Ein photovoltaischer Energiebaustein

Autor(en): **Kerle, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **80 (1989)**

Heft 10

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-903681

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ein photovoltaischer Energiebaustein

W. Kerle

Ausgehend von einem Vergleich verschiedener Solarzellenmodule schlägt der Verfasser einen sogenannten Energiebaustein vor, der aus einem 5-kW-Solarzellengenerator zur Montage auf dem Hausdach, einem Wechselrichter für die Netzeinspeisung und den erforderlichen Verbindungen besteht.

En partant d'une comparaison entre divers éléments de cellules solaires, l'auteur propose un module énergétique constitué d'un générateur photovoltaïque de 5 kW à installer sur le toit de la maison, d'un onduleur pour la fourniture d'électricité au réseau et des connexions nécessaires

Adresse des Autors
Wigand Kerle, dipl. El.-Ing.,
3150 Schwarzenburg.

1. Alles begann mit einer Studie...

Aus einer Studie des Verfassers[1] über die solare Dachflächennutzung in der Stadt Bern (Dez. 1988) resultierte das hier vorgestellte Konzept eines sog. «Energiebausteins». Er besteht aus einer schlüsselfertigen Anlage mit einem 5-kW-Photovoltaik-(PV)-Generator und einem 4-kW-Konverter für Netzrückspeisung oder Eigenverbrauch. Eine Optimierung der auf dem Markt verfügbaren Komponenten wie PV-Module, Dachaufbau, Blitzschutz und Netzeinspeisung ergab eine kostengünstige Lösung mit hoher Redundanz für grossflächige Anlagen.

Preisbewegungen und Produkteverbesserungen im PV-Markt erforderten eine Neubearbeitung der wirtschaftlichen Aspekte; auf diesen liegt das Schwergewicht der vorliegenden Betrachtungen. Bei einem durchschnittlichen Preis für PV-Generatoren ab Werk von US-$ 5.–/W kauft der Schweizer die Module für Grossanlagen heute für Fr. 9.20/W (Mittelwert, verzollt, ohne WUST) äusserst günstig.

In den folgenden Betrachtungen werden lediglich photovoltaische Zellen aus mono- und multikristallinem Silizium miteinander verglichen. Dass die amorphen Dünnschichtzellen ausgeklammert wurden, liegt an ihrem

[1] «Photovoltaische Energienutzung nach dem Leitbild des Energiepfades 3: Umweltenergie» (Energiekonzept der Stadt Bern, 1988).

Figur 1 Ein typisches Haus an Spaniens Südküste. Trotz der Verwendung der dort üblichen Rundziegel wirkt der von First bis Traufe durchgehende PV-Generator nicht als Fremdkörper. Auch dieser Generator ist auf das Ziegeldach aufgesetzt.
Photo: ISES Solar Weltkongress, Hamburg

ungenügenden Wirkungsgrad, welcher sich derzeit bei etwa 6 . . . 7% bewegt.

2. Das aktuelle Angebot

Für den Vergleich der verschiedenen Solarzellen (s. Tab. I) wurden vier Produkte von Herstellern ausgewählt, von denen drei an der Spitze der weltweiten Produktion liegen:

Arco-Solar, eine Sonnentochter des Erdölunternehmens Atlantic Richfield, nimmt zurzeit den ersten Platz in der Liste aller Produzenten ein. 1987 fabrizierte das Unternehmen PV-Module für 5000 kW Nennleistung. Trotz eines angeblich prallen Auftragsbuches für das laufende Jahr hat sich der Himmel über Camarillo in Kalifornien stark bewölkt; die Firma steht zum Verkauf ausgeschrieben. Zu geringe Profite und eine gewisse Unsicherheit im Kapitalrückfluss in Anbetracht voraussehbarer weiterer mehrjähriger Entwicklungen sollen den Ausschlag zu dieser Entscheidung gegeben haben.

An dritter Stelle der Weltrangliste, nach Sanjo, steht Solarex. Auch deren Eltern sind im Erdölgeschäft zu finden: die Amoco Corp. Es ist der zweitgrösste Produzent in den USA. Die in Rockville (Indiana) beheimatete Firma erreichte 1987 insgesamt 2000 kW an gefertigten PV-Modulen.

Kyocera, der zweitgrösste japanische Hersteller, nimmt den vierten Platz mit 1400 kW (1987) ein. Das Produkt erfährt erst seit wenigen Jahren eine markante Verbreitung in Europa.

AEG ist der einzige bedeutende europäische Hersteller, welcher trotz einschneidenden Umstrukturierungen und Führungswechseln im Konzern (heute: AEG-Olympia-Mercedes) das Rennen mithalten konnte. Der Jahresausstoss an PV-Generatoren mit lediglich 500 kW (1986 wie auch 1987) ist eher bescheiden.

Figur 2 Das Flachdach einer Fabrik (Horlocher AG, Möhlin) wird durch den PV-Generator vorteilhaft ergänzt; die Fassade wirkt weniger streng. Die Anlage wird für die Batterieladung der abgebildeten Elektromobile und für die Netzrückspeisung verwendet.
Photo: Alpha Real AG, Zürich

Sanjo findet hier deshalb noch keine Berücksichtigung, weil grosse PV-Generatoren erst in der Einführung sind. Der Konzern machte 1987 seinen Riesenumsatz mit 3300 kW hauptsächlich mit Kleinstzellen für Rechner, Uhren und für ähnliche Anwendungen.

