

Privater Strom aus der Sonne

Leitfaden zur Photovoltaik
für Bürgerinnen und Bürger
des Landes Rheinland-Pfalz



Stand April 2009

Impressum

Konzeption



Institut für angewandtes
Stoffstrommanagement (IfaS)
Umwelt-Campus Birkenfeld (FH Trier)
Postfach 1380

55761 Birkenfeld

Ansprechpartner:
Thomas Anton (Dipl. Betriebswirt FH)
Tel. 06782 / 17-1571

E-Mail t.anton@umwelt-campus.de
URL <http://ifas.umwelt-campus.de>

Gefördert durch



Landeszentrale für Umweltaufklärung
Kaiser-Friedrich-Straße 1

55116 Mainz

URL <http://www.umdenken.de>

Bildnachweis

Titelfoto: Photovoltaik- und Solarthermie-Anlage Familie Degen, Weilerbach

Vermerk

Aktualitätsstand: April 2009, vorbehaltlich gesetzlicher Änderungen.

Für die in der Broschüre zur Verfügung gestellten Informationen und daraus abgeleiteten Handlungen wird keine Haftung übernommen.

„Privater Strom aus der Sonne – Leitfaden zur Photovoltaik für Bürgerinnen und Bürger des Landes Rheinland-Pfalz“:

Herausgeber: Institut für angewandtes Stoffstrommanagement

Autor: Dipl. Wirt. Ing. (FH) Roland Cornelius

Überarbeitung: Dipl. Betriebswirt (FH) Thomas Anton, Dipl.-Ing. Christian Synwoldt

Erscheinungsort: Birkenfeld, Mainz (2009)

Copyright © 2004-2009 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, IfaS

5. überarbeitete, landesweite Auflage

Version 5.1

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Ausgenommen hiervon ist die Verwendung und Vervielfältigung zu nicht-kommerziellen Zwecken durch öffentliche Einrichtungen und Gebietskörperschaften des Landes Rheinland-Pfalz. Eine Vorlage hierzu ist unter der URL <http://www.umdenken.de> erhältlich.

Vorwort

Die erste Auflage des Leitfadens zur Photovoltaik – der in Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) am Umwelt-Campus Birkenfeld und der Landeszentrale für Umweltaufklärung (LZU) entstanden ist –, wurde im Rahmen des Pilotprojektes „Zero-Emission-Village Weilerbach“ (ZEV Weilerbach) entwickelt. Gegenstand des Projektes ist die CO₂-neutrale Energieversorgung der Verbandsgemeinde Weilerbach.

Die Nutzung von Solarstromanlagen, also Photovoltaik (PV), ist eine der Möglichkeiten, die Energie- bzw. Stromversorgung durch regenerative Energieträger zu sichern und leistet darüber hinaus einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Durch die Einführung und Novellierung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) mit garantierten Einspeisevergütungen für den Solarstrom in Verbindung mit zinsgünstigen Darlehen der KfW Förderbank wurden die Voraussetzungen geschaffen, Solarstrom-Anlagen wirtschaftlich betreiben zu können. Im Jahr 2008 konnte der deutsche Photovoltaikmarkt mit 35 Prozent kräftig zulegen und verzeichnet weiterhin starkes Wachstum.

Aufgrund der hohen Solarstrahlungswerte in Rheinland-Pfalz ergibt sich eine gute Voraussetzung für die Nutzung von Photovoltaik. Bei attraktiven Betreiberrenditen machen sich Solarstromanlagen – als Investition in den Klimaschutz und in die eigene Versorgungssicherheit – schnell bezahlt.

Die rasante Entwicklung der Photovoltaik lässt die Nachfrage nach Informationen nicht nur in den Kommunen von Rheinland-Pfalz, sondern auch bundesweit steigen. Die 5. überarbeitete Auflage des Leitfadens soll den Bürgerinnen und Bürgern des Landes Rheinland-Pfalz weiterhin einen schnellen Einstieg in die Thematik ermöglichen und praktische Hinweise zur konkreten Umsetzung vermitteln.



Prof. Dr. Peter Heck

Geschäftsführender Direktor des
Instituts für angewandtes Stoffstrommanagement,
Umwelt-Campus Birkenfeld

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
1 Aufbau und Funktionsweise einer Photovoltaikanlage	6
1.1 Funktionsweise von Solarzellen	6
1.2 Solarzellentypen	7
1.3 Aufbau einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage.....	8
1.4 Leistung von Photovoltaikanlagen.....	9
1.5 Garantie.....	9
2 Installationsvoraussetzungen	10
2.1 Ausrichtung der Photovoltaikanlage.....	10
2.2 Verschattung.....	11
2.3 Flächenbedarf / Leistung der Photovoltaikanlage.....	12
2.4 Anforderungen an das Dach	12
2.4.1 Dachstatik	12
2.4.2 Dacheindeckung	12
2.5 Installationsort des Wechselrichters	13
2.6 Netzanschluss	13
3 Förderung und Finanzierung.....	15
3.1 Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	15
3.1.1 Anschlusszwang und Abnahmepflicht durch den Netzbetreiber	15
3.1.2 Meldepflicht.....	16
3.1.3 Einspeisevergütung	16
3.1.4 Deckung des Eigenbedarfs.....	19
3.2 KfW-Programm „Erneuerbare Energien“	19
3.2.1 Kreditlaufzeit	20
3.2.2 Konditionen	20
3.2.3 Antragstellung	21
4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	22
4.1 Investitionskosten	22
4.2 Betriebskosten	23
4.3 Betriebsdauer	24
4.4 Erlöse aus dem Verkauf elektrischer Energie.....	24
4.5 Betriebswirtschaftliche Bewertung	24
4.6 Beispielrechnung	25

5	Steuerliche Behandlung durch das Finanzamt.....	31
5.1	Umsatzsteuer.....	31
5.2	Einkommensteuer.....	32
5.2.1	Einkommensteuer.....	32
5.2.2	Abschreibung.....	33
5.3	Gewerbsteuer.....	33
6	Bau und Installation.....	34
6.1	Baurechtliche Voraussetzungen.....	34
6.2	Lieferfristen.....	34
6.3	Finanzielle Voraussetzungen.....	34
6.4	Installationsdauer.....	34
6.5	Eigenleistungen.....	35
6.6	Blitzschutz.....	35
6.7	Montage und Gebäudeintegration.....	35
6.7.1	Dachmontage.....	35
6.7.2	Fassadenintegration („Energiefassaden“).....	36
6.7.3	Flachdachaufstellung und freie Aufstellung.....	37
6.7.4	Diebstahlsicherung.....	38
7	Abnahme, Betrieb und Wartung.....	39
7.1	Stromeinspeisevertrag.....	39
7.2	Ab- und Inbetriebnahme.....	39
7.3	Wartung und Betrieb.....	39
7.4	Rechnungsstellung.....	40
7.5	Versicherung der Photovoltaikanlage.....	41
7.5.1	Sachversicherung.....	41
7.5.2	Haftpflichtversicherung.....	41
8	Ökologische Bewertung.....	43
8.1	Energetische Bewertung.....	43
8.2	Reduktion der CO ₂ -Emissionen.....	44
8.3	Entsorgung / Recycling.....	44
9	Ablaufschema.....	45
10	Kontaktadressen.....	46
11	Abkürzungsverzeichnis.....	47

1 Aufbau und Funktionsweise einer Photovoltaikanlage

Die Energie der Sonne bildet eine der wichtigsten Grundlagen für das Leben auf der Erde. Pro Jahr strahlt sie mehr als das 10.000-fache an Energie auf die Erde, wie von der gesamten Weltbevölkerung benötigt wird. Nahezu alle technisch genutzten Energieträger sind direkt oder indirekt auf die Energie der Sonne zurückzuführen, dazu gehören auch Pflanzen am Beginn einer jeden Nahrungskette und alle davon profitierende Lebewesen. Kohle, Öl und Erdgas sind nichts anderes als die Überreste von vorzeitlichen Wäldern und Meeresorganismen, die über Jahrtausende hohem Druck und hohen Temperaturen ausgesetzt waren.

Sonnenstrahlung zählt zu den so genannten regenerativen Energieträgern, d.h. zu den Energiequellen, die gemessen an menschlichen Maßstäben unerschöpflich sind¹. In Zahlen ausgedrückt: Die Sonne ist seit mehr als 5 Mrd. Jahren der wichtigste Energielieferant – und wird es auch für die nächsten 5 Mrd. Jahre sein. Photovoltaikanlagen wandeln das Sonnenlicht unmittelbar in elektrischen Strom um.

In Deutschland werden – außer in abgelegenen Regionen wie beispielsweise auf Berghütten – fast ausschließlich netzgekoppelte Photovoltaikanlagen betrieben, um von der gesetzlich festgelegten Vergütung zu profitieren. Diese sind mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden und speisen den produzierten Strom ein – oder dienen zum unmittelbaren Decken des Eigenbedarfs von Haushalten oder Betrieben. Daher bilden netzgekoppelte Solarstromanlagen den Schwerpunkt dieses Leitfadens.

Der Einsatz von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen auf Gebäuden ist ein Ansatz zu einer dezentralen Energieversorgung. Das heißt eine Verlagerung der Stromproduktion weg von zentralen Großkraftwerken hin zu den Verbrauchern. Bereits durch eine Photovoltaikanlage mit einer Nennleistung von 5 kW_p und einer Größe von ca. 35 m², kann – rein rechnerisch – der Strombedarf eines 4-köpfigen Haushaltes gedeckt werden. Eine Anlage dieser Größe lässt sich in vielen Fällen auf der Dachfläche eines Einfamilienhauses unterbringen.

1.1 Funktionsweise von Solarzellen

Eine Solarzelle besteht aus einer sehr dünnen Schicht eines Halbleitermetalls. In der Regel wird hierzu Silizium verwendet. Das Ausgangsmaterial Quarzsand steht nahezu unbegrenzt zur Verfügung – und kann zudem aus ausgedienten Solarzellen recycelt werden. Diese Schicht aus hochreinem Silizium ist mit Fremdelementen, meist Bor und Phosphor, dotiert (gezielt durchsetzt). So entsteht innerhalb des Halbleitermaterials ein elektrisches Feld. Durch Wechselwirkung mit einstrahlendem Sonnenlicht (innerer Photoeffekt) werden Ladungsträger frei geschlagen und durch das elektrische Feld zu den Kontakten der Solarzelle abgelenkt. Wird der Stromkreis durch einen äußeren Verbraucher geschlossen, kommt schließlich ein elektrischer Strom zu Stande.

Eine einzelne Solarzelle erreicht nur eine geringe Spannung von ca. 0,6 V. Die Stromstärke ist von der Größe der Zelle abhängig. Typische Solarzellen mit einer Größe von 10 x 10 cm erzeugen 2,5-3,5 A Strom. Die Leistung einer einzelnen Zelle beträgt somit nur wenige Watt. 40-80 Solarzellen werden zu einem

¹ Der u.a. in einem wichtigen Gesetz gewählte Begriff „erneuerbare Energie“ ist technisch nicht korrekt: Energie kann weder verbraucht noch erzeugt oder gar erneuert werden. Lediglich eine Umwandlung zwischen verschiedenen Energieformen ist möglich, beispielsweise von Sonnenstrahlen in Strom durch eine Solarzelle, oder die Umwandlung von Elektrizität in Wärme durch eine Herdplatte.

Solarmodul zusammengefasst und erhalten dabei unter anderem eine schützende Deckscheibe aus Glas, einen Rahmen zur Montage und Kabelanschlüsse. Die Module werden dann zu Anlagen verschaltet; eine 1 kW_p-Anlage besteht – je nach Größe der Module und Technologie der Solarzellen – aus ca. 4-12 Modulen.

1.2 Solarzellentypen

Je nach Produktionsverfahren werden Solarzellen in zwei Hauptgruppen unterteilt.

Kristalline Zellen bestehen aus Siliziumkristallen und werden in zwei verschiedenen Ausführungen hergestellt: Monokristalline Zellen (mc-Si) bestehen aus einem einzigen großen Siliziumkristall und erreichen einen Wirkungsgrad von 15-18 %. Polykristalline Zellen (pc-Si) bestehen aus mehreren kleineren Siliziumkristallen. Sie erreichen einen ähnlich hohen Wirkungsgrad von 13-16 %. Bei der Angabe des Wirkungsgrads ist sorgfältig zu unterscheiden, ob sich die Angaben auf eine Solarzelle oder ein Solarmodul beziehen. Bedingt durch den Rahmen und eine nicht vollständige Nutzung der Modulfläche fällt der Wirkungsgrad des Moduls zwangsläufig etwas niedriger aus.



Abbildung 1-1: Polykristallines Modul (oben) und monokristallines Modul (unten)

Die zweite Gruppe bilden *Dünnschicht-Zellen* mit einer großen Vielfalt an Typen. Der Name ist synonym für den Aufbau: Auf ein Trägermaterial werden Schichten von photoaktiven Halbleitern mit einer Stärke im Mikrometer-Bereich aufgebracht.

Eine Variante betrifft aufgedampftes, nicht-kristallines Silizium (*amorphes Silizium*). Zellen aus amorphem Silizium (α -Si) haben gegenüber den kristallinen Zellen einen deutlich geringeren Materialbedarf und niedrigere Herstellungskosten; dafür liegt der Wirkungsgrad bei lediglich 6–8 %. Sie unterscheiden sich in ihrer Charakteristik und liefern auch bei diffusem Licht und nicht optimaler Ausrichtung noch nennenswerte Erträge.

Neben den derzeit noch marktbeherrschenden Silizium-Solarzellen existieren inzwischen eine Reihe anderer Halbleiter-Materialien zur Herstellung von Solarzellen, darunter finden sich Galliumarsenid (GaAs), Gallium-Indium-Phosphid (GaInP₂), Cadmiumsulfid (CdS), Cadmiumtellurid (CdTe), Kupfer-Indium-Diselenid

(CuInSe_2 , CIS) oder Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid ($\text{CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Se}_2$, CIGS). Diese Dünnschichtzellen ähneln in ihrer Charakteristik den amorphen Siliziumzellen. Insbesondere wegen Kostenvorteilen bei der Herstellung wächst der Marktanteil der nicht-siliziumbasierten Solarzellen derzeit stark an. Der Wirkungsgrad variiert je nach Technologie und liegt im Bereich 6-12 %. Im Labor wurden bereits Wirkungsgrade bis 20 % erreicht, doch auch hier wird die Spitzenposition mit ca. 25 % weiterhin von monokristallinen Silizium-Solarzellen gehalten.

Darüber hinaus gibt es experimentelle Solarzellen mit noch höheren Wirkungsgraden (bis 40 %), die bislang lediglich in Spezialanwendungen – wie beispielsweise der Raumfahrt – zum Einsatz kommen. Sie basieren auf Technologien, die mehrere Schichten (*multilayer*) für die Energiewandlung von verschiedenen Wellenlängenbereichen des Sonnenlichts vereinen oder bei denen durch eine optische Linse (*Konzentrator*) der Brennglaseneffekt genutzt wird. Letztere Zellen benötigen eine zum Sonnenstand synchrone Nachführung, damit der Brennfleck immer auf die photoempfindliche Fläche trifft.

1.3 Aufbau einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage

Das Kernstück einer Photovoltaikanlage sind aus Solarzellen bestehende Solarmodule, die das Sonnenlicht in *Gleichstrom* umwandeln. Bevor dieser Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden kann, ist er zunächst mittels Wechselrichter in netzkonformen *Wechselstrom* umzuwandeln. Zusätzlich ist ein Einspeisezähler vorzusehen, der die Menge des in das öffentliche Netz eingespeisten Solarstroms registriert. Anhand dieses Zählers wird die Vergütung für die eingespeiste elektrische Energie berechnet.

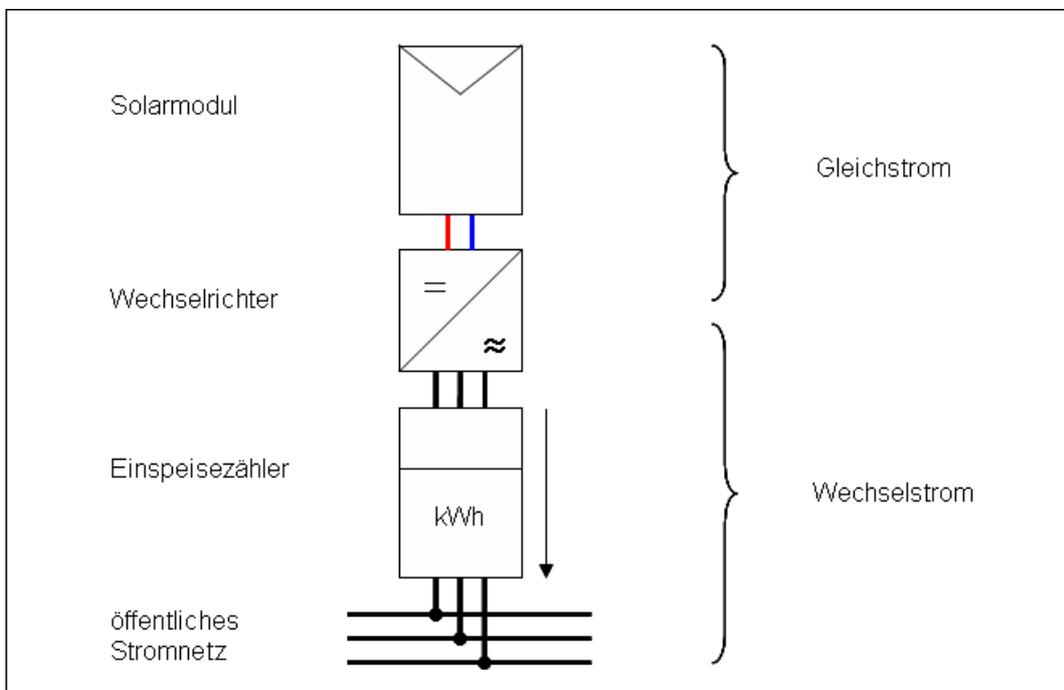


Abbildung 1-2: Schematische Darstellung einer Photovoltaikanlage

Die Anordnung der einzelnen Solarmodule kann in Reihen- oder Parallelverschaltung erfolgen. Ob Reihen- oder Parallelverschaltung günstiger ist, hängt von verschiedenen Faktoren wie Größe der Anlage, mögliche Anordnung der Module auf dem Dach, Anzahl der Wechselrichter usw. ab. In der Regel werden die Module in Reihe verschaltet (siehe auch Kapitel 2.2).

