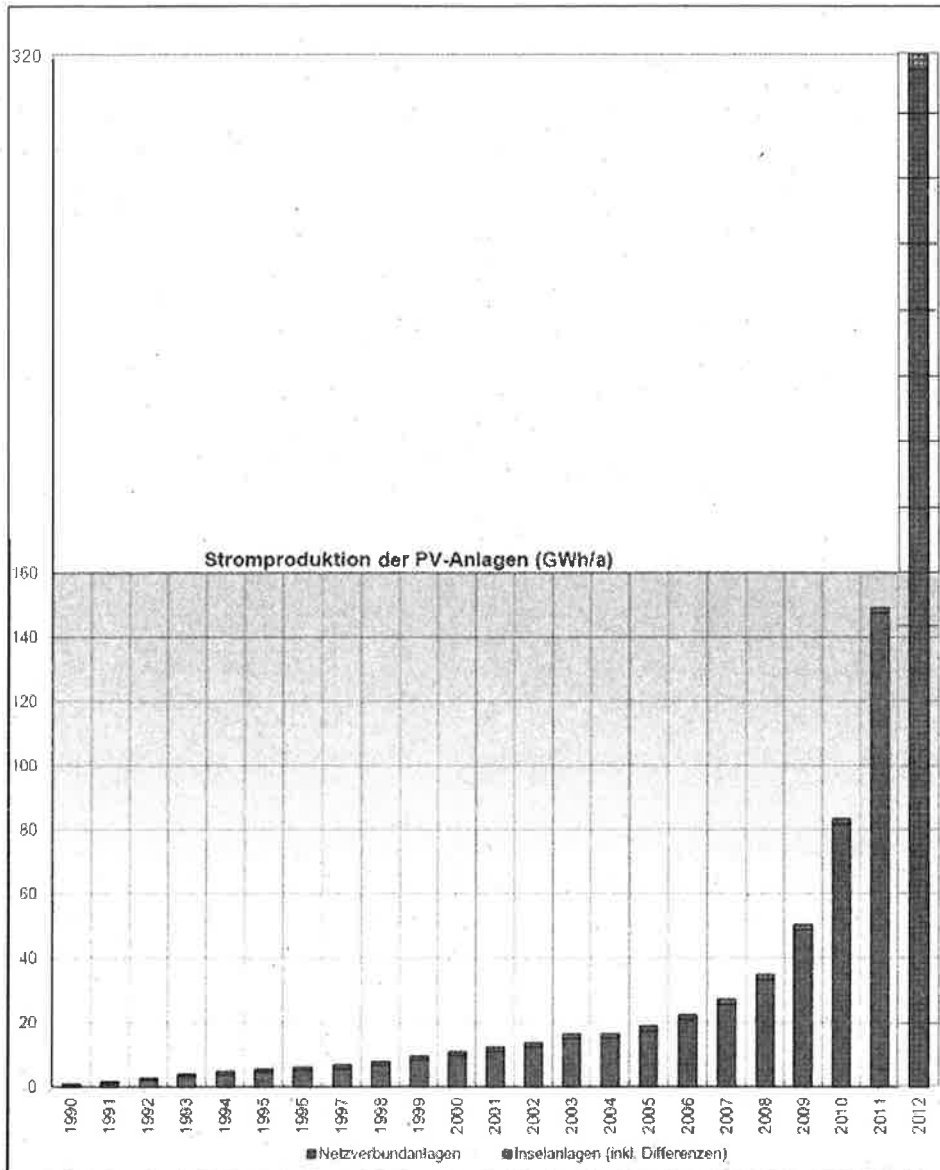
Abbildung 23 – Actual vs potential PV contribution to electricity demand in 2011 (%)



In der Schweiz war der Zubau bis zur Einführung der KEV schwach.

Die Schweiz unterstützte die Photovoltaik zu Beginn der 90er Jahre mit Investitionsbeihilfen von Bund und Kantonen. Ende 90er Jahre lancierten fortschrittliche Elektrizitätswerke Solarstrombörsen, der Boom hielt bis ca. 2003 an, die Schweiz gehörte in der Entwicklung und Anwendung der Photovoltaik zu den führenden Nationen. Dann war der Markt der Freiwilligkeit, wo viel mehr für Solarstrom zu zahlen war, erschöpft. Die Schweiz wurde rasch von Deutschland, mit seinem im Jahr 2000 eingeführten Erneuerbaren Energien Gesetz EEG überholt, wo die Abnahme von erneuerbarem Strom mit kosten-deckender Vergütung ohne Mengenbeschränkung, und mit Investitionshilfen geregelt wurde.

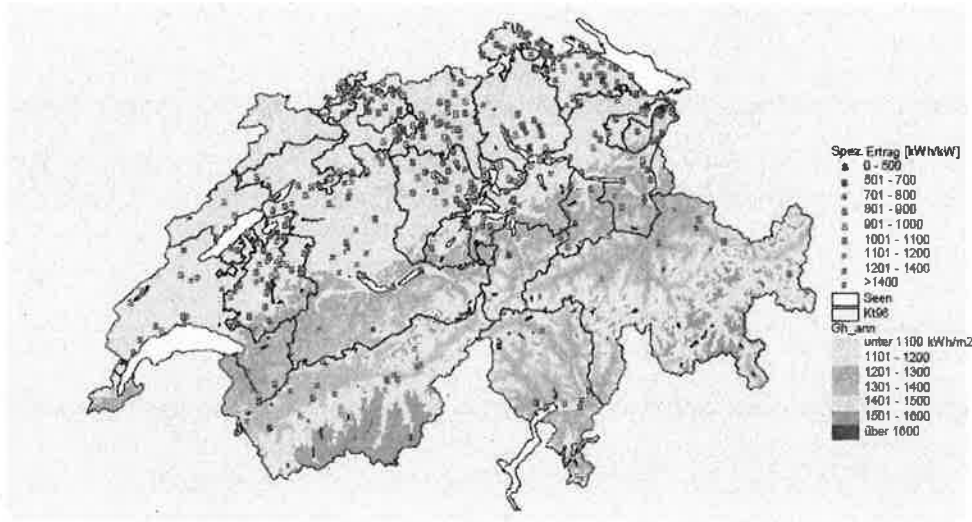
Abbildung 24 – Stromproduktion der PV Anlagen (in GWh/a) in der Schweiz



Quelle: Marktumfrage Swissolar 2011, angepasst für 2012 mit 320 GWh/a

In der Schweiz herrschte bis 2006 eine Abwärtssituation, bis klar wurde, dass ab 2009 eine kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) für Strom aus erneuerbaren Energien auch für die Photovoltaik gilt. Im Rahmen der KEV konnte die Solarstromproduktion in der Schweiz gesteigert werden. Dennoch sind wir im europäischen Vergleich ins hintere Mittelfeld abgerutscht. Dies nicht zuletzt wegen der Deckelung der Photovoltaik in der KEV. In der Photovoltaik besteht eine Warteliste von 20'155 PV-Anlagen (29.10.2012) mit 887 MWp Leistung. Auch für alle anderen erneuerbaren Stromproduktionsarten besteht eine Warteliste. Die Energiewende wird durch die gedeckelte KEV blockiert.

Abbildung 25 – Ertragsdaten Anlagen KEV, Regionale Verteilung



Quelle: Photovoltaiktagung 4./5. Februar 2010; Urs Wolfer, BFE

Die Grafik zeigt die Einstrahlungsdaten und die geographische Verteilung von Installationen mit spezifischem Ertrag für die Photovoltaikproduktion in der Schweiz. Gegenüber Deutschland sind die Bedingungen um mindestens 10–20 % günstiger. In den Alpen sind die Bedingungen vergleichbar zu den Südländern. Es fallen die Übertragung und Netzkosten weg.

