



# Schnellinformation zur Thematik Photovoltaik

---

seneos GmbH

Eupener Str. 150

D - 50933 Köln

<http://www.seneos.com>

Autor: Okan Islamoglu Dipl.-Ing (Uni), System Engineer

Datum: 09.07.09

Version: 1.0

1	Photovoltaik, Energie solange die Sonne lacht .....	3
1.1	Allgemeines .....	3
1.2	Vorurteile.....	4
1.3	Technologie .....	5
1.3.1	Solaranlage .....	5
1.3.1.1	Komponenten.....	5
1.3.2	Solarzellentypen .....	5
1.3.2.1	Monokristalline Silizium-Solarzellen .....	5
1.3.2.2	Polykristalline Zellen.....	6
1.3.2.3	Dünnschichtzellen .....	6
1.3.3	Andere Solarzellentypen .....	7
1.3.3.1	Konzentratorzellen (Dritte Generation) .....	7
1.4	Ökologische Aspekte .....	7
1.5	Ökonomische Aspekte.....	9
1.5.1	Förderung .....	9
1.5.1.1	Einspeisevergütung nach EEG .....	9
1.5.1.2	KfW .....	9
1.5.1.3	Nordrhein-Westfalen – progres.nrw „Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen“ .....	10
1.5.1.4	Solar-Check NRW.....	10
1.5.2	Kosten.....	10

# 1 Photovoltaik, Energie solange die Sonne lacht

## 1.1 Allgemeines

Unter Photovoltaik versteht man die Wandlung von einstrahlender Sonnenenergie in elektrische Energie. Bekannt ist diese Technik aus der Raumfahrt und allen anderen Bereichen, in denen ein Inselbetrieb sinnvoll erscheint. Bekannte Inselanwendungen sind Taschenrechner, Parkuhren und wie schon erwähnt die Raumfahrt. Entscheidend für die Anwendung sind die Kosten der Investition im Vergleich zu den Alternativen. Bisher hat sich immer die günstigere Alternative durchgesetzt, auch in der Raumfahrt.

In den letzten Jahren findet diese Technologie zunehmend mehr Berücksichtigung in der Energieversorgung. Dies hat zum einen seinen Ursprung in der Förderung (EEG) durch die jeweiligen Staaten, aber auch fallende Preise sowie ein Umweltbewusstsein spielen eine Rolle.

## 1.2 Vorurteile

Es wird immer wieder behauptet, dass zur Erstellung einer Solarzelle mehr Energie aufgewendet werden muss als sie je abgeben wird.

- ➔ Diese Behauptung ist grundlegend falsch. Die energetische Amortisation ist in Abh. von Technologie und Standort nach 2-7 Jahren vollzogen.

Verfügbarkeit von Tageslicht und nachts kann kein Strom erzeugt werden.

- ➔ Diese Aussage ist nur bedingt richtig. Diese Aussage gilt für einen Standort, jedoch nicht für den Globus. Die Sonneneinstrahlung steht grundsätzlich 24h zur Verfügung. Allen Annahmen zur Folge wird es über die nächsten 300 Jahre hinaus weiterhin eine Sonneneinstrahlung in ausreichendem Maße geben. Dies kann von den fossilen Energieträgern nicht behauptet werden.

Photovoltaik beansprucht große Flächen

- ➔ Die Nutzung von bereits bebauten Flächen ist ausreichend. Somit geschieht kein weiterer Eingriff in der Natur wie z.B. bei konventionellen Kraftwerken, Wasser oder Windkraftanlagen. Es wird im Gegenteil bebauter Fläche in Ihrer Nutzung optimiert.

## 1.3 Technologie

### 1.3.1 Solaranlage

#### 1.3.1.1 Komponenten

Eine Photovoltaikanlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten.

Solarzellenmodule

Wechselrichter (mit Überwachungsfunktion)

Überwachungseinheit (wenn nicht in Wechselrichter integriert)

Einspeisestromzähler

Gleichstromhauptschalter

Leitungen

Montagesysteme

### 1.3.2 Solarzellentypen

#### 1.3.2.1 Monokristalline Silizium-Solarzellen

Monokristalline Solarzellen sind die in der Produktion teuersten Module. Dies liegt, wie der Name schon sagt, an der Herstellung aus monokristallinem Silizium.

Die Gewinnung geschieht per Schmelzverfahren (Czochralski-Verfahren) aus Polysilizium.

Die einzelne Zelle hat die typische Kantenlänge von 125mm bzw. 150 mm.

Flächenbedarf ~ 5-7 m<sup>2</sup>/kwp

Monokristallines Silizium, Wirkungsgrad 14,5... 18%

Amortisationszeit: 48...75 Monate

Lebensdauer: ca. 25-30 Jahre

Monokristalline Zellen sind sehr aufwendig in der Herstellung. Energietechnisch interessant aber betriebswirtschaftlich wenig sinnvoll Aufgrund des geringen Unterschiedes im Wirkungsgrad.

### 1.3.2.2 Polykristalline Zellen

Polykristalline Zellen unterscheiden sich von den monokristallinen in ihrer Kristallstruktur. Die Verunreinigung besteht im Wesentlichen aus der mehrfach kristallinen Struktur, d.h. durch Korngrenzen voneinander getrennte Kristalle.