1.4 Leistung von Photovoltaikanlagen

Die Leistung von Photovoltaikanlagen hängt von der Sonneneinstrahlung ab, und variiert daher mit der Jahreszeit, der Tageszeit und der Wetterlage. Zusätzlich sind die Ausrichtung, der Neigungswinkel der Module sowie nicht zuletzt deren Wirkungsgrad zu beachten. Auch die Umgebungstemperatur der Solarmodule ist von Bedeutung: Bei Erwärmung verringert sich die Leistung um ca. 0,5 %/°C. Als Vergleichswert wird daher bei Photovoltaikanlagen immer die Spitzenleistung [Einheit kW_p] unter Laborbedingungen angegeben. Sie wird als Nennleistung der Solarstromanlage bezeichnet und ist definiert als die Leistungsabgabe eines Solarmoduls bei einer Bestrahlungsstärke von 1.000 W/m² und einer Temperatur von 25 °C.

Durch die Temperaturabhängigkeit sinkt der Wirkungsgrad der Solarzellen im Sommer und steigt im Winter – allerdings kann die wesentlich geringere Sonneneinstrahlung im Winter (-25-30 %) damit nur graduell ausgeglichen werden: Bei einer Dachtemperatur im Sommer von 45 °C sinkt der Wirkungsgrad um 10 %, bei Außentemperaturen von 5 °C im Winter steigt er um 10 %. Anders ausgedrückt erreicht eine Solarzelle mit nominell 16 % unter den vorgenannten Bedingungen 14,4 % im Sommer und 17,6 % im Winter.

In Rheinland-Pfalz ist pro Jahr mit einem Energieertrag von 850-900 kWh/kW_p installierter Leistung zu rechnen.

1.5 Garantie

Neben der üblichen *Produktgarantie* (2 Jahre) wird vom Hersteller auf die Solarmodule in der Regel eine *Leistungsgarantie* gegeben. Diese beläuft sich auf eine bestimmte Mindestleistung, meist 80 % der angegebenen Nennleistung für einen Betriebszeitraum von 20-25 Jahren. Insofern besteht bezüglich der Module vom Hersteller eine garantierte Ertragssicherheit. Bei einer Photovoltaikanlage mit einer Nennleistung von beispielsweise 5 kW_p und einer garantierten Leistung von 80 % ergibt sich so eine Garantieleistung von 4 kW_p.

In der Realität fällt die Degradation der Module jedoch deutlich niedriger aus. Erfahrungswerte liegen im Bereich von 10 % Ertragsminderung nach 20 Jahren. Für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist daher diese Leistungsminderung von 10 % auf die Garantiedauer von 20 Jahren zu verteilen. Dabei wird ein linearer Leistungsabfall von jährlich 0,5 % vom Nennwert angenommen. Daraus ergibt sich ein kalkulierbarer Rückgang der prognostizierten Stromerträge.

2 Installationsvoraussetzungen

Die wichtigste Voraussetzung für die Installation einer Photovoltaikanlage ist die Verfügbarkeit einer geeignet ausgerichteten und unverschatteten Fläche. Dies können Dach- oder Freiflächen sein. In der Regel handelt es sich um Dachflächen, die sich in der Regel im Eigentum des Betreibers befinden. Gegebenenfalls können geeignete Dachflächen auch gepachtet werden. Die Standorte der Wechselrichter und Zähler sollten leicht zugänglich sein, um Betrieb und Leistung der Anlage einfach kontrollieren zu können. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass die Geräte vor eindringender Feuchtigkeit, sowie Staub, Regen und Schnee geschützt sind.

2.1 Ausrichtung der Photovoltaikanlage

Die Sonneneinstrahlung und somit der Ertrag hängen sehr stark von der Ausrichtung der Solarstromanlage zur Sonne und dem Neigungswinkel der Photovoltaikmodule ab. Die Dachfläche sollte – in Rheinland/Pfalz – idealerweise mit einem Neigungswinkel von 30-35° nach Süden hin ausgerichtet sein. Bei Abweichungen von der optimalen Ausrichtung vermindert sich der Stromertrag. Die Einbußen bei solchen Abweichungen sind allerdings in weiten Bereichen (Südost bis Südwest) gering. Eine genaue Betrachtung kann mittels einer so genannten Einstrahlungsscheibe durchgeführt werden (Abbildung 2-1). Sie gibt in Abhängigkeit von Ausrichtung und Neigungswinkel die zu erwartende Leistungsstärke der Photovoltaikanlage in Prozent der vom Hersteller angegebenen Nennleistung (kW_p) an. Die dadurch ermittelte Leistung stellt die Grundlage zur Berechnung des Stromertrages dar.

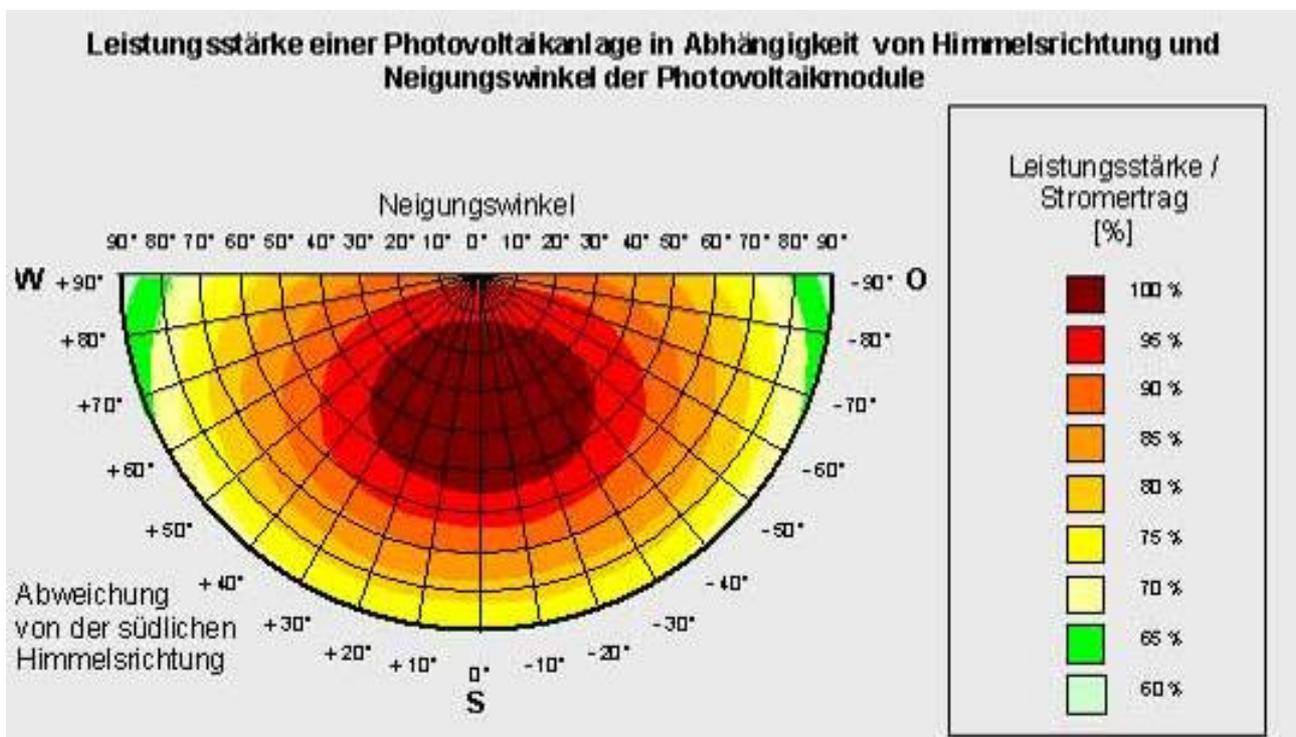


Abbildung 2-1: Einstrahlungsscheibe zur Ermittlung des Stromertrags

Eigene Darstellung in Anlehnung an Einstrahlungsscheibe aus Photon Spezial, 2003

2.2 Verschattung

Es gibt verschiedene Arten von Verschattungen auf Solaranlagen. Zeitweise Verschattungen durch Laub, Schnee, Staub und Ähnliches werden in der Regel durch die Selbstreinigung der Module – mit dem abfließenden Regenwasser – beseitigt. Die Selbstreinigung ist stark vom Aufstellwinkel abhängig. Da diese Verschattungen nur zeitweise und oft in ertragsarmen Zeiten (z.B. Schnee) erfolgen, sind sie meist nicht weiter problematisch.

Von großer Bedeutung hingegen sind standortbedingte Verschattungen zum Beispiel durch Bäume, andere Gebäude oder Gebäudeteile, wie Schornsteine, Antennenanlagen, Dachständer, Dachgauben oder sonstige Dachaufbauten. Diese Verschattungen können zu erheblichen Ertragseinbußen führen. Selbst Teilverschattungen wirken sich meist überproportional aus. So kann die Verschattung einer kleinen Fläche, zum Beispiel durch eine Stromleitung über dem Dach, die Leistung eines ganzen Moduls und im Extremfall sogar der ganzen Anlage deutlich reduzieren. Daher ist möglichst ein unverschatteter Standort zu wählen bzw. sind verschattete Flächen auszusparen. Bei Installation auf einem Flachdach ist zu beachten, dass hintereinander aufgestellte Solarmodule ebenfalls Schatten werfen und daher in einem geeigneten Abstand montiert werden. (siehe Kapitel 6.7.3)

Bei der in der Regel gewählten seriellen Verschaltung (*Reihenschaltung*) der Module schützt eine in die Module bzw. in die Modulanschlussdose integrierte by-pass Diode das (teil-)verschattete Modul vor Schäden und reduziert die durch die Verschattung entstehenden Verluste für die Gesamtanlage.

Wird eine *Parallelschaltung* von Modulen erwogen, so ist eine (Teil-)Verschattung auch nur eines der Module unbedingt zu vermeiden. Andernfalls würde das abgeschattete Modul – ohne zusätzliche Sicherungsmaßnahmen (hier: Serien-Diode) – einen Kurzschluss für die anderen Module darstellen. In der Folge würde die Leistung der Gesamtanlage gegen Null gehen und das abgeschattete Modul sich stark erwärmen. Dabei können irreparable Schäden entstehen.



Abbildung 2-2: Sonnenbahnindikator (links) und Blick durch den Sonnenbahnindikator (rechts)

Eine Abschätzung der Verschattung durch umliegende Gebäude oder Bäume kann mit Hilfe eines Sonnenbahnindikators erfolgen. Der Sonnenbahnindikator projiziert mit Hilfe einer Linse ein 180°-Bild der

Umgebung auf ein Sonnenbahndiagramm, das vor der Linse auf einer Folie abgebildet ist. Gebäude, Bäume oder andere Verschattungsobjekte, sowie die Horizontlinie, welche die eingezeichneten Sonnenbahnen überragen, verschatten zu dem dargestellten Zeitpunkt den Standort, an dem sich der Betrachter mit dem Sonnenbahnindikator befindet. Somit ist es auch für den Laien gut möglich, mögliche Verschattungen und die Eignung eines Standortes für die Errichtung von Photovoltaikanlagen abzuschätzen.

2.3 Flächenbedarf / Leistung der Photovoltaikanlage

Der Flächenbedarf und die Anlagenleistung hängen eng miteinander zusammen. Bei kristallinen Solarzellen wird eine Dachfläche von ca. 6-10 m²/kW_p benötigt. Bei der Verwendung von Dünnschichtzellen muss mit bis zu der doppelten Fläche (ca. 8-16 m²/kW_p) gerechnet werden, da der Wirkungsgrad geringer ist (siehe Kapitel 1.2). Für die Montage der Anlage wird zu den Dachrändern ein Abstand von ca. 1 m eingeplant.

Bei der Flachdachmontage sind die Module für eine bessere Ausnutzung der Sonneneinstrahlung aufzuständern. Eine durch die Aufständering mögliche Verschattung hintereinander stehender Module erfordert einen ausreichenden Abstand zwischen den Modulen. Als Faustregel gilt das Verhältnis Modul- zu Grundfläche von 1 zu 3. Auf 3 m² Grundfläche kann also 1 m² Modulfläche errichtet werden. Dadurch ist der Flächenbedarf für eine Anlage mit gleicher Nennleistung bei der Installation auf einem Flachdach gegenüber einem Schrägdach erheblich größer (siehe hierzu auch Kapitel 6.7.3).

Die Dimensionierung der Photovoltaikanlage richtet sich nach der vorhandenen Dachfläche, den Finanzierungsmöglichkeiten und der Strommenge, die erzeugt werden soll. Aufgrund der seit dem 1. Januar 2009 ebenfalls vorgesehenen Vergütung für Solarstrom, der gemäß § 33 Abs. 2 EEG zur Deckung des Eigenbedarfs herangezogen wird, besteht neben der gesetzlich festgelegten Vergütung für das Einspeisen in das Stromnetz noch ein zusätzlicher Anreiz. Daher gehen die meisten Anlagenkäufer von der nutzbaren Dachfläche aus und nehmen diese als Planungsgrundlage für die Anlagengröße.

2.4 Anforderungen an das Dach

Neben den den Ertrag bestimmenden Eigenschaften des Daches, wie z.B. Ausrichtung, Dachneigung und Verschattung gibt es weitere Anforderungen an die Dacheindeckung, die vor der Installation einer Photovoltaikanlage geprüft werden müssen.

2.4.1 Dachstatik

Aus bautechnischer Sicht muss das Dach für entsprechende Traglasten ausgelegt sein. Das Gewicht der Solarmodule beträgt im Durchschnitt ca. 25 kg/m² und überschreitet damit nicht die in der Regel einkalkulierte Sicherheit, von 15 % der Gesamtlast, des Daches. Im Einzelfall sollte diese Anforderung jedoch überprüft werden.

2.4.2 Dacheindeckung

Bei einer Montage auf älteren Dächern ist deren Restlebensdauer zu prüfen, damit die PV-Anlage während ihrer angestrebten Betriebsdauer von mindestens 20-25 Jahren nicht wegen einer Neueindeckung abgebaut

werden muss. Steht eine Dachsanierung an, sollte diese unbedingt vor der Installation der Photovoltaikanlage erfolgen. Bei einer Ziegeleindeckung wird mit einer Lebensdauer von 50 Jahren gerechnet, dementsprechend ergibt sich ein Richtwert für das maximale Alter der bestehenden Dacheindeckung von ca. 25 Jahren. Entscheidend ist in jedem Fall der aktuelle Dachzustand.

Das Anbringen der Solarmodule ist weitgehend unproblematisch. Eine Ausnahme stellt die Installation auf einem Untergrund aus Asbestzement dar. Dieser Baustoff wurde in der Vergangenheit vielfach in Form von Ebenen Dachschindeln oder gewellten Platten zum Eindecken von Dächern verwendet. Nach heutigem Kenntnisstand geht von unbeschädigten Asbestzementprodukten keine Gefahr aus, da die Krebs erzeugenden Asbestfasern im Zement eingeschlossen sind. Jedoch werden bei der Bearbeitung und besonders beim Anbohren (z. B. für die Verankerung von Solarzellen) Krebs erzeugende Stoffe freigesetzt. Aufgrund des hohen Krebsrisikos unterliegt der Umgang mit Asbestzement strengen staatlichen Regulierungen. Hier sind insbesondere die Gefahrstoffverordnung und die Technische Regel für Gefahrstoffe 519 „Asbest – Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten“ zu erwähnen. In der Gefahrstoffverordnung ist ein Verbot für Überdeckungsarbeiten an Asbestzementdächern festgeschrieben, was einem Verbot für die Installation von Photovoltaikanlagen auf Asbestzementdächern gleich kommt.

Bei weiteren Fragen zum Thema Asbestzementdächer und Photovoltaikanlagen wenden Sie sich bitte an das Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Abteilung 2, Referat 25, Kaiser-Friedrich-Str. 7, 55116 Mainz (Tel.: 0 61 31 / 60 33 12 10 oder e-Mail: steffen.vogt@luwg.rlp.de).

2.5 Installationsort des Wechselrichters

Der Wechselrichter sollte soweit möglich in der Nähe des Zählerschranks installiert werden. Es ist auf eine ausreichende Belüftung zu achten, da beim Betrieb des Wechselrichters eine leichte Erwärmung auftritt.

Die Montage kann unter geeigneten Umgebungsbedingungen auch in der Nähe der Solarmodule erfolgen. Dieser Standort bietet sich vor allem bei langen Wegen zwischen den Modulen und dem Einspeisezähler an. Durch die kürzere Verkabelung auf der Gleichstromseite können der Montageaufwand sowie Leitungsverluste und Installationskosten gesenkt werden.