1.6 Photovoltaik Förderung in der Schweiz – Anlage KEV, “freie Anlage“

Abbildung 26 – Ziele des Bundesrates zum Ausbau der erneuerbaren Energien (in GWh_e/a)

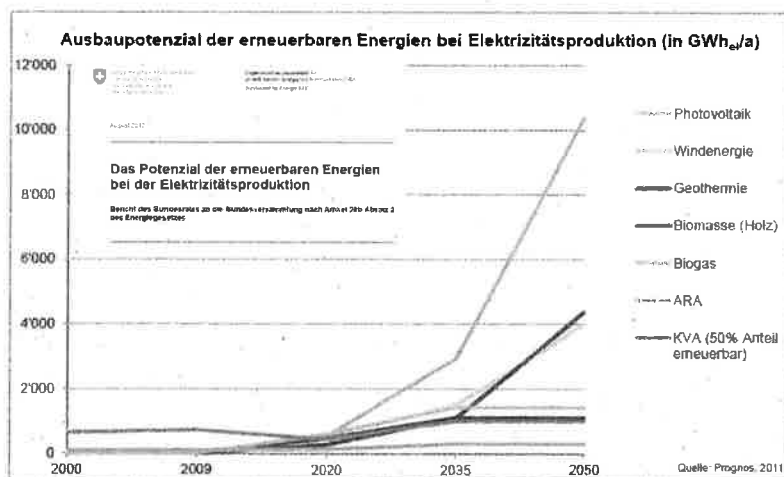


Abb. 3: Ausbaupotenzial der erneuerbaren Elektrizitätsproduktion nach Technologie⁹

Quelle: BFE 2012

Gemäss Energiestrategie des Bundesrats vom 28. Sept. 2012 wird mit dem Zubau der erneuerbaren Energie bis 2020 bzw. 2030 zugewartet. Insbesondere wird die Dynamik der Photovoltaik nicht auf-

genommen. Die Schweiz verliert den Anschluss an die internationale Entwicklung und sie schöpft die vorhandenen Potenziale für eine sichere, umweltverträgliche Energieproduktion nicht aus.

1.7 Grundlage der KEV

Im Folgenden werden die Grundlagen für die KEV dargestellt. Zuerst wird auf die wichtigsten Grundlagen eingegangen. Anschliessend werden Einnahmen und Ausgaben der KEV aufgenommen.

1.6.1. Energiegesetz (EnG) 730.0 vom 26. Juni 1998 (Stand am 1. Juli 2012)

Die Jahreserzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien ist bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Stand im Jahr 2000 um mindestens 5400 GWh zu erhöhen.

„1 Netzbetreiber sind verpflichtet, in ihrem Netzgebiet die **gesamte Elektrizität, die aus Neuanlagen durch die Nutzung von Sonnenenergie, Geothermie, Windenergie, Wasserkraft bis zu 10 MW, sowie Biomasse und Abfällen aus Biomasse** gewonnen wird; in einer für das Netz geeigneten Form abzunehmen und zu vergüten, sofern diese Neuanlagen sich am betreffenden Standort eignen. Als Neuanlagen gelten Anlagen, die nach dem 1. Januar 2006 in Betrieb genommen, erheblich erweitert

4 Von der Summe der Zuschläge nach Artikel 15b Absatz 4 dürfen höchstens beanspruchen:

- a. die Wasserkraft: 50 Prozent;
- b. die Photovoltaik:
 1. solange die ungedeckten Kosten 50 Rp./kWh übersteigen: 5 Prozent,
 2. solange die ungedeckten Kosten zwischen 40 und 50 Rp./kWh betragen: 10 Prozent,
 3. solange die ungedeckten Kosten zwischen 30 und 40 Rp./kWh betragen: 20 Prozent;
- c. alle anderen Technologien **sowie die Photovoltaik, wenn die ungedeckten Kosten weniger als 30 Rp./kWh betragen: je 30 Prozent;**
- d. die Kosten für wettbewerbliche Ausschreibungen nach Absatz 3: 5 Prozent“.

2008 war die Photovoltaik auf 5% beschränkt. Dank der Kostenreduktion unter 30 Rp./kWh kann inzwischen wie die andern Technologien bis zu 30 % ausgeschöpft werden.

Auf jede verkaufte Kilowattstunde Strom kann gemäss derzeitiger Energieverordnung maximal 0.6 Rappen für die KEV erhoben werden. Aktuell werden in der KEV nur 0.45 Rp./kWh benutzt, davon 0.10 Rp./kWh als Zuschlag für Schutz und Nutzung von Gewässern.

1.8 Vergütung der Photovoltaik in der KEV

Die Vergütungen in der KEV werden neuerdings mehrmals jährlich angepasst. Die Vergütungen orientieren sich an den aktuell gültigen Referenzkosten. Sie werden dann während 25 Jahren zu den bei Anlageninbetriebnahme gültigen Tarifen bezahlt. Im neuen Energiegesetz soll diese Vergütung allerdings auch noch im Nachhinein abgesenkt werden können. Damit verlieren Anlagebauer jegliche Investitionssicherheit.

Abbildung 27

KEV-Vergütungssätze gültig für neue Bescheide
inkl. MWSt 8%

Anlagenkategorie Leistungsklasse	Vergütungssätze ab 1.1.2010 [Rp./kWh]	Vergütungssätze ab 1.1.2011 [Rp./kWh]	Vergütungssätze ab 1.3.2012 [Rp./kWh]	Vergütungssätze ab 1.10.2012* [Rp./kWh]	Vergütungssätze ab 1.01.2013* [Rp./kWh]	Referenzkosten 2012	
						Investitionskosten CHF/kW	Unterhaltskosten Rp./kWh
Freistehend ≤10 kW	53.3	42.7	36.5	33.1	30.4	3632	5.0
≤ 30 kW	44.3	39.3	33.7	27.0	24.8	3089	5.0
≤ 100 kW	41.8	34.3	32.0	24.8	22.8	2687	6.0
≤ 1000 kW	40.2	30.5	29.0	23.1	21.3	2484	5.0
> 1000 kW		28.9	28.1	21.6	19.9	2372	4.5
Angebaut ≤10 kW	61.5	48.3	39.9	36.1	33.2	4038	6.0
≤ 30 kW	53.3	46.7	36.8	29.4	27.0	3432	6.0
≤ 100 kW	50.8	42.2	34.9	26.9	24.7	2986	6.0
≤ 1000 kW	49.2	37.8	31.7	25.1	23.1	2738	5.0
> 1000 kW		36.1	30.7	23.5	21.6	2635	4.5
Integriert ≤10 kW	73.8	59.2	48.8	42.8	39.4	4929	6.0
≤ 30 kW	60.7	54.2	43.9	36.5	33.6	4363	6.0
≤ 100 kW	54.9	45.9	39.1	33.2	30.5	3854	6.0
≤ 1000 kW	50.8	41.5	34.9	31.5	29.0	3592	5.0
> 1000 kW		39.1	33.4	28.9	26.6	3395	4.5

Quelle: Bundesamt für Energie

rot: Vergütungssätze nicht anwendbar

* vorbehaltlich bundesrätlicher Entscheid

Quelle: BFE, 2012

Die Vergütung ergibt sich aus der Amortisationsrechnung mit 5% Zins auf die Investition, Abschreibungsperiode 25J (Annuität knapp 8%), Jahresertrag 950 kWh/kWp und mit Referenzunterhaltskosten von 6 Rp./kWh.

Die Vergütung für integrierte Anlagen ist höher, weil die Kosten für eine gebäudeintegrierte Anlage höher sind. Dabei bleibt unberücksichtigt, dass der Nutzer auch einen Mehrwert der Anlage hat (Bau-teilfunktion). Würde man in der heutigen Preissituation – integrierte Anlagen sind auch günstiger geworden – nur die Mehrkosten durch die Photovoltaikanlage verursacht berücksichtigen, könnte man diese Anlagenkategorie aufheben.

Die getroffenen Annahmen sind als recht hoch zu bezeichnen. Wie vorgängig dargelegt, sind Investitionskosten für die Schweiz von Fr. 3'000.– realistisch. Die Verzinsung von 5% kann kaum anderswo unter ähnlichen Bedingungen erzielt werden. An der oberen Grenze liegen ebenfalls die Unterhalts- und Betriebskosten. Die Beseitigung des KEV-Deckels ist neu bei angemessenen Kosten, Zinsen etc. verantwortlich.