Aufgrund der geringen Unterschiede im Wirkungsgrad trägt die günstigere Produktionsweise zur häufigen Verwendung dieser Module am Markt bei. Die günstigere Produktionsweise schlägt sich ökonomisch und ökologisch nieder und geht mit dem energetischen Aufwand einher.

Was wie bei der Herstellung von monokristallinen Zellen berücksichtigt werden muss ist der zu betreibende Materialaufwand zur Herstellung des Moduls. Mechanische Produktionsschritte wie sägen und damit verbundene Verluste gehen in die Berechnung des Wirkungsgrades nicht ein werden aber eingepreist.

Flächenbedarf ~7- 10m<sup>2</sup>/kWp

polykristallines Silizium, Wirkungsgrad 12...15%

Amortisationszeit: 25...57 Monate

Lebensdauer: ca. 25-30 Jahre

### 1.3.2.3 Dünnschichtzellen

Dünnschichtzellen weisen beste Eigenschaften für eine industrielle Produktion auf. Das Material wird auf ein Substrat aufgedampft was die kostspielige Herstellung der Kristallblöcke und das zersägen einspart. Der Wegfall dieser Schritte ermöglicht eine einfachere Automatisierung.

Dünnschichtzellen können aus verschiedenen Materialien hergestellt werden.

Zum Einsatz kommen:

- amorphes Silizium (a-Si:H)
- mikrokristallines Silizium ( $\mu\text{c-Si:H}$ )
- Gallium-Arsenid (GaAs)
- Cadmium-Tellurid (CdTe)
- Kupfer-Indium-(Gallium)-Schwefel-Selen-Verbindungen (CIS-Zellen)

Die Materialdicke beträgt ca. 10  $\mu\text{m}$ .

Wirkungsgrad :

amorphes Silizium -> 5-8%

mikrokristallines Silizium -> 9-11%

CIS-Dünnschicht-Solarzellen -> 7,5-9,5%

CdTe-Dünnschicht-Solarzellen -> 6-9%

Amortisationszeit: 17...41 Monate

Flächenbedarf ~ 10-18m<sup>2</sup>/kwp

Lebensdauer: ca. 20 Jahre

Wird aufgrund niedriger Kosten eingesetzt, wenn Platz keine Rolle spielt. Hat auch Vorteile bei ungünstiger Dachneigung, Verschattung, schlechte Südausrichtung, diffuses Licht wegen Wolken bzw. Wolkenschleier oder hohen Temperaturen. Aufgrund geringerer Empfindlichkeit bezüglich schlechter Umgebungsverhältnisse werden Unterschiede im Wirkungsgrad zum Teil egalisiert

Mit der Optimierung und Einführung neuer Produktionsverfahren wird in den kommenden Jahren ein besserer Wirkungsgrad erwartet.

### 1.3.3 Andere Solarzellentypen

#### 1.3.3.1 Konzentratorzellen (Dritte Generation)

Bei dieser Technologie wird mittels Linsen die einstrahlende Sonnenenergie auf eine kleine Fläche konzentriert. Der Clou dabei ist, dass die Linsen günstiger sind als das eingesparte Halbleitermaterial.

Das Problem dabei ist jedoch, dass man nur die direkte Sonnenstrahlung konzentrieren kann. Dies bedeutet, dass man die Solarzellen der Sonne nachführen muss. Mit Konzentratoren werden im Labor bereits Wirkungsgrade von bis zu 35% erzielt.

Eine kommerzielle Produktion gibt es für diese Zellentechnologie derzeit noch nicht.

## 1.4 Ökologische Aspekte

Die mit der Photovoltaik verbundenen Emissionen von Herstellung beginnend sind bis zu Faktor 3 geringer als andere Wege der Energieerzeugung.

PV-Anlagen auf der Basis von amorphem Silizium haben eine energetische Amortisationszeit von ca. 17 bis 41 Monaten.

Die durchschnittliche Lebensdauer beträgt 25-30 Jahre.

Aufgrund der schnellen energetischen Amortisation in Verbindung mit der langen Lebensdauer erwirtschaftet eine Solaranlage nicht nur die Menge an Energie die benötigt wurde sie herzustellen. Sie erwirtschaftet zur Laufzeit auch die Energie, die benötigt wird um die nächste Generation von Solaranlagen herzustellen. Dies wird derzeit nur von Windkraft und Wasserkraft überboten. Diese beanspruchen jedoch freie Flächen in der Natur und bedeuten somit einen Eingriff in diese.

Auf die Frage was in 10,20 oder 30 Jahren mit all den ausgedienten Panels geschieht hat die Industrie schon eine Antwort. Die Wafer werden über Recyclingverfahren zurückgewonnen. Die geschieht recht kostendeckend für mono- oder polykristalline Wafer. Bei Dünnschichtmodulen ist Aufgrund des geringen Anteils an Silizium und dem gleichwertigen Aufwand im Vergleich zu den anderen Modultypen eine kostendeckende Rückgewinnung nicht möglich.