Für die Wahl des Standortes ist zu beachten, dass die vom Hersteller geforderten Umgebungsbedingungen, dazu zählen im Wesentlichen Feuchtigkeit und Temperatur, einzuhalten sind.

Der Anschluss des Wechselrichters und die Installationen auf der Wechselstromseite, zwischen dem Wechselrichter und dem Einspeisezähler, sind von einem Fachbetrieb auszuführen.

2.6 Netzanschluss

Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen verfügen über eine Verbindung mit dem öffentlichen Stromnetz, im Fachjargon wird von einem *Netzeinspeisepunkt* gesprochen. Zur Bestimmung der eingespeisten Energiemenge wird ein Einspeisezähler zwischen Wechselrichter und Netzeinspeisepunkt angeordnet (Abbildung 1-2, Seite 8).

Der Zählerschrank muss entsprechend den TAB (Technischen Anschlussbedingungen) des zuständigen Energieversorgungsunternehmens ausgeführt und installiert werden. In ihm sind neben dem Einspeisezähler alle vom Energieversorgungsunternehmen geforderten Schalt- und Schutzeinrichtungen integriert.

Die Lage des Netzeinspeisepunktes wird mit dem Energieversorger abgestimmt. Hierzu sieht das überarbeitete EEG in der aktuellen Fassung vom 25. Oktober 2008 eine Regelung vor, die fast alle Photovoltaikanlagen auf Wohngebäuden betrifft. Für eine oder mehrere Anlagen mit einer Leistung von insgesamt bis zu 30 kW_p, die sich auf einem Grundstück mit bereits bestehendem Netzanschluss befinden, definiert § 5 Abs. 1 EEG den bestehenden Verknüpfungspunkt des Grundstücks mit dem Netz (Hausanschluss) als günstigsten Verknüpfungspunkt. Weißt der Netzbetreiber den Anlagen einen anderen Verknüpfungspunkt zu, ist er gemäß § 13 Abs. 2 EEG verpflichtet, die daraus resultierenden Mehrkosten zu tragen. Dementsprechend kann der Netzbetreiber für Anlagen mit einer Nennleistung bis zu 30 kW_p keine Gebühren für eine Netzverträglichkeitsberechnung in Rechnung stellen. Dadurch sind für Anlagen dieser Größenordnung die Netzanschlusskosten bis zum Hausanschluss begrenzt.

Die notwendigen Kosten für Netzanschluss, einschließlich der Messeinrichtungen (Einspeisezähler) trägt der Anlagenbetreiber. Kalibrierte Einspeisezähler können sowohl vom Energieversorgungsunternehmen gemietet, wie auch durch den Anlagenbetreiber beschafft werden. Der Netzanschluss wird vom Netzbetreiber bzw. einem von ihm zugelassenen Elektroinstallateur durchgeführt.

3 Förderung und Finanzierung

Hintergrund für die Förderung von Photovoltaikanlagen und anderen Einrichtungen zur Nutzung regenerativer Energien ist ein Ausbauziel von 20 % des Energiebedarfs (Strom, Wärme, Kraftstoffe) bis zum Jahr 2020 innerhalb der Europäischen Union. 25-30 % der Elektrizität sollen dann mit Hilfe regenerativer Energieträger produziert werden – in Deutschland lag die Quote Ende 2007 noch bei lediglich 13,6 %, dabei dominieren bislang Wind- und Wasserkraftanlagen. Der Beitrag der Photovoltaik liegt bei unter 1 %.

Die Förderung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, einer gesetzlich geregelten Einspeisevergütung und der garantierten Abnahme der durch regenerative Energieträger bereitgestellten Elektrizität durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sowie dem Bereitstellen von zinsgünstigen Darlehen durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

Mit der aktuellen Neufassung des EEG wurde die Einspeisevergütung für Photovoltaikanlagen ab dem 1. Januar 2009 neu strukturiert. Eine besondere Förderung von Fassadenanlagen entfällt, dafür ist erstmals auch eine Vergütung für Strom zur Deckung des Eigenbedarfs vorgesehen. Die stärkere Degression der Vergütung führt zu einer deutlicheren Abnahme der Einspeisevergütung bei Anlagen, die erst in den Folgejahren in Betrieb genommen werden. Damit soll der zu erwartenden Marktentwicklung, sowie dem Erreichen der Ausbauziele für regenerative Energieträger Rechnung getragen werden.

Nach dem Auslaufen des KfW-Programms *Solarstrom Erzeugen* zum Ende des Jahres 2008 besteht im Rahmen des Förderprogramms *Erneuerbare Energien* weiterhin die Möglichkeit, zinsgünstige Darlehen für die Investition in Photovoltaikanlagen zu erhalten. Anders als bei vorherigen Programmen ist der Zinssatz nunmehr von der Bonität des Antragsstellers abhängig und variiert mit ca. $\pm 1,5$ Prozentpunkten um einen, gegenüber dem Vorprogramm erhöhten, Mittelwert.

3.1 Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bildet die Basis für eine ökologisch und volkswirtschaftlich langfristig günstigere Energieversorgung in Deutschland. In der seit 1. Januar 2009 gültigen Fassung des EEG wurden Einspeisevergütungen und andere, beispielsweise den Netzausbau betreffende Regelungen, neu festgelegt.

Das Errichten und der Betrieb von Photovoltaikanlagen werden durch das EEG weiterhin stark gefördert. Diese Förderung basiert auf dem Anschlusszwang und der Abnahme- und Vergütungspflicht durch die Betreiber öffentlicher Stromnetze.

3.1.1 Anschlusszwang und Abnahmepflicht durch den Netzbetreiber

Die Energieversorgungsunternehmen sind gemäß § 8 Abs. 1 EEG verpflichtet, Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien – zum Beispiel Photovoltaikanlagen – an das eigene Netz anzuschließen und den gesamten angebotenen Strom aus diesen Anlagen vorrangig abzunehmen.

Dieser Anschlusszwang besteht auch dann, wenn die Abnahme des Stroms erst durch einen wirtschaftlich zumutbaren Ausbau des Netzes möglich wird. In diesem Fall ist der Netzbetreiber auf Verlangen des Einspeisewilligen zum Netzausbau verpflichtet. Die Umsetzung dieser Regelung ist in der Praxis jedoch

schwer zu realisieren, da keine eindeutige Auslegung für den Begriff des „wirtschaftlich zumutbaren Ausbaus des Netzes“ existiert. Jedoch bestehen bei der Größenordnung von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen auf Gebäuden in der Regel keine Anschlussprobleme. Bis zu einer Größenordnung von 30 kW_p können gemäß § 5 Abs. 1 EEG und § 13 EEG dem Betreiber der Photovoltaikanlage keine Mehrkosten in Rechnung gestellt werden. (siehe Kapitel 2.6).

Gemäß § 8 Abs. 4 EEG ist der nächstgelegene Netzbetreiber zum Anschluss der Photovoltaikanlage verpflichtet. Dies ist für den Anlagenbetreiber ein großer Vorteil, da die Frage der Zuständigkeit eindeutig geklärt ist und kein Käufer für den produzierten Strom gesucht werden muss.

Unbeschadet der Abnahmepflicht für Strom aus erneuerbaren Energien und dafür gegebenenfalls notwendigen Erweiterungen der Netze, haben Netzbetreiber gemäß § 11 EEG in Ausnahmefällen das Recht, die Einspeisung aus Anlagen mit einer Leistung von mehr als 100 kW zu regeln – das bedeutet im Fall einer Netzüberlastung zu reduzieren oder gänzlich einzustellen. Der Anlagenbetreiber muss dafür entsprechende Einrichtungen vorsehen und dem Netzbetreiber einen entsprechenden Zugriff ermöglichen.

3.1.2 Meldepflicht

Gemäß § 16 EEG in Verbindung mit §§ 32 und 33 EEG ist der Netzbetreiber neben dem Anschlusszwang dazu verpflichtet, den angebotenen Strom aus Photovoltaikanlagen mit einer gesetzlich garantierten Mindestvergütung zu vergüten. Die Verpflichtung zur Vergütung des Stroms setzt jedoch voraus, dass für ab dem 1. Januar 2009 in Betrieb genommene Photovoltaikanlagen gemäß § 16 Abs. 2 EEG Standort und Leistung der Photovoltaikanlage der Bundesnetzagentur gemeldet sind. Bereits früher installierte Anlagen sind von dieser Meldepflicht nicht betroffen, wohl aber nachträgliche Erweiterungen von bereits vor dem Stichtag existierenden Anlagen.

Unter der URL <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/15305.pdf> steht ein Onlineformular zur Anmeldung der Solaranlage bereit; weitere Kontaktdaten sind im Kapitel 10 auf Seite 46 aufgeführt.

3.1.3 Einspeisevergütung

Die Dauer dieser garantierten Vergütung beträgt gemäß § 21 Abs. 2 EEG 20 Jahre, zuzüglich der restlichen Monate innerhalb des Inbetriebnahmejahres. Die Höhe der Vergütungssätze ist vom Installationsort der Photovoltaikanlage abhängig. Dabei wird zwischen *Freiflächenanlagen* (§ 32 EEG) und *Photovoltaikanlagen an oder auf Gebäuden* (§ 33 EEG) unterschieden. Die Vergütungssätze für Strom aus Photovoltaikanlagen sind im EEG gemäß §§ 32, 33 EEG für das Basisjahr 2009 festgelegt.

Der vergleichsweise hohe Vergütungssatz gegenüber anderen vom EEG erfassten regenerativen Energieträgern wird als Impuls zum Auslösen einer höheren Nachfrage nach Solarmodulen, aber auch als Signal an die Hersteller betrachtet. Die Massenproduktion soll zu weiter sinkenden Produktions- und damit auch sinkenden Stromgestehungskosten führen. Dies ist im EEG durch eine Degression der Einspeisevergütungen gemäß § 20 EEG vorgesehen.

Der Betrag der Einspeisevergütung wird auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Inbetriebnahmejahr	Freiflächenanlagen		Anlagen an oder auf Gebäuden	
	Degression	Vergütung	Degression	Vergütung
2009		31,94 ct/kWh		43,01 ct/kWh
2010	10,0%	28,75 ct/kWh	8,0%	39,57 ct/kWh
2011	9,0%	26,16 ct/kWh	9,0%	36,01 ct/kWh
2012	9,0%	23,81 ct/kWh	9,0%	32,77 ct/kWh
2013	9,0%	21,67 ct/kWh	9,0%	29,82 ct/kWh
2014	9,0%	19,72 ct/kWh	9,0%	27,14 ct/kWh
2015	9,0%	17,95 ct/kWh	9,0%	24,70 ct/kWh

Tabelle 3-1: Einspeisevergütung für Photovoltaikanlagen mit einer Leistung bis 30 kW_p

Für Anlagen, die an oder auf Gebäuden montiert sind, findet gemäß § 33 EEG eine Staffelung der Einspeisevergütung je nach Leistungsbereich statt.

Leistungsbereich	Freiflächen-Anlagen	Anlagen an oder auf Gebäuden
	Vergütung	Vergütung
bis 30 kW	31,94 ct/kWh	43,01 ct/kWh
30 -100 kW	31,94 ct/kWh	40,91 ct/kWh
100 kW -1 MW	31,94 ct/kWh	39,58 ct/kWh
über 1 MW	31,94 ct/kWh	33,00 ct/kWh

Tabelle 3-2: Einspeisevergütungen für Anlagen unterschiedlicher Leistungsbereiche

Gemäß § 20 Abs. 2a EEG können sich die folgenden Prozentsätze der Degression um jeweils einen Prozentpunkt nach oben oder unten verschieben – je nach Entwicklung des Anlagenbestands.

Inbetriebnahmejahr	Freiflächen-Anlagen	Anlagen an oder auf Gebäuden	
		≤ 100 kW _p	> 100 kW _p
2009	alle Leistungsbereiche		
2010	10%	8%	10%
2011	9%	9%	9%
2012	9%	9%	9%
2013	9%	9%	9%
2014	9%	9%	9%
2015	9%	9%	9%

Tabelle 3-3: Degression der Einspeisevergütung

Die Degressionssätze in Tabelle 3-3 berücksichtigen einen mittleren Ausbau des Anlagenbestands

2009: 1.000-1.500 MW

2010: 1.100-1.700 MW

2011: 1.200-1.900 MW

Die Vergütung für Strom aus Anlagen mit einer Leistung von mehr als 30 kW_p fällt dabei nicht komplett in die betreffende Leistungsklasse. Vielmehr setzt sich der Vergütungssatz anteilig aus den verschiedenen Leistungsbereichen zusammen. Die Formeln in Tabelle 3-4 dienen dafür als Rechenvorschrift.

Anlagen mit $P_{\text{Nenn}} \leq 30 \text{ kW}_p$	
$\text{Vergütungssatz} = 43,01 \text{ ct/kWh}$	
Anlagen mit $P_{\text{Nenn}} \leq 100 \text{ kW}_p$	
$\text{Vergütungssatz} = \left[\left(\frac{30 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 43,01 + \left(\frac{P_{\text{Nenn}} - 30 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 40,91 \right] \text{ ct/kWh}$	
Anlagen mit $P_{\text{Nenn}} \leq 1.000 \text{ kW}_p$	
$\text{Vergütungssatz} = \left[\left(\frac{30 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 43,01 + \left(\frac{70 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 40,91 + \left(\frac{P_{\text{Nenn}} - 100 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 39,58 \right] \text{ ct/kWh}$	
Anlagen mit $P_{\text{Nenn}} > 1.000 \text{ kW}_p$	
$\text{Vergütungssatz} = \left[\left(\frac{30 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 43,01 + \left(\frac{70 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 40,91 + \left(\frac{900 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 39,58 + \left(\frac{P_{\text{Nenn}} - 1.000 \text{ kW}}{P_{\text{Nenn}}} \right) \cdot 33,00 \right] \text{ ct/kWh}$	

Tabelle 3-4: Berechnungsformeln für die Einspeisevergütung bei Anlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 30 kW_p

Am Beispiel einer Photovoltaikanlage (keine Freiflächenanlage!) mit einer Nennleistung von 150 kW_p wird in Tabelle 3-5 die Berechnung des tatsächlichen Vergütungssatzes verdeutlicht.

Leistungsbereich	150 kW Anlage		
	Anteil	Vergütung	gewichtete Vergütung
bis 30 kW	20%	43,01 ct/kWh	8,60 ct/kWh
30 -100 kW	47%	40,91 ct/kWh	19,09 ct/kWh
100 kW -1 MW	33%	39,58 ct/kWh	13,19 ct/kWh
über 1 MW	0%	33,00 ct/kWh	0,00 ct/kWh
tatsächliche Vergütung			40,89 ct/kWh

Tabelle 3-5: Berechnung der tatsächlichen Vergütung bei an oder auf Gebäuden installierten Anlagen am Beispiel einer 150 kW_p-Anlage

3.1.4 Deckung des Eigenbedarfs

Neben der Vergütung für in öffentliche Versorgungsnetze eingespeisten Solarstrom sieht das EEG in der Fassung vom 25. Oktober 2008 erstmals auch eine Vergütung vor, wenn Strom aus Solaranlagen mit einer Nennleistung von maximal 30 kW_p zur Deckung des Eigenbedarfs herangezogen wird. Als besonderer Anreiz zur dezentralen Selbstversorgung erfolgt eine Vergütung mit 25,01 ct/kWh. Sie ist gegenüber der Einspeisevergütung von 43,01 ct/kWh um lediglich 18 ct/kWh reduziert, während die typischen Bezugskosten – netto, das heißt ohne Mehrwertsteuer – für Elektrizität aus öffentlichen Netzen bei ca. 20 ct/kWh liegen. Bei einem künftig zu erwartenden weiteren Anstieg der Strombezugskosten verbessert sich die Bilanz für den Anlagenbetreiber noch weiter.

Voraussetzung für die Vergütung gemäß § 33 Abs. 2 EEG ist, dass der Solarstrom vom Anlagenbetreiber selber oder durch Dritte in unmittelbarer räumlicher Nähe genutzt wird. Dies ist durch entsprechende Zähleranordnungen nachzuweisen.

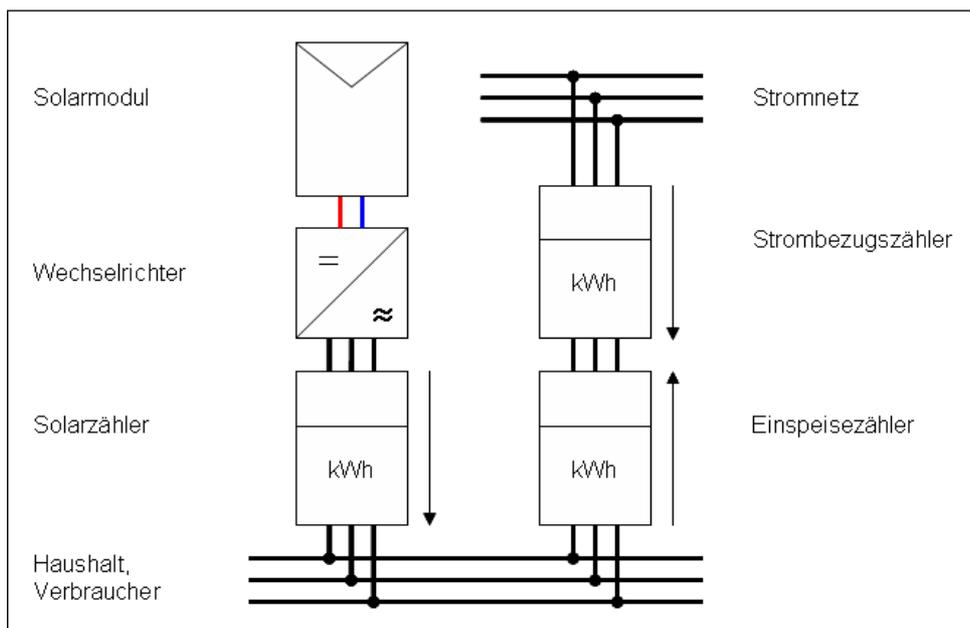


Abbildung 3-1: Anschlussschema für den Nachweis der Eigenbedarfsdeckung

3.2 KfW-Programm „Erneuerbare Energien“

Im Rahmen des von der KfW-Förderbank aufgelegten Kreditprogramms *Erneuerbare Energien* wird der Erwerb, die Errichtung, die Erweiterung von Photovoltaikanlagen sowie der Erwerb eines Anteils an einer Photovoltaikanlage im Rahmen einer GbR (Gesellschaft des bürgerlichen Rechts) zu zinsgünstigen Konditionen finanziert und gefördert. Maßgeblich ist hierfür der Programmteil A *Standard*; der Programmteil B *Premium* findet auf Photovoltaikanlagen keine Anwendung.