1.9 Mehr als die Hälfte der KEV Abgabe wandert in Fonds statt in die Förderung

Die Jahresrechnung der Stiftung KEV 2011 präsentiert sich folgendermassen:

Abbildung 28

		Anmerkung 1.1.-31.12.2011 1.1.-31.12.2010	
		TCHF	TCHF
Einnahmen aus Zuschlag Kostendeckende Einspeiservergütung (KEV)	2	254'867	258'751
Rückvergütung an Grossverbraucher	2	-4'334	12'791
Nettoertrag aus KEV-Zuschlag		250'533	271'542
Förderaufwand KEV		89'509	71'785
Ergebnis Ausgleichsenergie netto		2'805	581
Nettoaufwand KEV	3	92'314	72'366
Vergütungen an Produzenten Mehrkostenfinanzierung (MKF) lauf. Jahr		26'198	33'182
Vergütungen an Produzenten MKF 2008 und älter		-9	215

Abbildung 29 – Nettoaufwand KEG

	1.1.-31.12.2011	1.1.-31.12.2010
	TCHF	TCHF
Bruttoaufwand Wasserkraft	57'750	42'879
Bruttoaufwand Biomasse	55'708	46'696
Bruttoaufwand Geothermie	0	0
Bruttoaufwand Photovoltaik	22'120	14'420
Bruttoaufwand Windenergie	8'204	2'407
Total Bruttoaufwand KEV	143'782	106'402
Verkaufte Energie Bilanzgruppe Erneuerbare Energien	54'273	34'617
Förderaufwand KEV	89'509	71'785
Ertrag Ausgleichsenergie	930	1'503
Aufwand Ausgleichsenergie	3'735	2'084
Ergebnis Ausgleichsenergie netto	2'805	581
Total Nettoaufwand KEV	92'314	72'366

Die Einnahmen der KEV betragen 2011 ca. 255Mio SFr.

- Der Nettoaufwand für die KEV für alle Technologien betrug 92 Mio. SF, das sind weniger als 40% der Einnahmen.
- Im Jahre 2012 wurden nur 7,4% der KEV-Gelder für die Photovoltaik eingesetzt. Per 1.10.2012 sind 4'119 PV-Anlagen in Betrieb, welche von der KEV vergütet werden. Sie verfügen zusammen über eine installierte Leistung von 73 MW und produzieren 93 GWh Strom pro Jahr. Alle 4'199 Anlagen erhalten von der KEV insgesamt nur 38 Mio. CHF Vergütung pro Jahr. Gemessen am Potenzial der PV ist die Förderung als bescheiden zu bezeichnen.

Viel Geld wird in KEV Fonds parkiert, weil das Geld im Moment nicht ausgegeben wird. So wird ein Risikofonds für die Geothermie mit 150 Mio. Franken geöffnet, obwohl in diesem Jahrzehnt nirgends eine geothermale Stromproduktion in Betrieb gehen wird.

Abbildung 30 – KEV-Gelder; Einlagen in Fonds, Förderungen

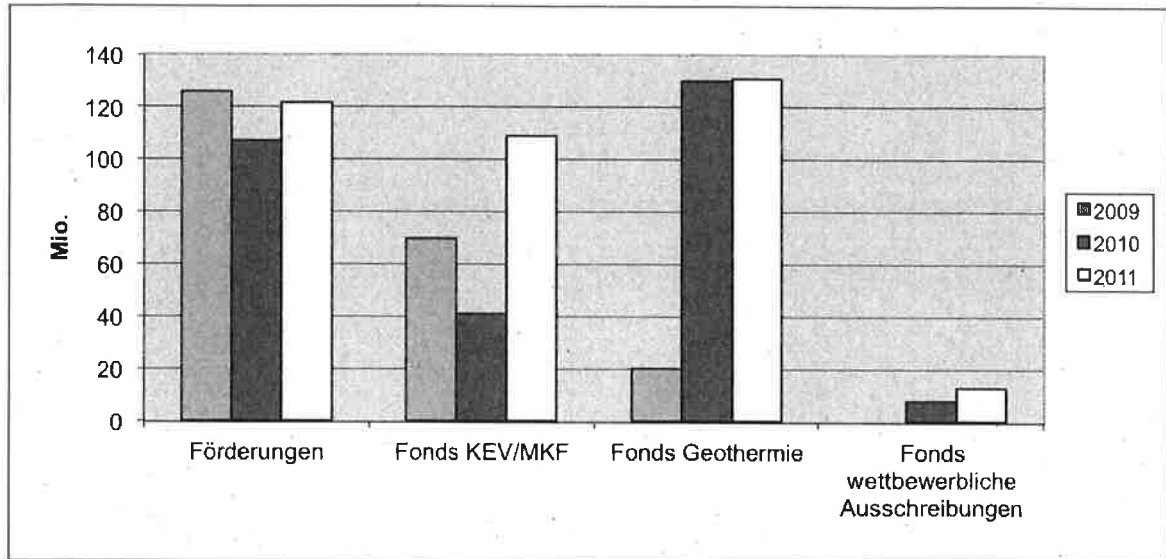
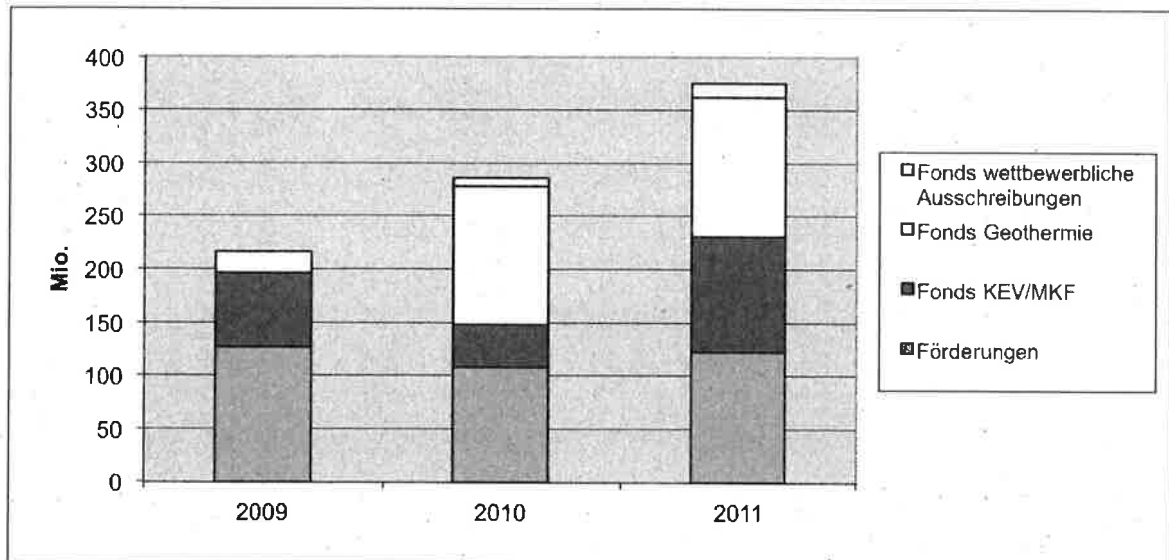
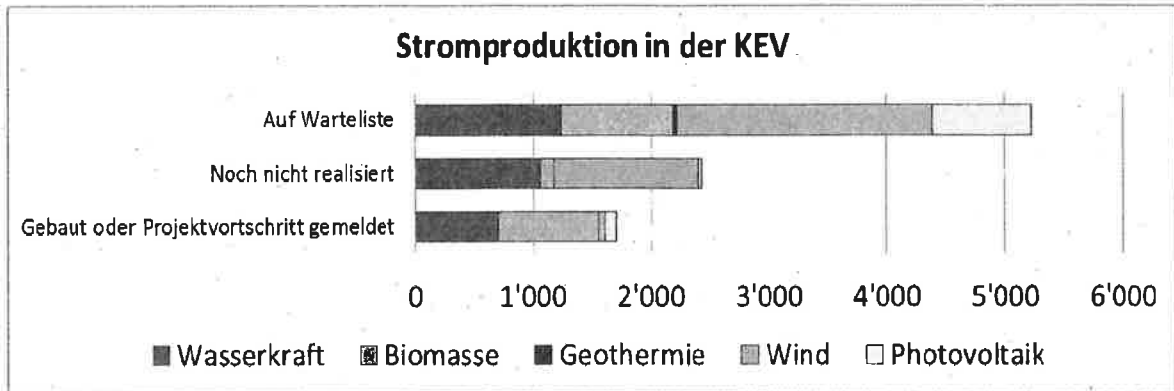