Das Recycling spielt jedoch in der Rohstoffgewinnung schon heute eine tragende Rolle. In diesem Rahmen sollen auch die Anlagen weiterentwickelt werden um eine einfachere Rückgewinnung zu ermöglichen.

## 1.5 Ökonomische Aspekte

### 1.5.1 Förderung

#### 1.5.1.1 Einspeisevergütung nach EEG

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Anlage	Cent / kWh						
≤ 30 kWp	43,01	39,57	36,01	32,77	29,82	27,13	24,69
>30 kWp	40,91	37,64	34,25	31,17	28,36	25,81	23,49
>100-1000 kWp	39,58	35,62	32,42	29,50	26,84	24,43	22,23
>1000 kWp	33,00	29,70	27,03	24,59	22,38	20,37	18,53
Freiflächenanlagen	31,94	28,75	26,16	...	...	...	...
Eigenverbrauch	25,01	23,01	20,94	...	...	...	...

Der Tabelle ist EEG Novelle 2009 zugrunde gelegt. Werte ab 2009 können sich nach Entwicklung der installierten Leistung ändern.

Die Vergütung erfolgt gestaffelt nach den jeweiligen Sätzen. Es wird nicht die gesamte Menge über eine Einstufung vergütet.

Bsp.: Die generierte Leistung beträgt 43 kWp -> 30 kWp werden mit 43,01 Cent vergütet und 13 kWp mit 40,91 Cent.

Beim Eigenverbrauch wird mittels geeigneten Zählers die Leistung gemessen, die ins Hausnetz eingespeist wird (durchschnittlich 10-20% des Gesamtvolumens). Der Rest wird entsprechend der Tabelle vergütet. Diese Option gilt nur für Anlagen bis 30 kWp.

Der Vergütungssatz wird aus dem Jahr der Errichtung ermittelt und gilt für 20 Kalenderjahre zuzüglich den Monaten aus dem laufenden Jahr der Errichtung.

#### 1.5.1.2 KfW

Über die KfW kann die Photovoltaikanlage günstig finanziert werden. Bei der KfW gibt es das KfW-Programm Erneuerbare Energien. Gültig ist die Förderbedingung Standard. Es wird 100% der Nettoinvestitionssumme (ohne MwSt.) finanziert.

- ➔ Dies liegt an der Möglichkeit zur Rückerstattung der MwSt. bei Verzicht auf Befreiung von MwSt. für Kleinunternehmer

Das Förderprogramm ist nicht kombinierbar mit anderen KfW Programmen lässt jedoch eine Kombination mit anderen Fördermitteln zu

Die Zinssätze liegen effektiv zwischen 3,30 und 7,60 % in Abhängigkeit von Laufzeit und Kreditrisiko.

Laufzeiten von 5, 10 und 20 Jahren sind möglich und beinhalten tilgungsfreie Jahre.

Einzelheiten zu den Zinssätzen können dem folgenden Link entnommen werden.

[KfW Zinssätze](#)

### ***1.5.1.3 Nordrhein-Westfalen – progres.nrw „Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen“***

Das Landesprogramm progres.nrw fördert gezielt die Markteinführung energieeffizienter Techniken und regenerativer Energien. Das Programm ist 2009 auf Basis der Richtlinien von 2007 verlängert worden und kann von kleinen und mittelständischen Unternehmen, Kommunen und Privatpersonen in Anspruch genommen werden.

Da nur Multiplikatoranlagen bezuschusst werden können hier nur die sogenannten Passivhäuser und fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen in Frage.

Die Bezuschussung beträgt 500,-€/kWp für Anlage ab 2 kWp bis 10kWp. Entsprechende Anträge müssen bis zum 15.10.2009 eingereicht werden. Das Bauvorhaben darf bis zur Bewilligung nicht begonnen haben. Das Land NRW behält sich vor Anträge abzulehnen aufgrund mangelnder Fördermittel.

[progres.nrw](#)

### ***1.5.1.4 Solar-Check NRW***

Das Land NRW fördert die Untersuchung durch einen Handwerker ob die Installation einer Photovoltaikanlage möglich (thermische Solaranlagen auch). Die Kosten für eine Untersuchung beträgt 77,-€ und davon werden 52,-€ durch das Land NRW getragen. Untersucht werden Objekte mit max. 6 Wohneinheiten.

[Solar Check NRW](#)

## **1.5.2 Kosten**

Die Kosten für PV Anlagen bestehen bilden sich aus folgenden Positionen:

Wiederkehrende Positionen (sollte ca. 1% der Anschaffung betragen)

- Instandhaltung/Wartung (z.B. Reinigung, Ersatzteile über Laufzeit 20 Jahre)
- Zählermiete
- Versicherung
- Buchhaltung/Steuer (optional)

Einmalige Positionen

- Anschaffung der PV Anlage (Investitionskosten Module, Montagesystem, Wechselrichter sowie aus Planungs-, Montage- und Netzanschlusskosten, Richtwert 3000-4000 € / kWp, Abschreibung über 20 Jahre nach AfA)
- Schuldzinsen bei Fremdkapitalfinanzierung