Antragsberechtigt sind alle Investoren – dazu zählen in- und ausländische Unternehmen, die sich mehrheitlich in Privatbesitz befinden, Unternehmen, an denen Kommunen, Kirchen oder karitative Organisationen beteiligt sind, Freiberufler, natürliche Personen und gemeinnützige Antragsteller –, die in die

Nutzung erneuerbarer Energien investieren wollen. Im Rahmen dieses Programms werden Photovoltaikanlagen bis zu einem Darlehensvolumen von 10 Mio. € gefördert.

Die Förderung erfolgt in Form eines langfristigen und zinsgünstigen Darlehens zur Deckung der Investitionskosten.

3.2.1 Kreditlaufzeit

Die Kreditlaufzeit beträgt maximal 20 Jahre, bei höchstens drei tilgungsfreien Anlaufjahren. Bei geringeren Kreditlaufzeiten ist die maximale Dauer der tilgungsfreien Anlaufphase kürzer. Für Photovoltaikanlagen bietet sich eine Finanzierung über die durch das EEG und vom Hersteller garantierte Laufzeit von 20 Jahren an.

Bei einer geringeren Laufzeit, von beispielsweise 10 Jahren, kann es durch die höheren Tilgungsbelastungen zu Liquiditätslücken in diesem Zeitraum kommen. Die Wahl der Kreditlaufzeit sollte sich an den individuellen Rahmenbedingungen orientieren und einerseits eine möglichst geringe Zinsbelastung zu fokussieren, andererseits jedoch auch keine Liquiditätslücken entstehen lassen. Eine entsprechende Liquiditätsreserve ist in jedem Fall zu berücksichtigen.

3.2.2 Konditionen

Die Zinssätze liegen in der Regel unterhalb des Kapitalmarktniveaus, sind aber auch dessen Schwankungen unterworfen. Ein Überprüfen mit den Konditionen der Hausbank ist empfehlenswert, da auch die marktüblichen Konditionen zur Baufinanzierung eine konkurrenzfähige Alternative darstellen können. Abweichend von früheren KfW-Programmen ist der Zinssatz unter anderem auch von der Bonität des Antragsstellers abhängig. Über einen Variationsbereich von ca. $\pm 1,5$ Prozentpunkten findet eine Einteilung in sieben Preisklassen (A-G) statt.

Der Zinssatz des KfW-Programms *Erneuerbare Energien* wird bei der Zusage wahlweise für die ersten fünf oder zehn Jahre festgeschrieben. Um eine bessere Kalkulationsbasis zu erreichen ist eine Zinsbindungsfrist von 10 Jahren zu empfehlen. Dies bedeutet, dass bei einer Kreditlaufzeit von bis zu 10 Jahren der Zinssatz über die komplette Laufzeit festgeschrieben ist. Bei einer Kreditlaufzeit von 20 Jahren gilt diese Zinsfestschreibung nur für die Dauer der ersten 10 Jahre. Danach wird der Zinssatz an das Marktniveau angepasst. Bis zu 3 Jahre in der Anlaufphase sind tilgungsfrei.

Die Darlehenssumme kann bis zu 100 % der Investitionskosten betragen. Der Kredithöchstbetrag liegt bei 10 Mio. €, die Auszahlung des Darlehens erfolgt zu 96 %. Das Disagio (Abschlag) von 4 % fließt in die Berechnung des Effektivzinssatzes ein, was eine signifikante Erhöhung des Effektivsatzes gegenüber dem Nominalzinssatz bedingt. Der Effektivzinssatz ist der Gesamtpreis eines Kredits und setzt sich aus Nominalzinssatz und Nebenkosten zusammen. Er wird in Prozent pro Jahr (% p.a.) angegeben und macht Angebote von verschiedenen Kreditinstituten vergleichbar. Ein Disagio von 4 % bedeutet in diesem Fall auch, dass eine Eigenkapital- oder eine zusätzliche Fremdfinanzierung von 4 % erfolgen muss.

Die aktuell gültigen Konditionen der Finanzierungsprogramme können auf der Internetseite der KfW (<https://www.kfw-formularsammlung.de/KonditionenanzeigerINet/KonditionenAnzeiger>) abgerufen werden (Kontaktadresse in Kapitel 10).

3.2.3 Antragstellung

Der Kreditantrag muss grundsätzlich vor Beginn des Vorhabens – beispielsweise dem Abschluss eines Kaufvertrages – gestellt werden. Wurde bereits ein Auftrag vergeben oder mit dem Bau der Anlage begonnen, ist eine Förderung durch die KfW ausgeschlossen. Planungs- und Energieberatungsdienstleistungen gelten dagegen nicht als Vorhabensbeginn.

Die Beantragung des KfW-Kredits erfolgt über ein beliebiges Kreditinstitut, im Normalfall über die Hausbank des Antragstellers. Zu beachten ist, dass kein Anspruch auf die Gewährung des Kredits besteht. Nähere Einzelheiten, z.B. über entsprechende Sicherheiten, sind bei den Kreditinstituten zu erfragen.

Die Bearbeitung durch die KfW erfolgt in der Regel zügig. Die Bearbeitungszeit für KfW-Kredite beträgt von der Antragstellung bis zur Zusage durch die KfW etwa zwei bis drei Wochen. In Ausnahmefällen erstrecken sie sich jedoch auch über mehrere Monate.

4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Photovoltaikanlagen werden heute als Investitionsgüter betrachtet. Nur selten ist die Motivation für das Errichten einer Photovoltaikanlage rein auf Umweltschutzgedanken begründet. Als Grundlage für die Investitionsentscheidung wird daher der finanzielle Aufwand dem individuellen Nutzen gegenübergestellt. Daher ist die Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage von zentraler Bedeutung. Diese kann im Vorfeld durch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung abgeschätzt werden.

Zum Erstellen einer Wirtschaftlichkeitsberechnung sind eine Reihe von Faktoren zu berücksichtigen, Abbildung 4-1 gibt darüber eine Übersicht. Im Folgenden werden die wichtigsten Einflussfaktoren und ihre Wirkung beschrieben. Der künftige Anlagenbetreiber ist damit in der Lage, seine Kosten und Erträge für den konkreten Fall selbst zu ermitteln und zu optimieren.

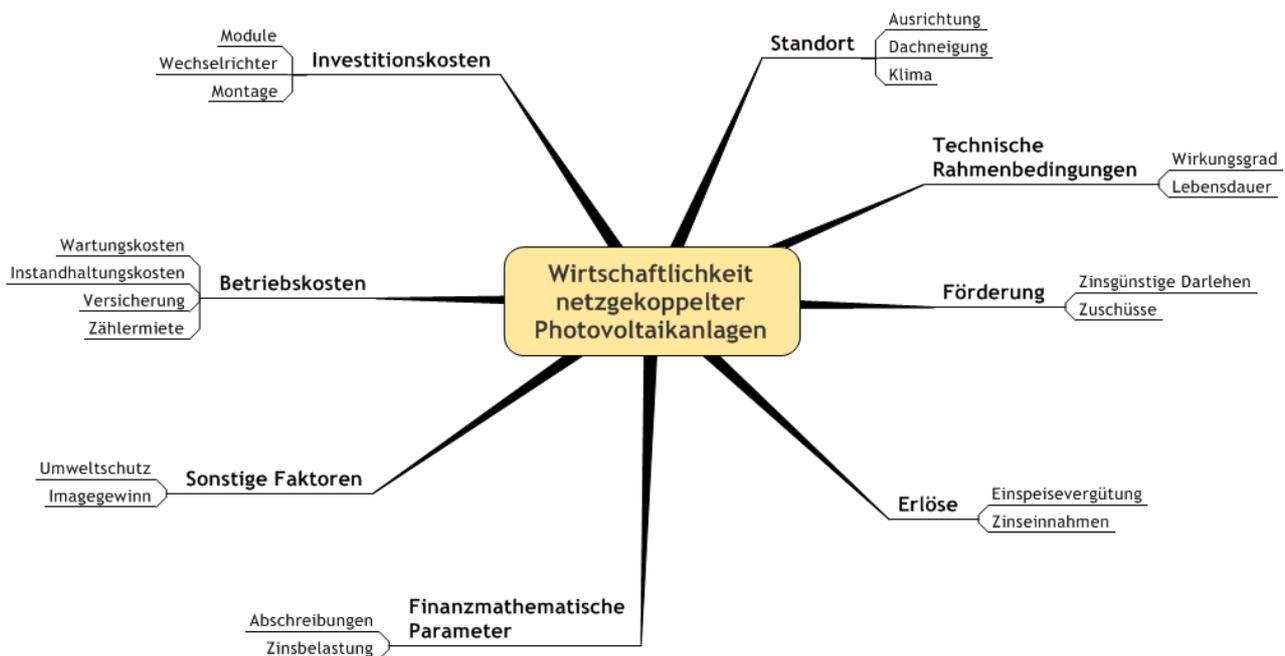


Abbildung 4-1: Einflussparameter auf die Wirtschaftlichkeit netzgekoppelter Photovoltaikanlagen

Eigene Darstellung in Anlehnung an: Photovoltaik – Ein Leitfaden für Anwender, TÜV-Verlag 2000

4.1 Investitionskosten

Über die Wirtschaftlichkeit von Solarstromanlagen wird bereits beim Kauf entschieden. Zum Vergleich verschiedener Photovoltaikanlagen werden die *spezifischen Investitionskosten* der Anlagen herangezogen. Hierzu werden Investitionskosten für das komplette System in Bezug zur Nennleistung der Anlage gesetzt (€/kW_p). Je günstiger die spezifischen Investitionskosten – das heißt, je günstiger die Anlage bei gleicher Leistungsfähigkeit erworben und installiert werden kann –, desto wirtschaftlicher ist auch der Betrieb der Anlage. Den Großteil der Investitionskosten bilden dabei die Modulkosten mit einem Anteil von 60-80 %.

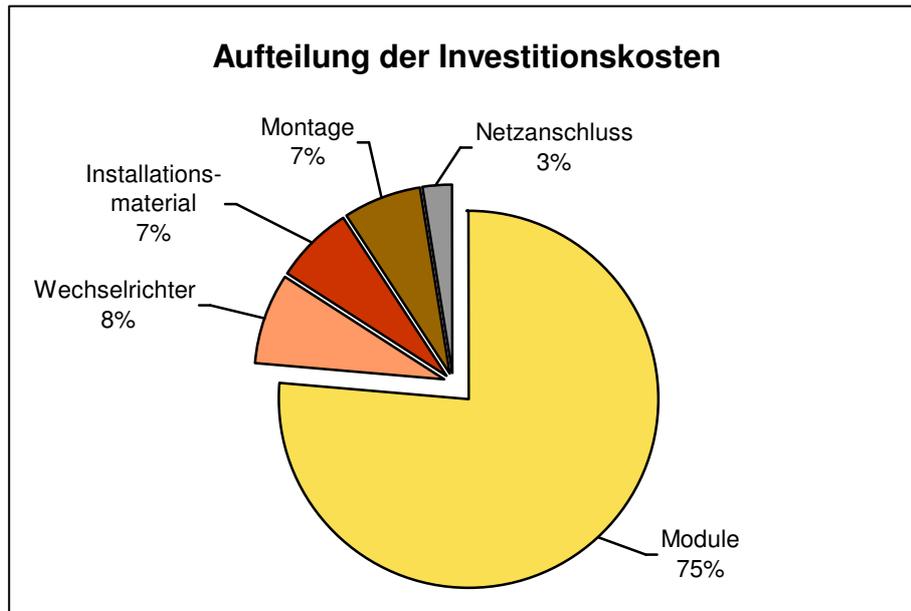


Abbildung 4-2: Aufteilung der Investitionskosten (Erfahrungswerte bei einer 5 kW_p-Anlage)

Die Investitionskosten hängen von der Abnahmemenge bzw. Größe der Anlage, den speziellen Produkteigenschaften (insbesondere dem Wirkungsgrad, vgl. Kapitel 1.2), dem Montageaufwand und den Preisvorgaben der Anbieter / Hersteller ab. Dementsprechend bestehen zwischen den Angeboten zuweilen erhebliche Differenzen.

Die spezifischen Investitionskosten für *schlüsselfertige* Solarstromanlagen der Größenordnung 5 kW_p bewegten sich Ende 2008 bei 4.500 €/kW_p (netto). Aktuell, im Frühjahr 2009 liegen die Preise bei 3.900 €/kW_p mit weiter fallender Tendenz. Das entspricht Bruttopreisen (inkl. MwSt) von ca. 4.600 €/kW_p.

4.2 Betriebskosten

Bei Photovoltaikanlagen entfällt im Gegensatz zu konventionellen Kraftwerken ein Brennstoffkreislauf und somit die Kosten für Brennstoffe und die Entsorgung anfallender Rückstände. Darüber hinaus gibt es keine mechanisch oder thermisch stark beanspruchten Teile, die eine regelmäßige Überwachung oder häufige Instandhaltungsarbeiten erfordern. Da die Module in der Regel durch den Regen gereinigt werden, beschränkt sich die Wartung im Wesentlichen auf Kontrolltätigkeiten. Dennoch sollte entsprechend dem Vorsichtsprinzip eine kleine Rücklage für den eventuellen Ersatz defekter Teile gebildet werden.

Gegebenenfalls ist der Austausch des Wechselrichters zu berücksichtigen, da noch nicht bei allen Modellen mit einer Betriebsdauer von 20 Jahren zu rechnen ist. Empfehlenswert ist hier eine entsprechende Garantieverlängerung. Ansonsten liegen die Kosten für einen Ersatz in der Regel weit unter den Investitionskosten bei der Erstausrüstung, da meist generalüberholte Austauschgeräte verwendet werden.

Weiterhin sind in den Betriebskosten auch die Versicherungsbeiträge entsprechend Kapitel 7.5 zu berücksichtigen. In Summe bewegen sich die Betriebskosten für eine Solarstromanlage damit auf einem niedrigen Niveau.

4.3 Betriebsdauer

Um entsprechende Aussagen zur Wirtschaftlichkeit treffen zu können, müssen für die voraussichtliche Dauer des Anlagenbetriebes die anfallenden Kosten und Erlöse gegenübergestellt werden. Bei der heute üblichen Ertragsgarantie für Solarmodule über einen Zeitraum von 20-25 Jahren und garantierten festen Einspeisevergütungen gemäß EEG über eine Dauer von 20 Jahren, zuzüglich der restlichen Monate im Inbetriebnahmejahr, ist mindestens von einer 20-jährigen Dauer des Anlagenbetriebes auszugehen. Die tatsächliche Lebensdauer der Anlage (30-40 Jahre) wird diesen Zeitraum aller Voraussicht nach überschreiten.

4.4 Erlöse aus dem Verkauf elektrischer Energie

Die Erlöse aus dem Stromverkauf lassen sich durch die garantierten Mindestvergütungen nach §§ 32, 33 EEG (Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2) und der prognostizierten Einstrahlung sehr gut kalkulieren.

Die Einspeisevergütungen werden in der Regel jährlich abgerechnet, können aber in kürzeren Intervallen (z. B. vierteljährlich) in Rechnung gestellt werden, so dass die Einnahmen zeitnah erfolgen.

4.5 Betriebswirtschaftliche Bewertung

Zur Beurteilung einer Investition ist eine Aussage über die Vorteilhaftigkeit dieser Investition notwendig.

Als Bewertungskriterien können

- die Kosten,
- der Gewinn (Differenz zwischen Erlösen und Kosten),
- die Rentabilität (Verhältnis zwischen Gewinn und durchschnittlich gebundenem Kapital) sowie
- die Amortisationszeit (Zeitspanne, in der die Überschüsse den Kapitaleinsatz der Investition erwirtschaftet haben)

dienen. Diese vier Faktoren betrachten die Investition jedoch nur unter statischen Bedingungen. Das bedeutet, sie beziehen sich nur auf ein Betriebsjahr, berücksichtigen keine gegenseitigen Abhängigkeiten und keine Auswirkungen von Geldwertveränderungen (Inflation). Aus diesem Grund sind sie nur bedingt für eine Investitionsentscheidung geeignet.

Eine Investitionsentscheidung sollte daher auf Basis dynamischer Investitionsrechnungen erfolgen, die den zeitlichen Anfall von Kosten und Erlösen über die gesamte Betriebsdauer betrachten. Hierzu berücksichtigen sie einen Kalkulationszinssatz, der zum Beispiel an internen Renditeerwartungen oder externen Faktoren (wie Fremdkapitalzinsen oder Inflationsrate) orientiert ist, da für einen Anlagenbetreiber ein Euro heute einen größeren Wert darstellt, als zu einem späteren Zeitpunkt.