Abbildung 31 – KEV-Gelder Verteilung



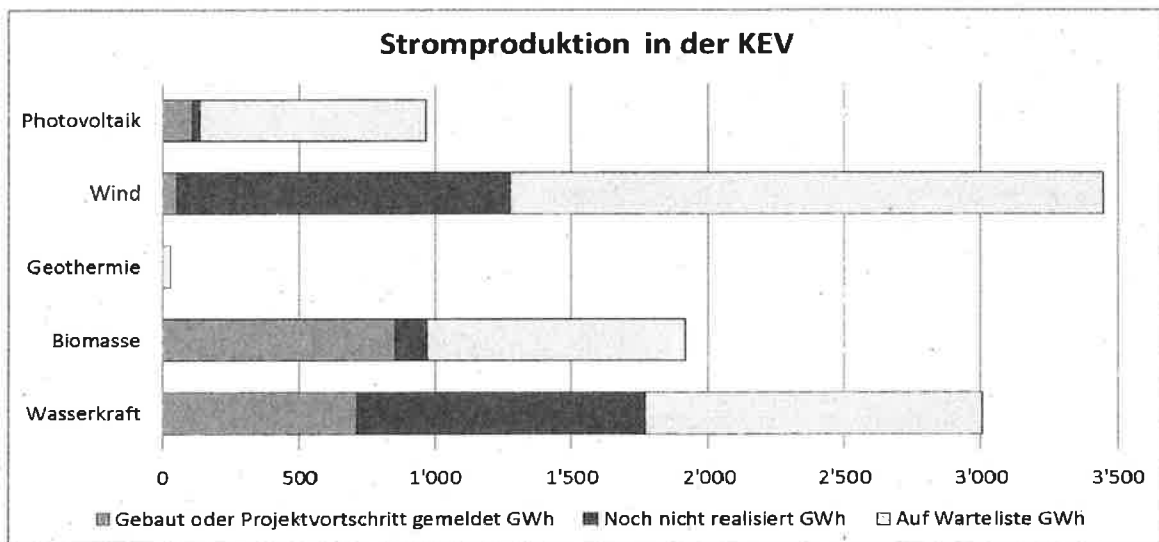
1.10 Stromproduktion und Warteliste in der KEV

Abbildung 32 – Stromproduktion in GWh in der KEV und Umsetzung



Die Produktionskapazität der Warteliste übersteigt die freigegebene Stromproduktion (=gebaut + Projektfortschritt + noch nicht realisiert). Die Stromproduktion der noch nicht realisierten Projekte übersteigt die der gebauten oder mit Projektfortschritt gemeldeten Anlagen.

Abbildung 33 – Stromproduktion in der KEV nach Technologie



Bezüglich Stromproduktion haben Wasser und Wind am meisten Zusagen erhalten. Kleinwasserkraftwerke und Windkraftwerke (rote Bereiche) sind die Hauptverantwortlichen für die Blockade der KEV Warteliste für alle Produktionsarten.

Betrachtet man die relativen Anteile, sieht man, dass aktuell Photovoltaik am stärksten blockiert ist. Der Anteil "PV" der nicht realisierten Projekte ist am kleinsten. Das bedeutet, dass die Photovoltaik als Technologie eigentlich problemlos zugebaut werden könnte, aber im System stark gebremst wird.

Abbildung 34 – Stromproduktionskapazität in der KEV, relativer Anteil

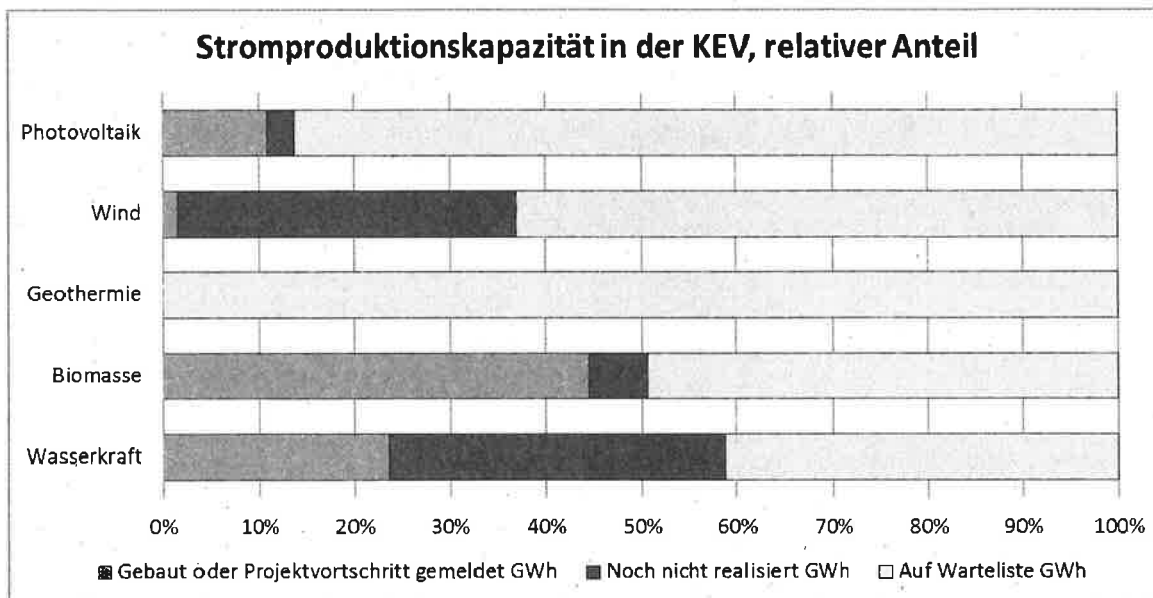
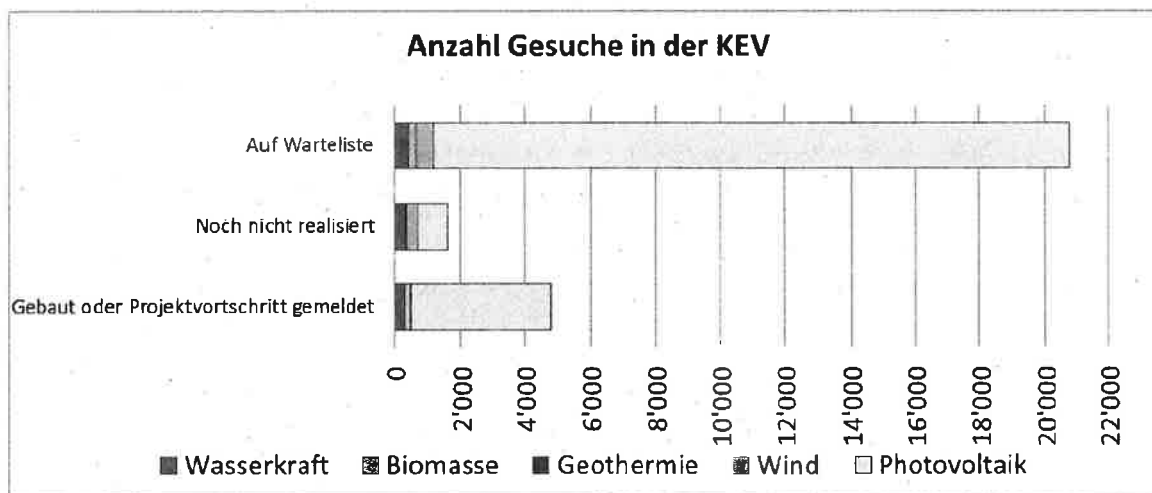


Abbildung 35 – Anzahl Gesuche in der KEV

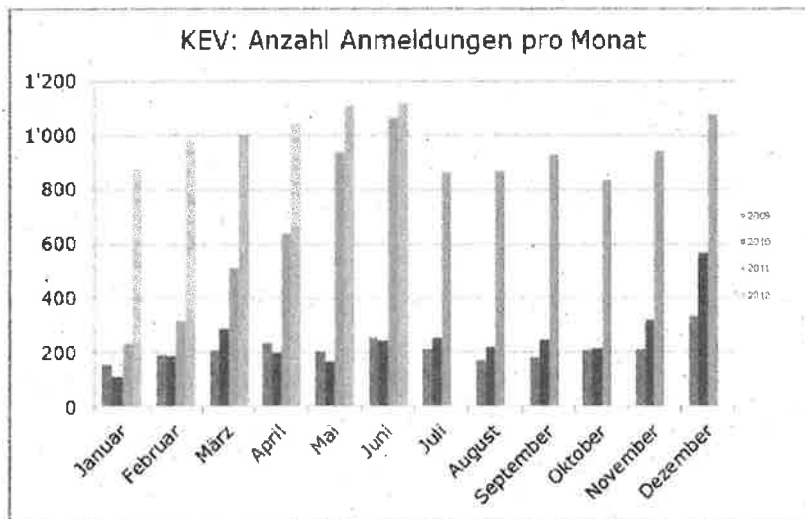


Bezogen auf die Anzahl der Gesuche dominieren die PV Anlagen, deren mittlere Anlagengrösse kleiner ist als bei den andern Technologien. Aktuell sind über 20'000 Gesuche für PV-Anlagen in der Warteschlange. Eine rasche Deblockierung ist ein dringendes Anliegen.