Geeignete Bewertungskriterien sind hierbei der interne Zinsfuß sowie die Annuitätenmethode.

Der interne Zinsfuß entspricht der Rendite einer Investition und somit dem Zinssatz, mit dem das eingesetzte Kapital wächst. Er stellt eine gute Basis zum Vergleich der Rendite mit anderen Anlageformen dar. Er ist

vergleichbar mit dem Zins, den der Betreiber beim Anlegen desgleichen Betrages auf ein Sparbuch innerhalb desselben Zeitraums, erhält.

Bei der Gewinnannuität einer Investition handelt es sich um den Betrag, den die Investition jährlich über den Kalkulationszinsfuß (z. B. Inflationsrate) hinaus erwirtschaftet.

Für einen Vergleich ist jedoch der interne Zinsfuß am Besten geeignet, da sich dieser mit den Renditen alternativer Anlageformen (z.B. Geldanlage bei der Bank) vergleichen lässt. Eine solche Renditeberechnung wird oft von den Anbietern bei der Angebotsabgabe mit erstellt.

4.6 Beispielrechnung

Aufgrund der derzeitigen Situation auf dem Photovoltaikmarkt kann in der Regel von einem wirtschaftlichen Betrieb einer Solarstromanlage ausgegangen werden. Konkrete Auskunft liefert eine Wirtschaftlichkeitsberechnung, für die die Basisdaten in Tabelle 4-1 dargestellt sind. In diesem Beispiel wird von einer Photovoltaikanlage auf einem Wohngebäude mit einer Nennleistung von 5 kW_p ausgegangen. Als Grundlage zur Ermittlung der Einspeisevergütungen wird ein durchschnittlicher Standort mit einem Brutto-Jahresstromertrag von jährlich 875 kWh/kW_p angenommen.

Die Einteilung der Betriebsdauer erfolgt entsprechend der Einteilung nach dem EEG in das Jahr der Installation (Inst.-Jahr), und die darauf folgenden 20 Betriebsjahre. Als Datum der Inbetriebnahme wird der 1. Juni 2009 gewählt.

Die Ertragsminderungen aufgrund des Leistungsverlustes der Anlage über die Betriebszeit wurden mit einer jährlichen Degression von 0,5 Prozent berücksichtigt. Hierbei handelt es sich um Erfahrungswerte, die – gegenüber der Leistungsgarantie der Hersteller – auf einen deutlich geringeren Rückgang der Leistung hindeuten.

Die Kalkulation erfolgt ohne die Berücksichtigung der Mehrwertsteuer auf Basis von Nettopreisen, da die Mehrwertsteuer für einen Gewerbebetrieb nur einen durchlaufenden Posten darstellt. Der Betrieb einer Photovoltaikanlage stellt aus steuerrechtlichen Gesichtspunkten ein Gewerbe dar, auch wenn keine Gewerbeanmeldung erforderlich ist (vergleiche hierzu Kapitel 5.2 Einkommensteuer).

Mit Blick auf die gegenwärtige Marktentwicklung werden als spezifische Investitionskosten für eine schlüsselfertige Photovoltaikanlage 3.500 €/kW_p (netto) angesetzt. Dies ergibt für die angenommene 5 kW_p-Anlage ein Gesamtinvestitionsvolumen von 17.500 €, ohne Mehrwertsteuer. Zusätzlich wird ein Eigenkapital von 1.365 € benötigt. Es dient zur Finanzierung des Disagios für das KfW-Darlehen in Höhe von 840 € und für eine Liquiditätsreserve in Höhe von 525 €. Die Finanzierung der Anlage soll durch das KfW-Programm *Erneuerbare Energien* erfolgen. Als Rahmenbedingungen wird ein Nominalzinssatz von 4,35 % p.a. (5,02 % eff., Preisklasse C, Stand 1. April 2009) und eine Auszahlung von 96 % angenommen. Die Laufzeit des KfW-Kredits beträgt 20 Jahre.

Ausgangsdaten	Netto	MwSt	Netto
Allgemeine Daten			
Aufstellfläche			Gebäude/Lärmschutzwand
Jahr			2009
Monat			Jun
Inflation			2,00%
vorsteuerabzugsberechtigt			ja
Abschreibung			degressiv
Investition			
Anlagekosten (schlüsselfertig)			
Anlagengröße:			5,00 kWp
Spezifische Kosten pro kWp	3.500,00 €	0,00 €	3.500,00 € (Netto)
Gesamtkosten Photovoltaikanlage	17.500,00 €	0,00 €	17.500,00 € (Netto)
Finanzierung			
Eigenkapital			
Fördermittel (nicht rückzahlbar)			1.137,50 €
KfW - Erneuerbare Energien			0,00 €
Zinssatz (nom.) (Stand 16.01.2009)			4,35% p.a.
Laufzeit			20 Jahre
Zinsbindung			10 Jahre
Zinssatz Restlaufzeit			6,00% p.a.
Auszahlung			96,00%
Tilgungsfreie Jahre			3 Jahre
max. Finanzierungsanteil			100,00%
max. Darlehenssumme			10.000.000,00 €
Kontokorrentkredit			
Sollzinssatz (nom.)			12,00%
Einnahmen			
Brutto - Jahresstromertrag pro kWp			875 kWh/a
Sicherheitsabschlag			0,0%
jährliche Ertragsminderung			0,50% p.a.
Einspeisevergütung (netto)			0,4301 €/kWh
Habenzins für Liquiditätsreserve			1,50%
Ausgaben			
Betriebs- und Verwaltungskosten			
Versicherung	75,00 €	0,00 €	75,00 € pro Jahr
- Prämie pro kWp	8,00 €		
- Mindestprämie	75,00 €		
Betriebsführung / Wartung / Zählermiete	100,00 €	0,00 €	100,00 € pro Jahr
- in % der Investsumme	0,50%		0,5%
- Mindestsumme	100,00 €		
Jahresabschluss und Steuerberatung	0,00 €	0,00 €	0,00 € pro Jahr
Pacht			0,00 € pro kWp und Jahr
Wechselrichteraustausch			
Kosten für Wechselrichter pro Watt	0,30 €	0,00 €	0,30 € pro Watt
Leistung in Bezug zur Anlagenleistung			100%
Kostenminderung pro Jahr	8%		
Austauschintervall			13 Jahre
Gesamtkosten Wechselrichteraustausch	507,38 €	0,00 €	507,38 € (Netto)
Liquiditätsreseve			
Liquiditätsreserve zu Beginn	2,50%	Prozent vom Invest =	437,50 €
maximale Liquiditätsreserve	5,00%	Prozent vom Invest =	875,00 €
Steuerliche Betrachtung			
Steuersatz			30%
Gewerbesteuerhebesatz			352%

Tabelle 4-1: Basisdaten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung einer 5 kW_p Photovoltaikanlage

Mit den in Tabelle 4-1 festgelegten Basisdaten wird ein Investitions- und Finanzierungsplan (Tabelle 4-2) erstellt, der eine Übersicht über die Höhe der erforderlichen Investitionsmittel sowie deren Herkunft gibt.

Investitions- und Finanzierungsplan		
A - Investitionsplan (Mittelverwendung)		
Gesamtkosten Photovoltaikanlage	17.500,00 €	
Förderfähige Investitionskosten	17.500,00 €	
Disagio Bankdarlehen (Annuität)	0,00 €	
Liquiditätsreserve	437,50 €	
Gesamtinvestitionssumme	18.637,50 €	
Gesamtkosten pro kWp	3.727,50 €	
B - Finanzierungsplan (Mittelherkunft)		
Eigenkapital		6,10%
Eigenkapital	1.137,50 €	
Fremdkapital		93,90%
KfW - Erneuerbare Energien	17.500,00 €	
ERP - Dalehen	0,00 €	
KfW - Umweltprogramm	0,00 €	
KfW - Infrastrukturprogramm	0,00 €	
Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)	0,00 €	
Bankdarlehen (Annuität)	0,00 €	
	17.500,00 €	
Gesamtinvestitionssumme	18.637,50 €	100,00%

Tabelle 4-2: Finanzierungsplan für eine 5 kW_p Photovoltaikanlage

Um die Frage zu beantworten, ob eine Fremd- oder eine Eigenfinanzierung zweckmäßig ist, hilft Tabelle 4-3. Bei der Fremdfinanzierung wird nur ein geringer Betrag an Eigenkapital investiert, die anfallenden Zinsen schmälern jedoch die Erträge aus der Einspeisevergütung. Bezogen auf den geringen Eigenkapitaleinsatz kann dabei eine vergleichsweise hohe Rendite erzielt werden.

Demgegenüber steht die Eigenfinanzierung, bei der die gesamte Investitionssumme als Eigenkapital eingebracht wird. Die auf das Eigenkapital bezogene Rendite ist in der Regel geringer als bei der Fremdfinanzierung. Durch die entfallenden Darlehenszinsen kann jedoch der erwirtschaftete Gewinn steigen.

Rendite (der Einlage) vor Steuern	KfW-Darlehen	Eigenfinanzierung
Eigenkapital	1.138 €	17.938 €
Kapitalrückfluss	4.651 €	33.059 €
% vom Eigenkapital	409%	184%
kumulierter Gewinn	3.514 €	15.121 €
Interner Zinsfuß des Eigenkapitals	26,3%	5,7%
Interner Zinsfuß (Gesamtkapitalrendite)	5,3%	5,7%

Tabelle 4-3: Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Eigen- und Fremdfinanzierung

Die Angaben in Tabelle 4-3 beruhen auf der Annahme einer Kreditvergabe durch die KfW im Förderprogramm *Erneuerbare Energien* in der Preisklasse C. Die Höhe der Kreditzinsen ist maßgeblich für das Ergebnis der Fremdfinanzierung verantwortlich.

Das Erstellen der Wirtschaftlichkeitsprognose (Tabelle 4-4) erfolgt in vier Teilbereichen:

- 1 Einnahmen - Ausgaben
- 2 Gewinn- und Verlustrechnung (vor Steuern)

- 3 Liquiditätsrechnung
- 4 Rendite (vor Steuern)

Unter dem Punkt Einnahmen - Ausgaben Pos. (1) erfolgt die Berechnung des Einnahmeüberschusses (Pos. 1.3). Er entspricht der Differenz zwischen allen Einnahmen (Pos. 1.1) und Ausgaben (Pos. 1.2), jedoch ohne Abschreibung (Pos. 2.1) und Tilgung (Pos. 3.1).

Als Kalkulationsgrundlage für die Kosten, die einer Inflation unterliegen, dient das Installationsjahr. Ab dem ersten Betriebsjahr wurden für die Versicherungskosten sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten eine Inflationsrate von 2,0 % zugrunde gelegt.

Die Ermittlung der Gewinn- und Verlustrechnung (Pos. 2) als Basis zur Berechnung der Steuern (siehe Kapitel 5) erfolgt unter Berücksichtigung der Abschreibungen (siehe Kapitel 5.2.2). Hier wurde eine degressive Abschreibung über die ersten 13 Jahre und eine lineare Abschreibung über die restlichen Jahre der 20-jährigen Abschreibungsfrist zugrunde gelegt. Da hier jedoch keine konkreten Tilgungszahlungen vorgenommen werden, stellt diese Berechnung nicht den tatsächlichen Zahlungsverlauf dar, sondern ist nur die Grundlage zur Ermittlung der Forderungen oder Verbindlichkeiten gegenüber den Finanzbehörden.

Die Ermittlung des tatsächlichen Zahlungsverlaufs erfolgt in der Liquiditätsrechnung (Pos. 3) unter Berücksichtigung der Darlehenstilgung (Pos. 3.1) für das KfW-Darlehen. Pos. 3.2 stellt der Barüberschuss im laufenden Betriebsjahr dar. Auszahlungen an den Anlagenbetreiber sind unter dem Punkt Ausschüttungen (Pos. 3.3) aufgeführt. Bei deren Berechnung sind Rückstellungen für den Austausch des Wechselrichters und eine allgemeine Liquiditätsreserve zu berücksichtigen. Die Summe der jährlichen Überschüsse abzüglich der Ausschüttungen wird in der kumulierten Liquiditätsreserve (Pos. 3.4) dargestellt.

Die Renditeberechnung vor Steuern (Pos. 4) erfolgt auf Basis der Ausschüttungen. Die Summe der Ausschüttungen (Pos. 2.1) über 20 Jahre ergibt den Kapitalrückfluss (Pos. 4.2) innerhalb der Gesamtlaufzeit an den Betreiber. Um eine Relation zum eingesetzten Kapital aufzuzeigen wird neben dem absoluten Betrag in Euro (4.651 €) auch der Prozentsatz (409 %) bezogen auf das Eigenkapital (1.138 €) angegeben. Das eingesetzte Eigenkapital (Pos. 4.1) wird dementsprechend ca. 4-fach zurückgezahlt.

Zur Ermittlung des Gewinns über die gesamte Laufzeit (Pos. 4.3) wird vom Kapitalrückfluss (Pos. 4.2) das eingesetzte Eigenkapital (Pos. 4.1) in Höhe von 1.138 € abgezogen. Im vorliegenden Fall ergibt dies einen Gewinn (Pos. 4.3) von 5.024 € über die Gesamtlaufzeit.

Eine Basis zur Investitionsentscheidung bildet der interne Zinsfuß (Pos. 4.4). Als Berechnungsgrundlage dienen hierzu die zeitlichen Verläufe der Ausschüttungen und des eingesetzten Eigenkapitals. In dem gegebenen Beispiel beträgt die Eigenkapitalrendite 26,3 % p. a. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist dies eine aussagekräftige Kennzahl, da Sie auf den Ausschüttungen an den Anlagenbetreiber basiert und die Rendite des eingesetzten Kapitals angibt.

Die Gesamtkapitalrendite (Pos. 4.5) bezieht – neben dem eingesetzten Eigenkapital – zusätzlich auch das Fremdkapital aus der KfW-Finanzierung mit ein. Als Berechnungsgrundlage dienen hierzu die zeitlichen Verläufe der Ausschüttungen plus der Zins- und Tilgungszahlungen im Verhältnis zu den gesamten Investitionskosten. Im gegebenen Beispiel beträgt sie 5,3 % p. a.

Die hier vorgestellte Beispielrechnung kann nur eine Vorlage für eine standortspezifische Berechnung darstellen. Für jede Anlage und jeden Standort ist individuell eine Wirtschaftlichkeitsprognose zu erstellen.

Wirtschaftlichkeitsprognose einer PV-Anlage		Invest PV-Anlage																	Fremdkapital:				
		5,0 kW																	17.500 €				
GuV für Betrieb gewerblicher Art		Nennleistung:																	17.500 €				
		1.138 €																					
Invest PV-Anlage		17.500 €																					
		Eigenkapital:																					
		1.138 €																					
Inst.-Jahr	2009	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr	6. Jahr	7. Jahr	8. Jahr	9. Jahr	10. Jahr	11. Jahr	12. Jahr	13. Jahr	14. Jahr	15. Jahr	16. Jahr	17. Jahr	18. Jahr	19. Jahr	20. Jahr	Summen	
1 Einnahmen - Ausgaben (ohne AfA und Tilgung)																							
1.1 Einnahmen	1.154 €	1.872 €	1.863 €	1.854 €	1.844 €	1.835 €	1.826 €	1.817 €	1.808 €	1.799 €	1.790 €	1.781 €	1.772 €	1.763 €	1.754 €	1.745 €	1.737 €	1.728 €	1.719 €	1.711 €	1.702 €	17.026 €	
Zinsentnahmen (Liquiditätsreserve)	8 €	22 €	28 €	24 €	21 €	21 €	21 €	21 €	21 €	21 €	20 €	19 €	18 €	17 €	9 €	7 €	6 €	4 €	2 €	1 €	1 €	17 €	
Gesamteinnahmen	1.163 €	1.894 €	1.891 €	1.878 €	1.865 €	1.856 €	1.847 €	1.838 €	1.829 €	1.819 €	1.809 €	1.800 €	1.790 €	1.780 €	1.773 €	1.763 €	1.753 €	1.742 €	1.732 €	1.721 €	1.712 €	1.703 €	37.203 €
1.2 Ausgaben	44 €	77 €	78 €	80 €	81 €	83 €	84 €	86 €	88 €	90 €	91 €	93 €	95 €	97 €	99 €	101 €	103 €	105 €	107 €	109 €	111 €	1.902 €	
Versicherungen	58 €	102 €	104 €	106 €	108 €	110 €	113 €	115 €	117 €	120 €	122 €	124 €	127 €	129 €	132 €	135 €	137 €	140 €	143 €	146 €	149 €	2.537 €	
Betriebsunterhaltung / Wartung / Zählermiete	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Wechselaustausch	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Zinsen KfV-erneuerbare Energien	571 €	761 €	761 €	755 €	725 €	692 €	657 €	621 €	583 €	544 €	644 €	637 €	576 €	512 €	445 €	372 €	286 €	215 €	129 €	37 €	0 €	10.536 €	
Gesamtausgaben	673 €	940 €	943 €	941 €	916 €	885 €	822 €	788 €	753 €	733 €	733 €	739 €	698 €	536 €	460 €	379 €	299 €	260 €	15.489 €				
1.3 Einnahmenüberschuss	490 €	954 €	948 €	937 €	951 €	971 €	983 €	1.016 €	1.040 €	1.067 €	952 €	946 €	992 €	1.042 €	980 €	1.145 €	1.206 €	1.272 €	1.342 €	1.413 €	1.459 €	21.714 €	
2 Gewinn- und Verlustrechnung (mit AfA)																							
2.1 Abschreibungen	2.223 €	1.949 €	1.710 €	1.500 €	1.317 €	1.157 €	1.017 €	894 €	787 €	693 €	610 €	589 €	528 €	528 €	528 €	528 €	528 €	528 €	528 €	528 €	528 €	51 €	18.707 €
Gewinn & Verlust (vor Steuern)	-1.733 €	-995 €	-762 €	-564 €	-368 €	-186 €	-24 €	122 €	254 €	374 €	341 €	356 €	466 €	515 €	561 €	618 €	680 €	745 €	816 €	887 €	949 €	1.409 €	
Kumulierter GuV	-1.733 €	-3.728 €	-3.468 €	-4.053 €	-4.419 €	-4.605 €	-4.630 €	-4.508 €	-4.254 €	-3.881 €	-3.539 €	-3.183 €	-2.718 €	-2.202 €	-1.641 €	-1.023 €	-343 €	402 €	1.218 €	2.105 €	3.514 €		
3 Liquiditätsrechnung (mit Tilgung)																							
3.1 Darlehens Tilgung KfV-erneuerbare Energien	0 €	0 €	0 €	543 €	752 €	786 €	820 €	857 €	894 €	934 €	939 €	962 €	1.042 €	1.106 €	1.174 €	1.246 €	1.323 €	1.404 €	1.490 €	1.207 €	0 €	17.500 €	
Gesamttilgung	0 €	0 €	0 €	543 €	752 €	786 €	820 €	857 €	894 €	934 €	939 €	962 €	1.042 €	1.106 €	1.174 €	1.246 €	1.323 €	1.404 €	1.490 €	1.207 €	0 €	17.500 €	
3.2 Jahresüberschuss (vor Ausschüttung)	490 €	954 €	948 €	934 €	951 €	971 €	983 €	1.016 €	1.040 €	1.067 €	952 €	946 €	992 €	1.042 €	980 €	1.145 €	1.206 €	1.272 €	1.342 €	1.413 €	1.459 €	4.214 €	
3.3 Ausschüttung	0 €	499 €	948 €	394 €	199 €	185 €	172 €	159 €	146 €	132 €	13 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	3.269 €	
3.4 Barüberschuss (nach Ausschüttung)	490 €	455 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	-36 €	-50 €	-65 €	-84 €	-102 €	-117 €	-132 €	-148 €	-206 €	1.037 €	945 €	
3.5 Kumulierte Liquiditätsreserve (Kontostand)	927 €	1.382 €	1.382 €	1.382 €	1.382 €	1.382 €	1.382 €	1.382 €	1.382 €	1.382 €	1.382 €	1.346 €	1.296 €	1.231 €	637 €	536 €	419 €	287 €	199 €	345 €	1.392 €		
4 Rendite (der Einlage) vor Steuern																							
4.1 Eigenkapital	1.138 €																						
4.2 Kapitalrückfluss	1.891 €																						
4.3 Kumulierter Gewinn	951 €																						
4.4 Interner Zinsfuß des Eigenkapitals	28,3%																						
4.5 Interner Zinsfuß (Gesamtkapitalrendite)	5,3%																						

Alle Ergebnisse der Berechnung sind überschlägig vom Wetter und technischen Faktoren der tatsächlichen Anlagenkonfiguration abhängig.

409% auf das eingesetzte Kapital

Tabelle 4-4: Beispielhafte Wirtschaftlichkeitsberechnung für eine 5 kW_p Photovoltaikanlage

Die grafische Gegenüberstellung der Zahlungsströme verdeutlicht die Wichtigkeit einer vollständigen Betrachtung der Zeitreihen: Neben der nachlassenden Leistungsfähigkeit der Module werden hier die Bedeutung der Barreserve sowie der hohe Einnahmenüberschuss in späteren Betriebsjahren offensichtlich.

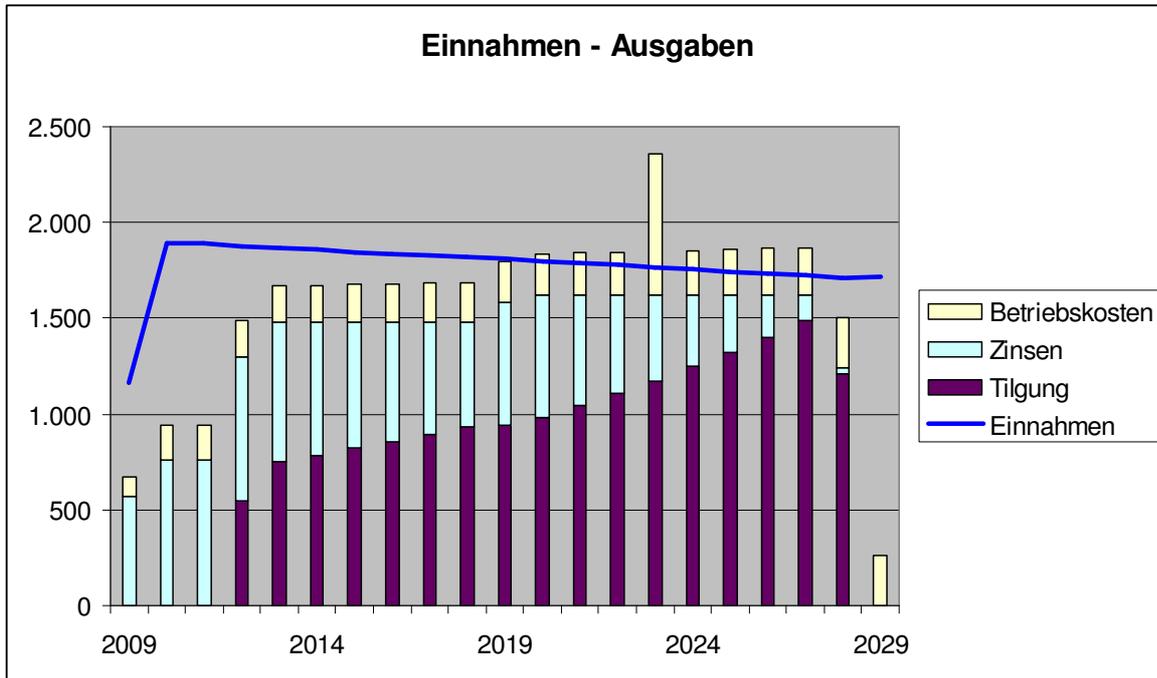


Abbildung 4-3: Einnahmen und Ausgaben während der Rückzahlungsphase des KfW-Darlehens

Die tilgungsfreien Jahre zu Beginn der Betriebszeit erlauben hohe Ausschüttungen. Die Barreserve dient vor allem zur späteren Deckung der Finanzierungskosten aufgrund sinkender Stromeinspeisung und für den Austausch des Wechselrichters.

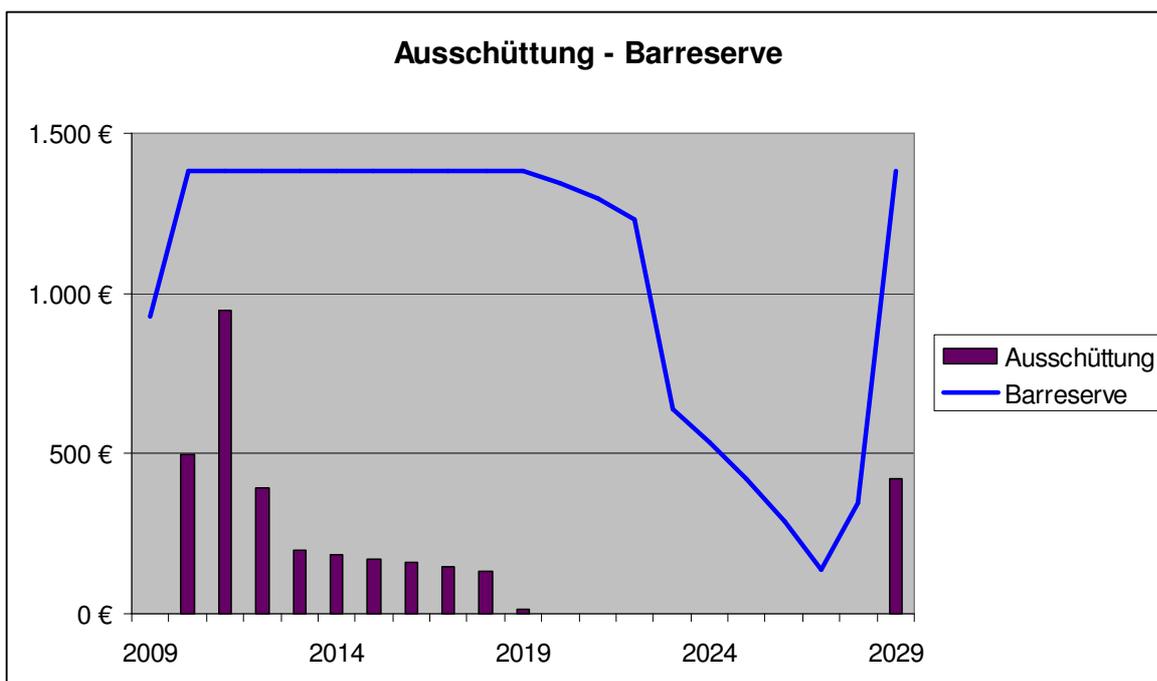


Abbildung 4-4: Ausgeschüttete Erträge und Kontostand der Barreserve

5 Steuerliche Behandlung durch das Finanzamt

Vor dem Errichten und dem Betrieb einer Solaranlage sollte sich der künftige Anlagenbetreiber mit Aspekten der Umsatz-, Einkommens- und Gewerbesteuer beschäftigen. Im Zweifelsfall ist eine professionelle Steuerberatung hinzuziehen.

5.1 Umsatzsteuer

In der Regel wollen Betreiber von Photovoltaikanlagen umsatzsteuerpflichtig werden, um insbesondere die beim Kauf der Anlage gezahlte Umsatzsteuer vom Finanzamt zurück erstattet zu bekommen. Hierdurch verringern sich die Anschaffungskosten (bei gleichen Einnahmen), denn in diesem Fall wird der Vertrag mit dem Energieversorgungsunternehmen als gewerblicher Stromlieferungsvertrag geschlossen. Der Energieversorger zahlt dann zusätzlich zur Einspeisevergütung 19 % Umsatzsteuer. Der Anlagenbetreiber führt die Umsatzsteuer wiederum an das Finanzamt ab.

Für den Vorsteuerabzug (Rückvergütung der beim Erwerb für die Photovoltaikanlage gezahlten Mehrwertsteuer durch das Finanzamt) sind die Herstellungs-/Anschaffungskosten der Anlage maßgebend. Hierzu gehören die durch Belege nachgewiesenen Aufwendungen im direkten Bereich der Anlage wie Anschaffungskosten, Transportkosten, Installationskosten, Abnahmekosten und Kosten für Dacheindeckungen, nicht jedoch Eigenleistungen (§ 14 UStG). Wenn die Anlage im Rahmen eines Neubaus errichtet wird, empfiehlt sich eine gesonderte Rechnungsstellung für alle Bauteile der PV-Anlage. Von diesen Aufwendungen erstattet das Finanzamt die Mehrwertsteuer als Vorsteuer zurück. Die Vorsteuer wird nach Inbetriebnahme der Anlage aufgrund von Umsatzsteuervoranmeldungen ausgezahlt oder verrechnet, sofern die Steuerkonten der Betroffenen ausgeglichen sind. Voraussetzung für die Rückerstattung ist, dass eine Unternehmereigenschaft des Anlagenbetreibers vorliegt. Nach dem Schreiben des Bundesfinanzministeriums (BMF) vom 23. Juli 2001 (Aktenzeichen IV B 7 – S 7104 21/01) ist die Unternehmereigenschaft unabhängig von der Anlagengröße und den tatsächlich erzielten Erlösen auch bei ansonsten nicht unternehmerisch Tätigen gegeben, wenn regelmäßig elektrischer Strom mit einer unter das EEG fallenden Anlage ins öffentliche Netz einspeist wird. Dies ist bei netzgekoppelten Anlagen, die den erzeugten Strom ins öffentliche Netz einspeisen und deren Stromeinspeisung vom Energieversorgungsunternehmen nach dem EEG vergütet wird (Einnahmeerzielungsabsicht), der Fall.

Da mit der EEG-Novelle vom 1. Januar 2009 auch das Decken des eigenen Strombedarfs vergütet wird, stellt sich die Frage nach der Unternehmereigenschaft erneut, denn die Einspeisung ins öffentliche Netz erfolgt nun nicht mehr *regelmäßig* sondern nur noch *gelegentlich*. Das Bundesumweltministerium (BMU) stellt dazu mit dem Schreiben *Steuerrechtliche Auswirkungen des Direktverbrauchs von Strom aus Photovoltaikanlagen (§ 33 Abs. 2 EEG 2009)* vom 29. Dezember 2008 klar, dass der Direktverbrauch keinen Einfluss auf die umsatzsteuerliche Betrachtung mit sich bringt; prinzipiell wird der Direktverbrauch als Einspeisung in das öffentliche Versorgungsnetz und unmittelbare Rücklieferung durch den Netzbetreiber interpretiert. Die Absicht zum Erzielen eines Gewinns ist durch die Vergütung von selbst genutztem Strom weiterhin gegeben. In der Folge muss der Betreiber der Photovoltaikanlage für die gesamte von ihm erzeugte Strommenge Umsatzsteuer entrichten, sowohl für eingespeisten Strom wie auch für selbst genutzten – und ebenfalls vergüteten – Strom.

Gemäß § 18 Abs. 2 UStG sind umsatzsteuerpflichtige Betreiber in den ersten beiden Jahren verpflichtet, monatlich eine Umsatzsteuervoranmeldung abzugeben. Zu beachten ist ferner, dass auch in Monaten ohne Einspeisung eine Meldung („Nullmeldung“) erforderlich ist. Ab dem dritten Jahr kann das Finanzamt auf die Abgabe einer monatlichen Umsatzsteuervoranmeldung verzichten, wenn die Umsatzsteuerzahllast im zurückliegenden Kalenderjahr unter 512 € liegt. Diese Grenze wird bei einer Anlagengröße von ca. 7 kW_p erreicht. In diesem Fall erfolgt ab dem dritten Jahr nur noch einmal jährlich die Jahressteuererklärung, die bis zum 31. Mai des nächsten Jahres beim Finanzamt abzugeben ist. Sofern die Umsatzsteuerzahllast im Bereich zwischen 512-6.136 €, liegt, ist vierteljährlich eine Umsatzsteuervoranmeldung abzugeben.

Eine Befreiung von der Umsatzsteuer ist für Kleinunternehmer mit einem Jahresumsatz unter 17.500 € gemäß § 19 Abs. 1 UStG möglich. Dies hätte jedoch zur Folge, dass die mit den Herstellungs-/Anschaffungskosten gezahlte Umsatzsteuer vom Finanzamt *nicht* als Vorsteuer rückerstattet wird. An die Entscheidung, als Kleinunternehmer behandelt zu werden, ist der Unternehmer für 5 Jahre gebunden. Ob und wann es sinnvoll ist, einen solchen Optionswechsel vorzunehmen, sollte mit einem Steuerberater geklärt werden. In der Regel wird vom Finanzamt auch der Vertrag mit dem EVU angefordert, aus dem unter anderem ersichtlich ist, ob der Anlagenbetreiber der Umsatzsteuerpflicht unterliegt.

5.2 Einkommensteuer

5.2.1 Einkommensteuer

Einkommensteuer zahlen Privatpersonen, die Einkünfte erzielen, welche unter das Einkommensteuergesetz fallen. Juristische Personen zahlen Körperschaftsteuer.

Durch den Betrieb einer Photovoltaikanlage werden Einkünfte aus gewerblicher Tätigkeit erzielt (§ 15 Abs. 2 EStG), die in der Einkommensteuererklärung anzugeben sind. Aus der Gegenüberstellung der Einnahmen und Ausgaben wird der Gewinn ermittelt. Die Vorsteuer stellt im Regelfall zum Zeitpunkt der Zahlung Betriebsausgaben und zum Zeitpunkt der Rückerstattung Betriebseinnahmen dar.

Die Anschaffungskosten für die Photovoltaikanlage gehören netto – d. h. ohne Umsatzsteuer – zu den Ausgaben. Allerdings können diese Kosten nicht vollständig im Jahr der Anschaffung geltend gemacht werden. Die Finanzbehörden verteilen die Anschaffungskosten für Photovoltaikanlagen auf 20 Jahre – der Fachbegriff lautet Abschreibung oder *Absetzung für Abnutzung* (AfA). Abschreibungen (siehe Abschnitt 5.2.2) sind bei der Gewinnermittlung als Betriebsausgaben zu behandeln.

Wird Strom aus der Photovoltaikanlage direkt genutzt, handelt es sich aus einkommenssteuerrechtlicher Sicht um eine Entnahme aus dem Betriebsvermögen. Folglich ist die Differenz aus der Vergütung für eingespeisten Strom (43,01 ct/kWh) und selbst genutztem Strom (25,01 ct/kWh) – d. h. 18 ct/kWh – als fiktive Einnahme heranzuziehen. Dieser Betrag unterliegt, wie bereits im Abschnitt 5.1 erwähnt, sowohl Umsatz- wie auch der Einkommensteuer. Somit resultiert eine Gleichbehandlung der Anlagenbetreiber, unabhängig ob Strom ins öffentliche Netz eingespeist oder zum Decken des Eigenbedarfs herangezogen wird. Wirtschaftlich lohnend ist das Decken des Eigenbedarfs immer dann, wenn die Kosten für den Strombezug 18 ct/kWh (netto) bzw. 21,42 ct/kWh (brutto) übersteigen.