1.11 Die Entwicklung der Photovoltaik in der KEV

Die monatlichen Anmeldungen von Photovoltaikanlagen für die KEV sind stark angestiegen seit Fukushima, und befinden sich weiterhin auf einem hohen Niveau.

Abbildung 36 – Grafik KEV Stand



Quelle Stiftung KEV

Aktuell werden von der KEV insgesamt 4'195 PV Anlagen mit 103 MW gefördert. Dafür werden 38 Mio Franken pro Jahr ausgegeben, 7,4% des KEV Topf.

In der Photovoltaik besteht eine Warteliste von 20'155 PV-Anlagen (29.10.2012) mit 887 MWp Leistung. Auch für alle anderen erneuerbaren Stromproduktionsarten besteht eine Warteliste, die Energiewende wird durch die gedeckelte KEV blockiert. Die Wartezeit für die Photovoltaik in der KEV beträgt rund 4 Jahre.

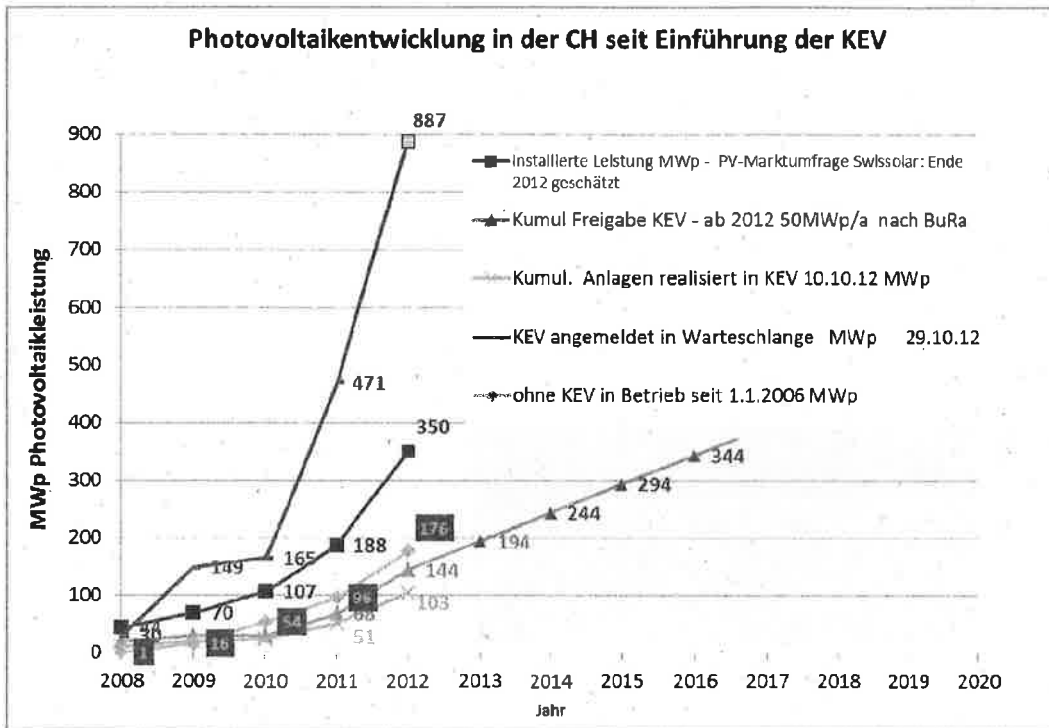
Für die Jahre 2013-2020 will der Bund bei der Photovoltaik je 50MWp pro Jahr freigeben, und so die Photovoltaik auf 600MWp ausbauen. Das sind nicht einmal Dreiviertel der 887 MW Leistung, die in den 20'155 PV Anlagen auf der KEV Warteliste blockiert sind.

Der Abbau der Warteliste dauert bei 50MW Freigabe pro Jahr 17 Jahre und 9 Monaten.

Wer sich im Oktober 2012 anmeldet wartet 17 Jahre bis er von der Warteliste runterkommt.

Er/sie erhält für die restlichen 8 Jahre KEV, die nachträglich reduziert werden kann.

Abbildung 37 – Aktuelle Entwicklung



Quelle:

PV-Entwicklung (und Warteschlange) und KEV Zubau in der Schweiz klaffen auseinander.

In den letzten Jahren wurden Anlagen gebaut, die erst einen Warteplatz für die KEV haben, ohne eine Möglichkeit gefunden zu haben, den Strom anderweitig kostendeckend zu verkaufen. Daher sind die Anlagenbesitzer auf den Goodwill ihres Elektrizitätswerks (EW) angewiesen. Einige EWs übernehmen den Solarstrom zu einem Betrag der sich an der KEV orientiert, z.B. 80%-KEV, bis die Anlagen anspruchsberechtigt sind. Einige Produzenten müssen allen Strom für ca. 10 Rp./kWh verkaufen, andere dürfen ihren Strom selber brauchen, im Gegenwert von rund 20 Rp./kWh, je nach lokalem Bezugstarif.

2 Szenarien

2.1 Energiepolitik des Bundes für Erneuerbare Energien

Im Rahmen der neuen Energiestrategie 2050 wird das EnG, überarbeitet. Es ging am 28. September 2012 in die Vernehmlassung und soll etwa 2015 in Kraft gesetzt werden. Darin sind folgende Ziele für die erneuerbare Elektrizitätsproduktion festgelegt:

- Bis 2035 werden 11,94 TWh, bis 2050 24,22 TWh Strom aus neuen, erneuerbaren Energieträgern (ohne Wasserkraft) angestrebt.
- Die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien soll bis 2020 um mindestens 4 TWh und bis 2035 um 13 TWh erhöht werden.

Abbildung 38

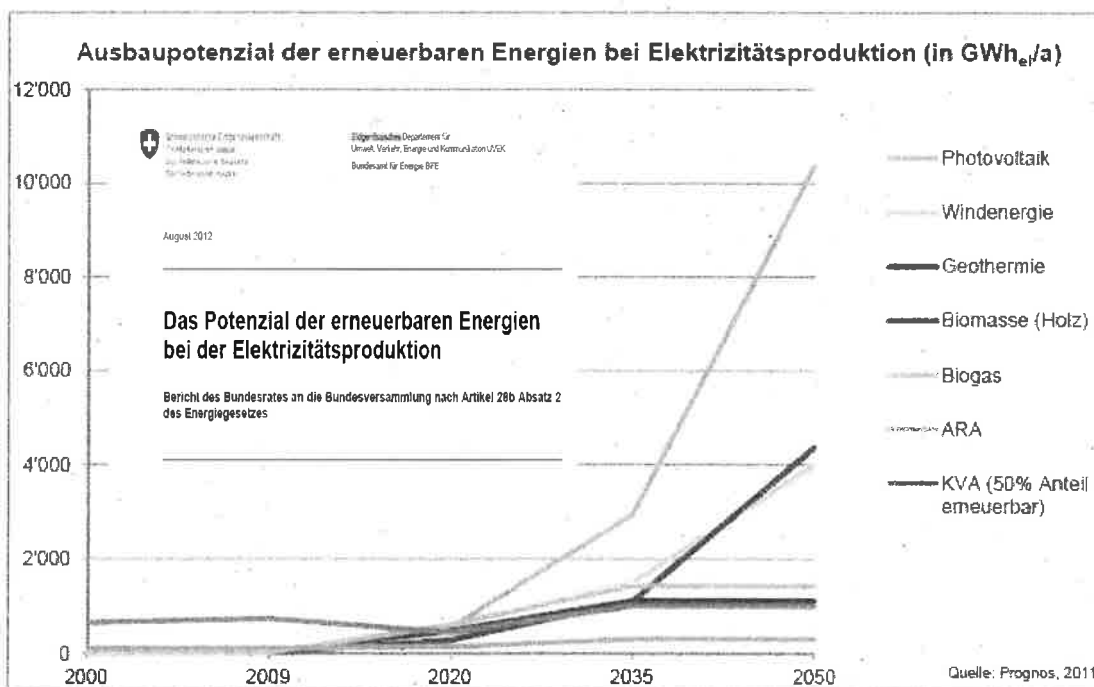


Abb. 3: Ausbaupotenzial der erneuerbaren Elektrizitätsproduktion nach Technologie⁹

Für die Photovoltaik ist ein Richtwert von 600 GWh Stromproduktion bis 2020 festgelegt (Ende 2012 bereits ca. 320 GWh geschätzt). Erst ab 2020 ist ein beschleunigtes Wachstum für die Photovoltaik geplant. Diese Blockade der PV ist das Gegenteil dessen, was für eine Energiewende sinnvoll ist.

2.2 Annahme zu der Stromgestehungskosten

Im Bericht des Prognos Energieperspektiven wird der Verlauf der Stromgestehungskosten für die einzelnen Stromquellen nicht detailliert ausgewiesen. Für den Bestand der PV KEV-Anlagen wird von rund 50 Rp./kWh ausgegangen. Für die Zukunft wird mit 25Rp/kWh bis 8Rp/kWh 2050 ausgegangen. Die Nachvollziehbarkeit ist für PV-Anlagen nicht gegeben. Eine detaillierte Zusammenstellung weist der Bericht Ecoplan vor.

Abbildung 39 – Stromgestehungskosten für Zubauten im entsprechenden Jahr gemäss Ecoplan

	2010	2020	2030	2040	2050
+ Kapitalkosten Rp. pro kWhel					
Speicherwasserkraft	8,1	9,8	10,5	9,9	10,1
Laufwasserkraft	4,3	4,7	5,0	5,0	5,2
Kernkraftwerke	2,3	2,9	2,9	2,9	2,9
GuD	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Erneuerbare WKK: Biomasse gross (2 MW)	13,8	13,0	12,7	12,4	12,4
Photovoltaik	24,3	11,3	9,5	8,4	7,7
Wind	12,8	10,8	8,6	7,6	6,4
Geothermie	7,9	6,7	6,0	5,5	5,0
+ Betriebskosten Rp. pro kWhel					
Speicherwasserkraft	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
Laufwasserkraft	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4
Kernkraftwerke	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
GuD	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Erneuerbare WKK: Biomasse gross (2 MW)	11,1	10,5	9,9	9,3	8,9
Photovoltaik	7,4	5,1	3,5	2,7	2,2
Wind	11,3	9,3	7,1	6,3	5,5
Geothermie	4,4	3,9	3,8	3,7	3,6
+ Energiekosten Rp./kWhel					
Speicherwasserkraft	-	-	-	-	-
Laufwasserkraft	-	-	-	-	-
Kernkraftwerke	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
GuD	7,9	11,8	12,6	12,8	12,5
Erneuerbare WKK: Biomasse gross (2 MW)	-	-	-	-	-
Photovoltaik	-	-	-	-	-
Wind	-	-	-	-	-
Geothermie	-	-	-	-	-
= Total Stromgestehungskosten Rp./kWhel					
Speicherwasserkraft	8,9	10,8	11,5	10,9	11,1
Laufwasserkraft	5,5	5,9	6,3	6,4	6,6
Kernkraftwerke	6,2	6,8	6,8	6,8	6,8
GuD	9,1	13,0	13,8	14,0	13,7
Erneuerbare WKK: Biomasse gross (2 MW)	24,9	23,4	22,5	21,8	21,2
Photovoltaik	31,7	16,4	13,0	11,1	9,9
Wind	24,1	20,1	15,7	13,9	12,0
Geothermie	12,3	10,5	9,8	9,2	8,6

Anmerkung: Alle Angaben ohne Einrechnung von zusätzlichen Netz-, Regelenergie und weiteren Systemkosten.

Quelle : Prognos 2012

Die Stromgestehungskosten werden vor allem für die Photovoltaik sehr hoch angenommen. Es werden damit unnötige Ängste einer viel zu hohen Förderung geschürt. Immerhin ist in der Annahme von Ecoplan interessant, dass die PV längerfristig (2050) zu den günstigsten Stromquellen gehört. Wird sich der Meinung, dass dieses Produkt sehr viel früher eintreten wird. Es ist ein dringendes Anliegen, dass mit realistischen Preisen gerechnet wird und die Märkte für PV breit entwickelt werden. Im Vordergrund stehen:

- Markttransparenz
- Aus- und Weiterbildung
- Technologietransfer

3 Vorgesehene Änderungen für die Photovoltaik im neuen (EnG) Energiegesetz 28.9.2012

- Für die KEV-Stromvergütung sind nur noch Anlagen ab 10 kW vorgesehen
- Die Förderung von kleinen Photovoltaik-Anlagen (<10 kW) ist mit Investitionsbeiträgen – Einmalbeiträge von maximal 30% der Investitionskosten - vorgesehen. Auch dieses System wird kontingentiert.
- Der PV Zubau mit KEV-Unterstützung wird für die Jahre 2012 bis 2020 auf jährlich 50 MW kontingentiert. Darin enthalten sind sowohl die Kleinanlagen unter 10 kWp, als auch die Anlagen über 10 kWp.
- Der zeitgleiche Eigenverbrauch von Strom ist ausdrücklich erlaubt, auch für Anlagen die in einem Vergütungssystem sind
- Eine Pflicht zum Einbau einer Photovoltaikanlage für Neubauten wird geprüft.
- Es wird die nachträgliche Absenkung der KEV Vergütung ermöglicht.
- Das neue Recht gilt rückwirkend für alle Anlagen, die noch nicht KEV Gelder erhalten.

Allgemeine Neuerungen:

- Das Fördersystem soll durch ein spezifisches Förderprogramm zur Entwicklung der Tiefengeothermie ergänzt werden (G14).
- Zusätzlich werden 0.1 Rp./kWh für den Schutz und die Nutzung der Gewässer und rund 0.4 Rp./kWh für wettbewerbliche Ausschreibungen vorgesehen.
- Neu können auch KEV Gelder für die Förderung grösserer fossiler Wärmekraftkoppelungsanlagen WKK beansprucht werden.

In der Summe stehen immer weniger Gelder der KEV für die ursprünglichen Förderziele zur Verfügung.

Die eingeschlagene Politik der PV-Blockierung soll im neuen Energiegesetz verankert werden. Der sinnvolle Einstieg in eine breite Förderung ab sofort wird auf die Zeit nach 2020 bzw. 2030 verlegt. Offenbar besteht eine falsche Angst wegen hohen Kosten bei einer offensiven PV-Förderung. Das grosse Potenzial der PV wird nicht wahrgenommen. Bereits ab 2020 kann sich die PV frei im Markt weiterentwickeln. Diese Chance muss jetzt wahrgenommen werden mit einer Breitenförderung aber deutlich tieferen Sätzen pro kWh.

4 Stromgestehungskosten: Sensitivitäten

Die Stromgestehungskosten sind ein zentraler Punkt in der energiepolitischen Diskussion. Dabei kann in der Regel geklärt werden, wie sich die Ausgangslage für verschiedene relevante Faktoren präsentiert und welche Grösse überhaupt die Sensitivitäten beeinflussen.