Die Einkommensteuer richtet sich nach den persönlichen Einkommensverhältnissen des oder der Betreiber. Werden die Einnahmen aus dem Betrieb der Photovoltaikanlage im Sinne des Einkommensteuergesetzes angesehen, wird der Gewinn den Einkünften aus gewerblicher Tätigkeit zugerechnet und zusammen mit den anderen Einkommensarten besteuert. Entsteht ein Verlust, mindert dies das gesamte persönliche Einkommen und somit die Einkommensteuer.

Aus steuerrechtlicher Sicht ist der Betrieb einer Photovoltaikanlage als Gewerbe anzusehen, auch wenn in aller Regel davon auszugehen ist, dass das vergütete Einspeisen von Solarstrom ins öffentliche Stromnetz nicht als Gewerbe im Sinne der Gewerbeordnung (GewO) eingestuft wird. Insofern ist die Anzeige eines Gewerbes gemäß § 14 GewO beim Gewerbeamt nicht erforderlich. Es ist lediglich beim zuständigen Finanzamt ein Antrag zur Aufnahme einer gewerblichen Tätigkeit zu stellen. Beim Ausfüllen des Fragebogens zur gewerblichen Anmeldung ist darauf zu achten, dass die Anlagenbetreiber nach außen so auftreten, wie auch das Hauseigentum, auf dem die Anlage installiert ist, geregelt ist. Das bedeutet, dass sich Eheleute im Regelfall gemeinsam als Betreiber (Unternehmergeinschaft) anmelden.

Die Jahressteuererklärung ist bis zum 31. Mai des nächsten Jahres beim Finanzamt abzugeben.

5.2.2 Abschreibung

Wahlweise ist eine lineare oder degressive Abschreibung möglich. Bei einer linearen Abschreibung ergeben sich über die Nutzungsdauer gleich hohe Abschreibungsraten. Die seit 2009 wieder mögliche degressive Abschreibung berücksichtigt eine höhere Abnutzung und Wertminderung in den Anfangsjahren. Die höheren Abschreibungen zu Beginn der Nutzungsdauer wirken sie sich dabei vorteilhaft auf die zu zahlende Einkommensteuer aus.

Konkret lassen sich bei der degressiven Abschreibung bis zu 12,5 % vom jeweils aktuellen Buchwert der Photovoltaikanlage absetzen. Bei einer Anlage mit Herstellungskosten von 19.000 € (netto) ergibt sich so ein Betrag von 2.375 € im ersten Jahr, 2.078 € im zweiten Jahr, 1.818 € im dritten Jahr, usw.. Im vierzehnten Jahr – das Jahr der Inbetriebnahme zählt dabei als *1. Jahr* – würde die degressive Abschreibung niedriger ausfallen, als die lineare Abschreibung. Zu diesem Zeitpunkt ist daher ein Wechsel zur linearen Abschreibung zweckmäßig.² Findet die Inbetriebnahme in der zweiten Jahreshälfte statt, verschiebt sich dieser Zeitpunkt um eine Periode.

5.3 Gewerbesteuer

Die Gewerbesteuer ist für die meisten Betreiber von Solaranlagen nicht relevant. Sie ist erst fällig, wenn der Gewinn aus einer gewerblichen Tätigkeit mehr als 24.500 € pro Jahr beträgt (§ 11 Abs. 1 GewStG). Dies ist bei der Größenordnung von Photovoltaikanlagen an Wohngebäuden im Regelfall nicht gegeben.

² Da die degressive Abschreibung über eine mathematische Rekursion berechnet wird, käme es präzise genommen nie zum Buchwert gleich Null. Daher ist ein Wechsel zur linearen Abschreibung – der Aufteilung des Restbuchwerts auf die verbleibenden Abschreibungsperioden des 20-jährigen Abschreibungszeitraumes – ratsam.

6 Bau und Installation



Abbildung 6-1: Montage einer Photovoltaikanlage

Der Bau der Photovoltaikanlage kann von Fachbetrieben oder mit Hilfe von Eigenleistungen durchgeführt werden. Montage und Verkabelung der Module eignen sich gut für das Leisten eines eigenen Beitrags.

Den Anschluss des Wechselrichters und die Elektroinstallationen auf der Wechselstromseite sollte ein Fachbetrieb übernehmen. Der Netzanschluss an das öffentliche Versorgungsnetz erfolgt durch den Netzbetreiber.

6.1 Baurechtliche Voraussetzungen

Für den Bau einer Photovoltaikanlage auf einem bestehenden Gebäude ist in der Regel keine Baugenehmigung erforderlich. Jedoch ist vorab, zum Beispiel bei der Gemeindeverwaltung, zu prüfen, ob örtliche Bauvorschriften, Vorschriften des Denkmalschutzes oder sonstige Bestimmungen dem Bau der Photovoltaikanlage entgegenstehen könnten.

6.2 Lieferfristen

Lieferfristen für Solarmodule spielen im Zusammenhang mit dem Bauablauf und der Terminplanung nur noch eine untergeordnete Rolle. Die Marktsituation entwickelt sich inzwischen vom Verkäufermarkt zum Käufermarkt.

6.3 Finanzielle Voraussetzungen

Die Baumaßnahme sollte erst begonnen werden, wenn die finanziellen Voraussetzungen geschaffen sind, insbesondere eine Kreditgenehmigung der KfW vorliegt und die Finanzierung über die gesamte Betriebsdauer abgedeckt ist (siehe auch Kapitel 3). Bei einem Baubeginn vor der Kreditzusage der KfW entfallen die Voraussetzungen für die KfW-Finanzierung.

6.4 Installationsdauer

Die Installationsdauer für eine Photovoltaikanlage in der Größenordnung bis 5 kW_p beträgt 2-3 Tage. Nach dem Anbringen der Montagevorrichtung auf dem Dach, werden die Module montiert, verkabelt und an den Wechselrichter angeschlossen. Danach erfolgt der Anschluss an das elektrische Versorgungsnetz. Nach

Montage des Einspeisezählers und Abnahme durch das Energieversorgungsunternehmen (EVU) geht die Photovoltaikanlage an das Stromnetz. Die Abnahme durch das EVU ist auch gleichzusetzen mit der offiziellen Inbetriebnahme. Dieser Zeitpunkt ist maßgeblich für die Höhe des Einspeisevergütungssatzes.

6.5 Eigenleistungen

Die Montage der Halterungen und Module kann gegebenenfalls in Eigenleistung erbracht werden. Hierdurch sind deutliche Einsparungen bei den Investitionskosten möglich. Es sollte jedoch mit dem Anbieter im Vorfeld besprochen werden, ob Eigenleistungen erbracht werden können und welche Einsparungen sich dadurch ergeben. Dabei ist zu beachten, dass Eigenleistungen nach § 14 UStG nicht vorsteuerabzugsberechtigt sind (siehe Kapitel 5.1).

Oft sind bei der Montage auch Einsparungen durch Synergieeffekte mit anderen Sanierungsmaßnahmen zu erzielen. Zum Beispiel könnte ein Gerüst von anderen Baumaßnahmen (z.B. Malerarbeiten an der Außenfassade) genutzt werden.

6.6 Blitzschutz

Aufgrund des wirtschaftlichen Wertes der PV-Anlage ist es sinnvoll, sie vor Schäden durch Blitzschlag zu schützen. Ziel ist das Beschränken von Folgeschäden bei direktem Einschlag in PV-Module und ein Begrenzen von Überspannungen im Gleichstromkreis. Ein Schutz vor direktem Einschlag im Sinne von Blitzschutzanlagen gemäß DIN VDE 0185 ist im Normalfall nicht anzustreben. Dennoch kann bei exponierten Lagen die Errichtung einer Blitzschutzanlage empfehlenswert sein.

Ist eine Blitzschutzanlage am Gebäude installiert, muss die PV-Anlage daran angeschlossen werden. Andernfalls kann über ein Kabel mit Erdverbindung für einen Potenzialausgleich gesorgt werden.

6.7 Montage und Gebäudeintegration

Die Integration der Photovoltaikanlage in die Gebäudehülle ist von den Wünschen und den Gegebenheiten des Anlagenbetreibers abhängig. Insbesondere spielen Dachart und Dacheindeckung eine wichtige Rolle.

6.7.1 Dachmontage

Die zurzeit gebräuchlichste Form der Montage von Photovoltaikanlagen stellt eine nachträgliche *Auf-Dach*-Montage dar (Abbildung 6-2, links). Hierbei erfolgt das Anbringen der Solarmodule mit Halterungen oberhalb der Dacheindeckung. Der Markt bietet hierzu unterschiedliche Lösungen an.

Versuche des TÜV Rheinland ergaben, dass sich ein Auflagepunkt (Abbildung 6-2, links) für je zwei Quadratmeter Modulfläche empfiehlt. Die Montagesysteme sollten eine nachträgliche Demontage einzelner Module im Falle eines Defektes mit geringem Aufwand erlauben.

Je nach Gegebenheit kann auch eine Integration der Photovoltaikmodule in die Dachhaut – der Einbau eines Solarmodulfeldes an Stelle einer Dacheindeckung – sinnvoll sein. Eine *In-Dach*-Montage kann besonders

bei Neubauten oder bei einer geplanten Neueindeckung des Hauses eine elegante Lösung darstellen und zu insgesamt geringeren Investitionskosten führen. Eine besondere Möglichkeit bilden die von verschiedenen Herstellern angebotenen *Photovoltaik-Ziegel*. Diese sind jedoch weiterhin vergleichsweise teuer. In der Regel erfolgt eine kostengünstigere *In-Dach-Montage*, bei der die PV-Module eine Ziegeleindeckung ersetzen (Abbildung 6-2, rechts).



Abbildung 6-2: Auf-Dach-Montage (links) und In-Dach-Montage (rechts)

6.7.2 Fassadenintegration („Energiefassaden“)

Neben der Errichtung einer Photovoltaikanlage auf dem Dach, können Solarstromanlagen auch an einem Gebäude angebracht werden (*Fassadenintegration*).

Gebäudefassaden erfüllen mehrere Funktionen. Sie bieten Schutz gegen Wiedereinflüsse wie Feuchtigkeit, Regen, Schnee, Eis und Hagel. Sie verhindern eine schnelle Auskühlung und Überhitzung der Innenräume, übernehmen eine Regelung des einfallenden Lichts, bieten Schutz gegen Lärm, Schmutz und Staub und verringern eine mechanische und chemische Beschädigung. Dabei sind besonders die Wartungsfreiheit und Langlebigkeit sowie die Gestaltungsmöglichkeit in Form, Farbe und Oberflächenbeschaffenheit wichtig.

Photovoltaikmodule in einer so genannten Glas/Glas-Konstruktion erfüllen viele dieser Eigenschaften. Um auch die isolierenden Eigenschaften erfüllen zu können, muss das Modul mit Isolierglas ausgestattet sein. Beim Einbau von Photovoltaikmodulen in Fassaden gelten die bei Glasfassaden üblichen Vorschriften (zum Beispiel: Bauvorschriften, Grenzabstände).

Die Fassadenintegration von Photovoltaikanlagen bietet sich vor allem bei großflächigen Büro- und Industriegebäuden sowie bei Mehrfamilienhäusern an. Aufgrund des steilen Winkels von meist 90° ist die Sonneneinstrahlung besonders bei einem hohen Sonnenstand im Sommer zu vergleichbaren schrägen Anlagen sehr gering. Hingegen wird im Winter der flachere Sonnenstand besser genutzt. Insgesamt ergibt sich jedoch eine geringere Energieausbeute. Die höhere Einspeisevergütung zum Ausgleich der Ertragseinbußen gegenüber einer Dachmontage ist in der seit 1. Januar 2009 gültigen Novelle des EEG nicht mehr vorgesehen. Daher stehen hier architektonische Gesichtspunkte im Vordergrund.



Abbildung 6-3: Solarfassade am Umwelt-Campus Birkenfeld

6.7.3 Flachdachaufstellung und freie Aufstellung

Bei Flachdachmontage und freier Aufstellung gelten im Wesentlichen ähnliche Regeln, da in beiden Fällen für die wirtschaftliche Nutzung der Sonnenenergie eine Aufständering erforderlich ist. Der optimale Anstellwinkel liegt – in Abhängigkeit von der geographischen Breite – in Deutschland bei 32-35°.

Bei fehlerhafter Aufständering kann eine gegenseitige Verschattung der Modulreihen erfolgen. Daher ist zwischen den Modulen unbedingt ein Abstand einzuhalten, der mindestens das 3,75-fache der Höhe des aufgeständerten Moduls betragen sollte.

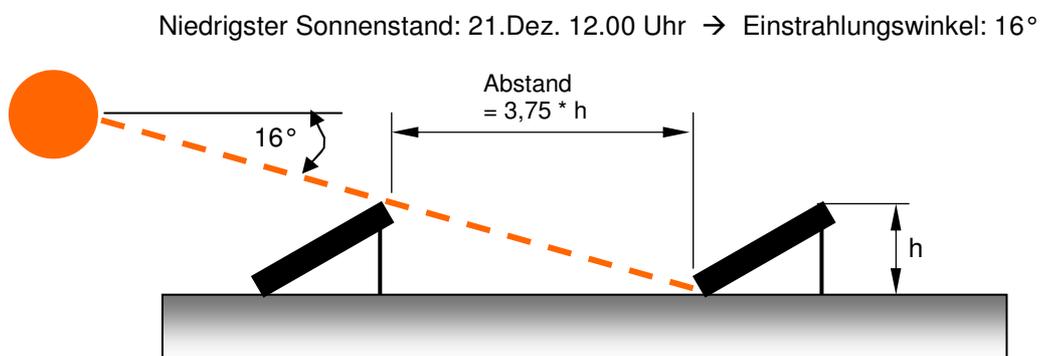


Abbildung 6-4: Abstand der Modulreihen bei Flachdachmontage

Die Photovoltaikanlagen auf Flachdächern werden in der Regel mit einer Unterkonstruktion nach dem Schwerkraftprinzip errichtet, um eine Verletzung der Dachhaut zu vermeiden. Hierzu werden oft Wannens oder Sockel verwendet, die die Photovoltaikmodule durch ihr Eigengewicht auf dem Dach fixieren.

Die Dachfläche sollte ausreichend groß und nicht zu stark zergliedert sein (z.B. durch Kamine, Dachaufbauten oder dergleichen), so dass die gewünschte Modulfläche ohne Verschattung der Elemente in möglichst großen Feldern angeordnet werden kann.



Abbildung 6-5: Flachdachmontage von Photovoltaikmodulen auf der Regionalschule Weilerbach

6.7.4 Diebstahlsicherung

Solarmodule und Wechselrichter sind immer wieder von Diebstählen betroffen. Dies betrifft zur Montage bereitgestellte Komponenten gleichermaßen wie bereits auf Gebäuden oder Freiflächen montierte Anlagen. Besonders gefährdet sind Anlagen außerhalb besiedelter Gebiete und auf schlecht einsehbaren Flächen.

Nach Einschätzung der Polizei spielt der Faktor *Zeit* für die Demontage eine entscheidende Rolle. Hier helfen mechanisch codierte Schrauben mit besonderen Kopfformen (Innensechskant, Torx) sowie einer gegebenenfalls nach der Befestigung in den Kopf der Schraube eingeschlagenen Stahlkugel. Weiterhin sollten in der Nähe von Dachanlagen keine Aufstiegshilfen frei zugänglich sein. Bei Freiflächenanlagen ist eine stabile Zufahrtsbarriere vorzusehen – wofür keineswegs ein einfacher Zaun reicht. Da zum Abtransport der Module häufig Transporter oder LKW benutzt werden, muss die Barriere auch größeren Kräfteinwirkungen stand halten können.

Zum Schutz von Wechselrichtern ist – in ansonsten schwer zu sichernden Gebäuden wie Scheunen, Ställen, etc. – ein besonders gesicherter Innenraum vorzusehen, der über eine stabile Tür, keine Fenster und lediglich kleine Lüftungsöffnungen verfügt. Je nach Montageort der Photovoltaikanlage kann auch eine Überwachungs- und/oder Alarmanlage zweckmäßig sein. In diesem Fall lassen sich die Solarmodule mit einem Reißdraht sichern.

Zum Auffinden gestohlener Module ist eine eindeutige und unveränderliche Kennzeichnung der Module erforderlich. Dabei kann es sich um den Herstellernamen und die Seriennummer oder eine Eigentums-Identifizierungs-Nummer (EIN), die von der Polizei vergeben wird, handeln. Öffentliche Register für entwendete Solaranlagen werden beim Solarförderverein (<http://www.sfv.de/sachgeb/Diebstah.htm>) und der Zeitschrift Photon (<http://photon.de/diebstahl/>) geführt.

Darüber hinaus empfiehlt es sich, das Diebstahlrisiko auch beim Versicherungsschutz zu berücksichtigen (siehe Kapitel 7.5).

7 Abnahme, Betrieb und Wartung

Nach der Installation der Solarmodule und der Abnahme der Anlage erfolgt der Anschluss an das Stromnetz sowie die Inbetriebnahme.

7.1 Stromeinspeisevertrag

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) regelt verschiedene Pflichten der Netzbetreiber und Anlagenbetreiber, so auch, dass für den Strom die Einspeisevergütung vom Netzbetreiber an den Anlagenbetreiber zu zahlen ist. Der Netzbetreiber ist gemäß § 16 Abs. 2 EEG zu einer Vergütung jedoch nur verpflichtet, wenn der Anlagenbetreiber Standort und Leistung der Photovoltaikanlage der Bundesnetzagentur mitgeteilt hat (siehe Kapitel 3.1.2).