Für die PV Stromgestehungskosten sind folgende Faktoren relevant:

- Investitionskosten für Module bzw. installierte Anlagen. Im folgenden wird für letzteres von Fr. 1'000.– bis Fr. 5'000.– variiert.
- Ertrag kWh/kWp pro Jahr: Je nach Lage, Exposition etc. sind Werte von 500 bis 1'400 kWh/kWp/a realistisch.
- Zinssatz: Diese sollten einer normalen Verzinsung mit einem Risikozuschlag entsprechen. Die ersten Varianten werden mit einem relativ hohem Zinssatz von 5% gerechnet. Eine zweite Variante ist mit 2.5 % wie dies in der Energieperspektive der Prognos vorgenommen wird für alle Stromanlage (kW, Gas, Gebäudesanierungen etc). Im Prinzip sollte ebenfalls mit 2.5% gerechnet werden
- Die Abschreibung wird über 25 Jahre vorgenommen und als Amortisation voll eingerechnet. Die Abschreibung ist weitestgehend akzeptiert.
- Steuerabzüge können in der Regel zu 100 % vorgenommen werden. Je nach Einkommenssituation und Steuersätzen ergeben sich Steuerabzüge von 0 % bis ca. 40 %. Es wird mit 10 bis 30 % Grenzsteuersatz gerechnet.
- Für Betrieb und Unterhalt (Bau) werden entweder Prozentsätze (2%) der Investitionen oder Werte pro kWh (4 Rp./kWh) angenommen. 6 Rp./kWh wird als zu hoch beurteilt.

4.1 Stromgestehungskosten 5% Zins, ohne Abzüge

Stromgestehungskosten für PV-Strom als Funktion des Ertrages und der Investitionskosten

- Investitionskosten mit Verzinsung (5%) und Amortisation im Betrachtungszeitraum (25 Jahre)
- Abzüge in % der Investitionskosten (Subventionen und/oder Steuern)
- Jährlich Betriebs- und Unterhaltskosten (B+U) entweder in A) % der Investitionskosten oder in B) Rp./kWh Strom

GELB = Stromgestehungskosten 15–25 Rp./kWh

A) B+U in % der Investitionskosten

Stromgestehungskosten Rp./kWh

		Zins	Zeit J	Abzüge							
		5.0%	25	0%	B+U	2%					
		Ertrag kWh/kWp pro Jahr									
Inv.kosten SFr./kWp		500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
5'000		91.0	75.8	65.0	56.8	50.5	45.5	41.3	37.9	35.0	32.5
4'500		81.9	68.2	58.5	51.2	45.5	40.9	37.2	34.1	31.5	29.2
4'000		72.8	60.6	52.0	45.5	40.4	36.4	33.1	30.3	28.0	26.0
3'500		63.7	53.1	45.5	39.8	35.4	31.8	28.9	26.5	24.5	22.7
3'000		54.6	45.5	39.0	34.1	30.3	27.3	24.8	22.7	21.0	19.5
2'500		45.5	37.9	32.5	28.4	25.3	22.7	20.7	18.9	17.5	16.2
2'000		36.4	30.3	26.0	22.7	20.2	18.2	16.5	15.2	14.0	13.0
1'500		27.3	22.7	19.5	17.1	15.2	13.6	12.4	11.4	10.5	9.7
1'000		18.2	15.2	13.0	11.4	10.1	9.1	8.3	7.6	7.0	6.5

B) B+U in Rp/kWh

Stromgestehungskosten Rp./kWh

											B+U Rp/kWh	4.0
		Ertrag kWh/kWp pro Jahr										
Inv.kosten SFr./kWp		500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	
5'000		75.0	63.1	54.7	48.3	43.4	39.5	36.3	33.6	31.3	29.3	
4'500		67.9	57.2	49.6	43.9	39.5	35.9	33.0	30.6	28.6	26.8	
4'000		60.8	51.3	44.5	39.5	35.5	32.4	29.8	27.7	25.8	24.3	
3'500		53.7	45.4	39.5	35.0	31.6	28.8	26.6	24.7	23.1	21.7	
3'000		46.6	39.5	34.4	30.6	27.7	25.3	23.4	21.7	20.4	19.2	
2'500		39.5	33.6	29.3	26.2	23.7	21.7	20.1	18.8	17.6	16.7	
2'000		32.4	27.7	24.3	21.7	19.8	18.2	16.9	15.8	14.9	14.1	
1'500		25.3	21.7	19.2	17.3	15.8	14.6	13.7	12.9	12.2	11.6	
1'000		18.2	15.8	14.1	12.9	11.9	11.1	10.5	9.9	9.5	9.1	

by REnergol Neukomm

4.2 Stromgestehungskosten 5%%, 10% Abzüge, z.B. Steuererleichterung

- Investitions mit Verzinsung und Amortisation im Betrachtungszeitraum
- Abzüge in % der Investitionskosten
- Jährliche Betriebs- und Unterhaltskosten (B+U) entweder in A) % der Inv.kosten oder in B) Rp/kWh Strom

GELB = Stromgestehungskosten 15-25Rp./kWh

A) B+U in % der Investitionskosten

Stromgestehungskosten Rp./kWh

		Zins		Zeit J		Abzüge					
		5.0%		25		10%		B+U	2%		
		Ertrag kWh/kWp pro Jahr									
Inv.kosten SFr./kWp		500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
5'000		83.9	69.9	59.9	52.4	46.6	41.9	38.1	34.9	32.3	29.9
4'500		75.5	62.9	53.9	47.2	41.9	37.7	34.3	31.4	29.0	27.0
4'000		67.1	55.9	47.9	41.9	37.3	33.5	30.5	28.0	25.8	24.0
3'500		58.7	48.9	41.9	36.7	32.6	29.4	26.7	24.5	22.6	21.0
3'000		50.3	41.9	35.9	31.4	28.0	25.2	22.9	21.0	19.4	18.0
2'500		41.9	34.9	29.9	26.2	23.3	21.0	19.1	17.5	16.1	15.0
2'000		33.5	28.0	24.0	21.0	18.6	16.8	15.2	14.0	12.9	12.0
1'500		25.2	21.0	18.0	15.7	14.0	12.6	11.4	10.5	9.7	9.0
1'000		16.8	14.0	12.0	10.5	9.3	8.4	7.6	7.0	6.5	6.0

B) B+U in Rp/kWh

Stromgestehungskosten Rp./kWh

											B+U Rp/kWh	4.0	
		Ertrag kWh/kWp pro Jahr											
Inv.kosten SFr./kWp		500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400		
5'000		67.9	57.2	49.6	43.9	39.5	35.9	33.0	30.6	28.6	26.8		
4'500		61.5	51.9	45.1	39.9	35.9	32.7	30.1	27.9	26.1	24.5		
4'000		55.1	46.6	40.5	35.9	32.4	29.5	27.2	25.3	23.6	22.2		
3'500		48.7	41.3	35.9	31.9	28.8	26.4	24.3	22.6	21.2	20.0		
3'000		42.3	35.9	31.4	27.9	25.3	23.2	21.4	20.0	18.7	17.7		
2'500		35.9	30.6	26.8	24.0	21.7	20.0	18.5	17.3	16.3	15.4		
2'000		29.5	25.3	22.2	20.0	18.2	16.8	15.6	14.6	13.8	13.1		
1'500		23.2	20.0	17.7	16.0	14.6	13.6	12.7	12.0	11.4	10.8		
1'000		16.8	14.6	13.1	12.0	11.1	10.4	9.8	9.3	8.9	8.6		

byREnersolv Neukomm

4.3 Stromgestehungskosten 5% Zins, 30% Abzüge, z. B. Investitionsbeihilfe

Stromgestehungskosten für PV-Strom als Funktion des Ertrages und der Investitionskosten

- Investitions mit Verzinsung und Amortisation im Betrachtungszeitraum
- Abzüge in % der Investitionskosten
- Jährliche Betriebs- und Unterhaltskosten (B+U) entweder in A) % der Inv.kosten oder in B) Rp/kWh Strom

GELB = Stromgestehungskosten 15-25Rp./kWh

A) B+U in % der Investitionskosten

		Zins	Zeit J	Abzüge							
Stromgestehungskosten Rp./kWh		5.0%	25	30%	B+U	2%					
		Ertrag kWh/kWp pro Jahr									
Inv.kosten SFr./kWp		500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
5'000		69.7	58.1	49.8	43.5	38.7	34.8	31.7	29.0	26.8	24.9
4'500		62.7	52.3	44.8	39.2	34.8	31.4	28.5	26.1	24.1	22.4
4'000		55.7	46.4	39.8	34.8	31.0	27.9	25.3	23.2	21.4	19.9
3'500		48.8	40.6	34.8	30.5	27.1	24.4	22.2	20.3	18.8	17.4
3'000		41.8	34.8	29.9	26.1	23.2	20.9	19.0	17.4	16.1	14.9
2'500		34.8	29.0	24.9	21.8	19.4	17.4	15.8	14.5	13.4	12.4
2'000		27.9	23.2	19.9	17.4	15.5	13.9	12.7	11.6	10.7	10.0
1'500		20.9	17.4	14.9	13.1	11.6	10.5	9.5	8.7	8.0	7.5
1'000		13.9	11.6	10.0	8.7	7.7	7.0	6.3	5.8	5.4	5.0

B) B+U in Rp/kWh

Stromgestehungskosten Rp./kWh												B+U Rp/kWh	4.0
		Ertrag kWh/kWp pro Jahr											
Inv.kosten SFr./kWp		500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400		
5'000		53.7	45.4	39.5	35.0	31.6	28.8	26.6	24.7	23.1	21.7		
4'500		48.7	41.3	35.9	31.9	28.8	26.4	24.3	22.6	21.2	20.0		
4'000		43.7	37.1	32.4	28.8	26.1	23.9	22.1	20.6	19.3	18.2		
3'500		38.8	33.0	28.8	25.7	23.3	21.4	19.8	18.5	17.4	16.4		
3'000		33.8	28.8	25.3	22.6	20.6	18.9	17.5	16.4	15.5	14.6		
2'500		28.8	24.7	21.7	19.5	17.8	16.4	15.3	14.3	13.6	12.9		
2'000		23.9	20.6	18.2	16.4	15.0	13.9	13.0	12.3	11.6	11.1		
1'500		18.9	16.4	14.6	13.3	12.3	11.5	10.8	10.2	9.7	9.3		
1'000		13.9	12.3	11.1	10.2	9.5	9.0	8.5	8.1	7.8	7.5		

by REnergiv Neukomm

4.4 Stromgestehungskosten 2,5% Zins, ohne Abzüge

Stromgestehungskosten für PV-Strom als Funktion des Ertrages und der Investitionskosten

- Investitions mit Verzinsung und Amortisation im Betrachtungszeitraum
- Abzüge in % der Investitionskosten
- Jährliche Betriebs- und Unterhaltskosten (B+U) entweder in A) % der Inv.kosten oder in B) Rp/kWh Strom

GELB = Stromgestehungskosten 15-25Rp./kWh

A) B+U in % der Investitionskosten

		Zins	Zeit J	Abzüge							
Stromgestehungskosten Rp./kWh		2.5%	25	0%	B+U	2%					
	Ertrag kWh/kWp pro Jahr										
Inv.kosten SFr./kWp		500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
5'000		74.3	61.9	53.1	46.4	41.3	37.1	33.8	30.9	28.6	26.5
4'500		66.8	55.7	47.7	41.8	37.1	33.4	30.4	27.9	25.7	23.9
4'000		59.4	49.5	42.4	37.1	33.0	29.7	27.0	24.8	22.9	21.2
3'500		52.0	43.3	37.1	32.5	28.9	26.0	23.6	21.7	20.0	18.6
3'000		44.6	37.1	31.8	27.9	24.8	22.3	20.3	18.6	17.1	15.9
2'500		37.1	30.9	26.5	23.2	20.6	18.6	16.9	15.5	14.3	13.3
2'000		29.7	24.8	21.2	18.6	16.5	14.9	13.5	12.4	11.4	10.6
1'500		22.3	18.6	15.9	13.9	12.4	11.1	10.1	9.3	8.6	8.0
1'000		14.9	12.4	10.6	9.3	8.3	7.4	6.8	6.2	5.7	5.3

B) B+U in Rp/kWh

		Stromgestehungskosten Rp./kWh									B+U Rp/kWh	4.0
	Ertrag kWh/kWp pro Jahr											
Inv.kosten SFr./kWp		500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	
5'000		58.3	49.2	42.8	37.9	34.2	31.1	28.7	26.6	24.9	23.4	
4'500		52.8	44.7	38.9	34.5	31.1	28.4	26.2	24.4	22.8	21.4	
4'000		47.4	40.2	35.0	31.1	28.1	25.7	23.7	22.1	20.7	19.5	
3'500		42.0	35.7	31.1	27.7	25.1	23.0	21.3	19.8	18.6	17.6	
3'000		36.6	31.1	27.3	24.4	22.1	20.3	18.8	17.6	16.5	15.6	
2'500		31.1	26.6	23.4	21.0	19.1	17.6	16.3	15.3	14.4	13.7	
2'000		25.7	22.1	19.5	17.6	16.1	14.9	13.9	13.0	12.4	11.8	
1'500		20.3	17.6	15.6	14.2	13.0	12.1	11.4	10.8	10.3	9.8	
1'000		14.9	13.0	11.8	10.8	10.0	9.4	8.9	8.5	8.2	7.9	

byREnergoly Neukomm

4.5 Stromgestehungskosten 2,5% Zins, 10% Abzüge

Stromgestehungskosten für PV-Strom als Funktion des Ertrages und der Investitionskosten

- Investitions mit Verzinsung und Amortisation im Betrachtungszeitraum
- Abzüge in % der Investitionskosten
- Jährliche Betriebs- und Unterhaltskosten (B+U) entweder in A) % der Inv.kosten oder in B) Rp/kWh Strom

GELB = Stromgestehungskosten 15-25Rp./kWh

A) B+U in % der Investitionskosten

Stromgestehungskosten Rp./kWh		Zins	Zeit J	Abzüge						
		2.5%	25	10%	B+U	2%				
		Ertrag kWh/kWp pro Jahr								
Inv.kosten										
SFr./kWp										
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
5'000	68.8	57.4	49.2	43.0	38.2	34.4	31.3	28.7	26.5	24.6
4'500	62.0	51.6	44.3	38.7	34.4	31.0	28.2	25.8	23.8	22.1
4'000	55.1	45.9	39.3	34.4	30.6	27.5	25.0	22.9	21.2	19.7
3'500	48.2	40.2	34.4	30.1	26.8	24.1	21.9	20.1	18.5	17.2
3'000	41.3	34.4	29.5	25.8	22.9	20.7	18.8	17.2	15.9	14.8
2'500	34.4	28.7	24.6	21.5	19.1	17.2	15.6	14.3	13.2	12.3
2'000	27.5	22.9	19.7	17.2	15.3	13.8	12.5	11.5	10.6	9.8
1'500	20.7	17.2	14.8	12.9	11.5	10.3	9.4	8.6	7.9	7.4
1'000	13.8	11.5	9.8	8.6	7.6	6.9	6.3	5.7	5.3	4.9

B) B+U in Rp/kWh

Stromgestehungskosten Rp./kWh											B+U Rp/kWh	4.0
		Ertrag kWh/kWp pro Jahr										
Inv.kosten												
SFr./kWp												
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400		
5'000	52.8	44.7	38.9	34.5	31.1	28.4	26.2	24.4	22.8	21.4		
4'500	48.0	40.6	35.4	31.5	28.4	26.0	24.0	22.3	20.9	19.7		
4'000	43.1	36.6	31.9	28.4	25.7	23.5	21.8	20.3	19.0	18.0		
3'500	38.2	32.5	28.4	25.4	23.0	21.1	19.5	18.2	17.2	16.2		
3'000	33.3	28.4	24.9	22.3	20.3	18.7	17.3	16.2	15.3	14.5		
2'500	28.4	24.4	21.4	19.3	17.6	16.2	15.1	14.2	13.4	12.7		
2'000	23.5	20.3	18.0	16.2	14.9	13.8	12.9	12.1	11.5	11.0		
1'500	18.7	16.2	14.5	13.2	12.1	11.3	10.7	10.1	9.6	9.2		
1'000	13.8	12.1	11.0	10.1	9.4	8.9	8.4	8.1	7.8	7.5		

byREnersolv Neukomm