Der Abschluss eines Stromeinspeisevertrags mit dem Netzbetreiber ist gemäß § 4 Abs. 1 EEG nicht zwingend erforderlich. Dennoch wird in der Regel ein solcher Vertrag abgeschlossen. In diesem Vertrag können Fragen, die durch das EEG nicht geregelt sind, zwischen den Parteien geklärt werden. Klärungsbedürftige Fragen können vor allem im Zusammenhang mit der Stromlieferung über den technischen Anschluss, die Zahlungsmodalitäten und die Haftung entstehen. Der Abschluss eines solchen Vertrages ist für beide Seiten empfehlenswert, da so ein größeres Maß an Rechtssicherheit entsteht.

7.2 Ab- und Inbetriebnahme

Vor Inbetriebnahme der Solarstromanlage ist eine Erstprüfung durch eine Elektrofachkraft durchzuführen. Bevor die Anlage schließlich Strom ins Netz einspeisen kann, ist vom Elektroinstallateur ein Inbetriebnahmeprotokoll zu erstellen und durch das Energieversorgungsunternehmen ein Einspeisezähler anzuschließen.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die installierten Geräte bestimmte Anforderungen erfüllen müssen und dies durch Zertifikate nachzuweisen ist. Die Hersteller dieser Geräte müssen diese Zertifikate, z.B. eine *Konformitätserklärung für den Parallelbetrieb im Niederspannungsnetz*, beim Kauf mitliefern.

7.3 Wartung und Betrieb

Da die Photovoltaikanlage fast keine mechanischen Teile besitzt, kann sie als sehr wartungsarm bezeichnet werden. Die Wartungsarbeiten beschränken sich im Wesentlichen auf die Kontrolle der Betriebsbereitschaft der Anlage, um eventuell auftretende Störungen schnell beheben zu können. Aus diesem Grund sollte ein leichter Zugang zu den Wechselrichtern und zum Einspeisezähler möglich sein.

Eine Reinigung der Solarmodule ist in der Regel nicht erforderlich, da die Module durch Regen ausreichend gereinigt werden. Bei hartnäckigeren, größeren Verschmutzungen wie Laub oder Vogelkot ist deren

gesonderte Beseitigung jedoch empfehlenswert, insbesondere wenn dadurch eine Abschattung der Module und damit Ertragseinbußen entstehen.

Während des laufenden Betriebes ist im eigenen Interesse eine monatliche Erfassung der Zählerstände zur Hochrechnung der Netzeinspeisung und Kontrolle der Anlage sinnvoll. – Auf diese Weise wurden bereits Diebstähle von Anlagenkomponenten frühzeitig entdeckt, deren Verlust sonst kaum ersichtlich wäre.

Diese Wartungsmaßnahmen durch den Anlagenbetreiber tragen zu einem sicheren Betrieb der Anlage ohne längere Ausfallzeiten bei. Viele Kontrollarbeiten können im Vorübergehen erledigt werden und dienen darüber hinaus der eigenen Information. Tabelle 7-1 fasst die durch den Anlagenbetreiber vorzunehmenden Wartungsarbeiten zusammen.

Intervall	zu prüfen	Wartungstätigkeit
täglich	Wechselrichter	in Betrieb oder Fehlermeldung?
monatlich	Ertragskontrolle	regelmäßige Erfassung der Zählerstände
	Generatorfläche	auf Verschmutzung prüfen und eventuell reinigen
halbjährlich	Generatoranschlusskasten	auf eingedrungene Insekten und Feuchtigkeit prüfen soweit möglich Sicherung prüfen
	Überspannungsableiter	nach Gewittern Sichtfenster prüfen
	Kabel	auf Schmorstellen, Isolationsbruch, Kabelfraß durch Tiere und sonstige Schäden achten Verbindungsstellen kontrollieren

Tabelle 7-1: Wartungscheckliste

Quelle: DGS, Photovoltaische Anlagen – Leitfaden

Die Lebensdauer der Wechselrichter beträgt durchschnittlich 13 Jahre. Es ist davon auszugehen, dass die Wechselrichter im Laufe des Anlagenbetriebs (mindestens 20 Jahre) ausgewechselt werden müssen.

7.4 Rechnungsstellung

Während des Betriebs sollte ein regelmäßiger Zahlungseingang beim Anlagenbetreiber gewährleistet sein. Damit die Einnahmen zeitnah fließen, kann die Rechnungsstellung an das Energieversorgungsunternehmen beispielsweise vierteljährlich erfolgen. Der Anlagenbetreiber stellt dem Netzbetreiber die Einspeisevergütung zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer von 19 % in Rechnung.

Berechnung der Einspeisevergütung	
Vergütungssatz (Nennleistung ≤ 30 kW _p)	43,01 ct/kWh
Zählerstand am 01.07.2009	3.485 kWh
Zählerstand am 01.04.2009	2.780 kWh
Eingespeiste Energie	<div style="border-top: 1px solid black; border-bottom: 3px double black; padding: 2px 0;">705 kWh</div>
Einspeisevergütung	303,22 €
Umsatzsteuer 19 %	57,61 €
Summe	360,83 €

Tabelle 7-2: Beispiel für eine Rechnung zur Einspeisevergütung

7.5 Versicherung der Photovoltaikanlage

Da die Photovoltaikanlage einen hohen wirtschaftlichen Wert hat, sollte sie schon vor Baubeginn versichert werden. Bei den zu versichernden Risiken kann grundsätzlich zwischen einem durch Außenwirkung entstehenden Eigentumsschaden und einem durch den Betrieb der Anlage entstehenden Fremdschaden unterschieden werden. Eigentumsschäden werden durch eine Sachversicherung, Fremdschäden durch eine Haftpflichtversicherung abgesichert.

7.5.1 Sachversicherung

Für den Anlagenbetreiber ist es wichtig, sich gegen einen finanziellen Verlust durch Schäden an der Photovoltaikanlage abzusichern. Diese können durch Umwelteinflüsse, Vandalismus, Diebstahl, Konstruktionsmängel und Bedienungsfehler entstehen. Im Rahmen einer Wohngebäudeversicherung ist es möglich, die Gefahren durch Sturm, Hagel, Feuer, Wasser und Blitz abzudecken. Die Anlage sollte im Regelfall in die Gebäudeversicherung mit aufgenommen werden (dies ist mit der Versicherungsgesellschaft abzustimmen). Ist dies nicht möglich, wäre eine zusätzliche Solar-Versicherung für Photovoltaikanlagen sinnvoll.

7.5.2 Haftpflichtversicherung

Für Schadensersatzforderungen Dritter aus entstehenden Fremdschäden ist eine Betriebshaftpflichtversicherung abzuschließen. Solche Schäden könnten durch vom Dach herabfallende Module oder durch Störungen im Stromnetz, die von der Photovoltaikanlage verursacht werden, entstehen. Jedoch treten solche Schäden nur in sehr seltenen Fällen auf.

Ist der Betreiber der Photovoltaikanlage auch Eigentümer des Gebäudes, kann die Photovoltaikanlage in die bestehende Gebäudehaftpflichtversicherung einbezogen werden (dies ist ebenso mit der Versicherungs-

gesellschaft abzustimmen). Besteht eine solche Versicherung nicht, so können die Risiken durch eine eigenständige Police abgedeckt werden.

Ein Versicherungsschutz sollte schon während der Bauphase bestehen.

8 Ökologische Bewertung

Durch die Nutzung des regenerativen Energieträgers Sonnenlicht werden im laufenden Betrieb von Photovoltaikanlagen keine Brennstoffe benötigt, die Abfälle oder klimaschädliche Abgase verursachen. Fossile Energieressourcen werden dadurch geschont und ein CO₂-Ausstoß vermieden.

Im Folgenden werden die ökologischen Aspekte in Bezug auf den Energieaufwand und die umgesetzten Stoffströme bei der Herstellung und den Möglichkeiten zum Recycling der Module dargestellt.

8.1 Energetische Bewertung

Ein wichtiges Kriterium zur energetischen Bewertung stellt der *kumulierte Energieaufwand* dar. Er bilanziert alle energetischen Aufwendungen über die Lebensdauer einer Anlage von der Herstellung über die Nutzung bis zur Entsorgung der Anlage. Je nach Typ der verwendeten Solarzellen variiert der Energieaufwand.

Das Verhältnis aus kumuliertem Energieaufwand und der über die gesamte Laufzeit der Photovoltaikanlage eingespeisten Energie liefert den *Erntefaktor*. Während einer geschätzten Lebensdauer von 25-30 Jahren stellen Photovoltaikanlagen ein Vielfaches der für ihre Herstellung und ihren Betrieb benötigten Energie bereit (Tabelle 8-1). Neben dem Energieaufwand für das Herstellen der Solarmodule wird dabei beispielsweise auch der Energieaufwand für die Produktion des Wechselrichters – sowie ein gegebenenfalls erforderlicher Austausch während der Lebensdauer der Gesamtanlage – berücksichtigt.

Als *energetische Amortisationszeit* wird die Betriebsdauer bezeichnet, die eine Solaranlage benötigt, um den kumulierten Energiebedarf abzudecken.

Da die von Photovoltaikanlagen bereitgestellte Energie in entscheidendem Maße vom natürlichen Energieangebot durch die Sonnenstrahlung abhängt, gehen Standort-bedingte Faktoren in die Bestimmung von Erntefaktor und energetischer Amortisation mit ein. Ein Standort am Mittelmeer erhält gegenüber Deutschland rund die doppelte Menge an solarer Einstrahlung – entsprechend höher fällt der Erntefaktor an Orten mit anhaltender und intensiver Sonneneinstrahlung aus.

	Erntefaktor	Amortisation
monokristallines Silizium	12,9 – 18,0	1,7-2,3 Jahre
polykristallines Silizium	12,0 – 16,9	1,8-2,5 Jahre
amorphes Silizium	10,6 – 15,3	2,0-2,8 Jahre

Tabelle 8-1: Energetische Bewertung von PV-Anlagen,

Quelle: Studie im Rahmen des EU-Projekts *Crystal Clear*, FFE Forschungsstelle für Energiewirtschaft, Ganzheitliche Analyse von zukünftigen Photovoltaik-Systemen (2010)

Angenommene Betriebsdauer der Photovoltaikanlage: 30 Jahre

Auch wenn die Werte in o.g. Studie auf Prognosen beruhen, sind sie bereits Stand der Technik.

8.2 Reduktion der CO₂-Emissionen

Der heutige Energiemix besteht vorrangig aus fossilen und atomaren Brennstoffen, deren Verfügbarkeit bereits in wenigen Jahrzehnten fraglich ist. Schon heute sind massive Auswirkungen des zunehmenden Treibhauseffekts auf das globale Klima sichtbar – Folgen der derzeitigen Energieversorgung.

Ein wichtiger Aspekt zur Verminderung der CO₂-Emissionen ist daher die Nutzung regenerativer Energien. Beim Betrieb einer Photovoltaikanlage wird kein CO₂ ausgestoßen, wie dies beim Einsatz von konventionellen Energieträgern (Erdgas, Öl, Kohle) der Fall ist. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur Minderung des Treibhauseffektes in der Erdatmosphäre und zum Klimaschutz geleistet.

Zurzeit deckt die Solarstromerzeugung nur einen sehr geringen Teil des Strombedarfs in Deutschland. Der Photovoltaikbereich weist jedoch jährliche Wachstumsraten auf. Der Weltmarktführer bei der Solarzellenproduktion ist seit 2008 ein deutsches Unternehmen. Selbst führende Mineralölkonzerne wie Shell und BP investieren deshalb in die Herstellung und Nutzung von Photovoltaik-Anlagen.

8.3 Entsorgung / Recycling

Die meisten Solarzellen bestehen aus ungiftigem Silizium, dem zweithäufigsten Element der Erdoberfläche. Eine spezielle Entsorgung der Solarmodule ist deshalb in der Regel nicht erforderlich. Lediglich beim Einsatz cadmiumhaltiger Solarmodule ist auf eine Rücknahmeerklärung des Herstellers zu achten.

Die Solarmodule wurden bisher in Kleinmengen als Altglas oder Bauschutt entsorgt. Aus Sicht des Umweltschutzes ist diese Art der Entsorgung jedoch kritisch zu bewerten, da ein Recycling heute schon sinnvoll und kostendeckend möglich ist, wenn die intakten Siliziumzellen aus den Solarmodulen zurück gewonnen werden. Das geschieht beispielsweise über eine thermische Verbundtrennung und einen chemischen Aufbereitungsprozess.

Diese Recyclingverfahren werden bereits von mehreren Herstellern mit einem hohen Wertschöpfungslevel betrieben. So können im Vergleich zur Neuproduktion einer Siliziumzelle bei der Wiederverwertung bis zu 50 % der sonst benötigten Primärenergie eingespart werden. Bei der Aufbereitung von Siliziumsolarzellen werden keine umweltgefährdenden Stoffe freigesetzt.

9 Ablaufschema

1. Planungsphase

Auswahl einer geeigneten Dachfläche

- max. Installationsfläche
- voraussichtlicher Energieertrag pro kW_p

Ermitteln der Anlagengröße

- gewünschte Leistung der Anlage
- ungefähre Höhe der Investitionen
- erforderliche Dachfläche

Erbringen von Eigenleistungen (wenn möglich)

- Selbstmontage der Aufständerung und Einbau der Module

Anfordern von Angeboten bei Fachfirmen

- mehrere vergleichbare Angebote
- Konkretisierung der notwendigen Investitionskosten

Kontaktaufnahme mit dem zuständigen Energieversorgungsunternehmen

2. Finanzierungsphase

Erstellen eines Finanzierungskonzeptes und Wirtschaftlichkeitsberechnung

- Fremdkapitaleinsatz (KfW-Kredit)
- Eigenkapitaleinsatz (einmalig oder regelmäßig)
- Vorgespräche mit Steuerberater
- voraussichtlicher Ertrag
- Zeitpunkt der Amortisation

Beantragen des KfW-Kredits

Bewilligung und Auszahlung des Kredits

3. Bauphase

Auftragsvergabe

- voraussichtlicher Liefertermin
- voraussichtliche Inbetriebnahme

Lieferung und Installation

- Terminabsprache für Liefertermin und Installation
- Montage der Anlage
- Ausstellung der Abnahmebescheinigung durch eingetragenen Elektroinstallateur

Abnahme und Inbetriebnahme der Anlage

- Vorlage der Zertifikate der technischen Bauteile
- Vorlage der Abnahmebescheinigung
- Abnahme durch das zuständige Energieversorgungsunternehmen
- Anschluss der Anlage ans öffentliche Netz

4. Betriebsphase

Anmelden der Anlage bei der Bundesnetzagentur

Anzeige der Aufnahme einer gewerblichen Tätigkeit beim Finanzamt

- Beantworten des Fragebogens zur gewerblichen Anmeldung beim Finanzamt
- Monatliche Umsatzsteuervoranmeldung (nur in den ersten 2 Jahren, dann jährlich)

Abschluss eines Einspeisevertrages

- Regelmäßige (z.B. vierteljährliche) Abrechnung mit dem Energieversorgungsunternehmen

Abschluss einer Versicherung für die PV-Anlage

Regelmäßige Betriebskontrolle der Anlage

10 Kontaktadressen

Weitere Informationen

Telefonhotline und Internetpräsenz

BINE Informationsdienst	http://www.energiefoerderung.info foerderinfo@bine.info
Bundesnetzagentur	http://www.bundesnetzagentur.de kontakt-solaranlagen@bnetza.de Tel.: 0561 / 7292-120 (Mo.-Do. 9 - 15 Uhr, Fr. 9 - 14 Uhr) Fax: 01805 / 734870-1001
Online-Formular zur Anmeldung der PV-Anlage Erläuterungen zum Formular	http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/15305.pdf http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/15303.pdf
Deutsche Energieagentur (dena) Energiehotline (kostenlos)	http://www.thema-energie.de Tel.: 08000 / 736 734 (24 Stunden am Tag und 365 Tage im Jahr)
KfW-Förderbank Informationshotline	http://www.kfw-foerderbank.de infocenter@kfw.de Tel.: 01801 / 33 55 77 (wochentags 07:30 - 18:30 Uhr)

Internetseiten

Landeszentrale für Umweltaufklärung Rheinland-Pfalz	http://www.umdenken.de
Der interaktive Solartechnik-Berater	http://www.solarfoerderung.de
Solarenergie-Förderverein e.V.	http://www.sfv.de
Der internationale Solarserver	http://www.solarinfo.de
Energieagentur NRW	http://www.ea-nrw.de
Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW)	http://www.solarwirtschaft.de
Internetportal zur Sonnenenergie	http://www.solarserver.de

11 Abkürzungsverzeichnis

AfA	Absetzung für Abnutzung (Abschreibung)
CO ₂	Kohlendioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EStG	Einkommensteuergesetz
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GewO	Gewerbeordnung
kWh	Kilowatt-Stunden (Maßeinheit für Energie, z.B. aus PV-Anlage eingespeiste elektrische Energie)
kW _p	Kilowatt peak (Maßeinheit für die Spitzenleistung / Nennleistung einer PV-Anlage; Laborwert)
MwSt	Mehrwertsteuer
PV	Photovoltaik
TAB	Technische Anschlussbedingungen des Netzbetreibers
UStG	Umsatzsteuergesetz

IfaS Institut
für
angewandtes
Stoffstrommanagement

um  *denken*
Landeszentrale für Umweltaufklärung
Rheinland-Pfalz