3. Vier PV-Module im Vergleich

Spitzenreiter in der Einkapselung (darunter versteht man das Sandwich «Glas als dem Licht zugewandte Abdeckung - photovoltaische Zellen als Zwischenschicht - rückseitige Abdekkung» und der Einfassungsrahmen) ist unbestreitbar das EG-Produkt aus Hamburg, der AEG Kollektor. Seine Einkapselungstechnik entspricht jener von Verbundglasscheiben; sie zeichnet sich durch äusserste Widerstandsfähigkeit gegen Einflüsse mechanischer Art wie der Witterung aus. Der beidseitig an die chemisch gehärteten Glasscheiben anschliessende, geschweisste Rahmen besteht aus rostfreien Stahlprofilen. Die drei anderen Fabrikate weisen ebenfalls eine obere genoppte Glasscheibe auf, sind aber auf der Rückseite nur mit einem Kunststofflaminat versiegelt. Die Modulrahmen bestehen aus stranggezogenen und eloxierten Aluminiumprofilen. Trotz denkbaren Wärmespannungen des ungleichen Sandwichverbundes haben sich aber auch diese Fabrikate bereits über Jahre bewährt.

Die Masse der 4 Fabrikate schwankt zwischen 5,7 und 7,2 kg, entsprechend $\Delta M = 26\%$, was weder für eine Dachkonstruktion noch für das Traggestell kritisch wird.

Die vier Fabrikate haben sich in un-

Fabrikat	Modul Bezeichnung	P[1] W	Abmessungen L/B/H mm	P/A W/m²	η[2] %	Masse kg	Nettopreis[3] Fr.	→ ergibt netto Fr./W
AEG	PQ40/50	50	1078/459/11	101	10,1	7.0	495	9.90
Arco	M55	55	1293/330/36	129	12,9	5.7	495	9.—
Kyocera	LA361J48	50	985/445/36	114	11,4	5.9	430	8.60
Solarex	MSX 60	60	1109/502/54	108	10,8	7.2	558	9.30

Tabelle I Kennwerte von PV-Modulen im Vergleich
Die Zellen von Arco sind monokristallin; alle anderen verwenden multikristallines Silizium.

[1] Leistung des Moduls bei einer Einstrahlung von 1000 W/m², einem AM von 1.5 und 25° Zellentemperatur.
[2] Der angegebene Wirkungsgrad η basiert auf der Bruttofläche, welche durch die äusseren Rahmenabmessungen begrenzt wird.
[3] Preisbasis: März 1989, ohne Wust, ab 100 Module für Generalunternehmer.

Fabrikat	Modul-Bezeichnung	Abmessungen eines 5-kW-Generators L/B[1] m	Erforderliche Anzahl Module Stück	Gesamtpreis für Module des 5-kW-Generators Fr.	Dachaufbaukonstruktion Fr.	Moduleinbau und elektrische Zusammenschaltung Fr.	Summe für betriebsbereiten 5-kW-Dachgenerator Fr.	Prozentualer Vergleich %	5-kW-Dachgenerator Kosten pro Watt Fr./W
AEG	PQ40/50	15,8/3,3	102	50 490	21 520	8390	80 400	118	16.10
Arco	M 55	10,0/3,9	90	44 550	16 240	7400	68 190	100	13.65
Kyocera	LA361J48	15,3/3,0	102	43 860	19 080	8390	71 330	105	14.30
Solarex	MSX 60	14,3/3,4	84	46 872	20 300	6910	74 080	109	14.80

Tabelle II Grösse und Kosten eines 5-kW-Dachgenerators je Modulfabrikat

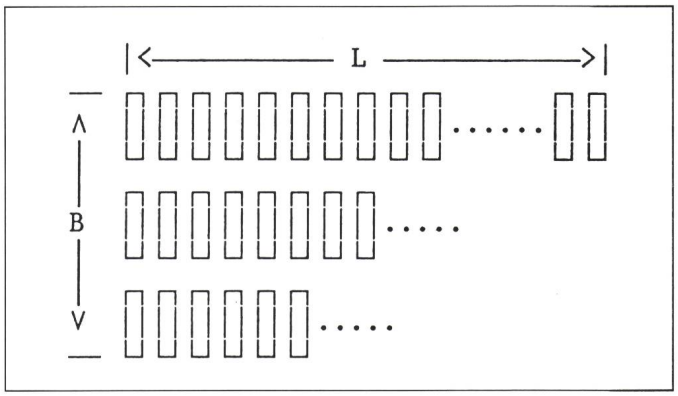
seren Breitengraden bei Regen, Hagel, Schnee und Vereisung bewährt. Hagelschäden sind eher selten, aber nie auszuschliessen; sie werden in der Regel von der Gebäudeversicherung übernommen.

Gegen Blitzeinwirkungen kann auch eine nach den Richtlinien des SEV[2] ausgelegte Blitzschutzanlage nicht durchwegs vollen Schutz gewährleisten. Bei einem direkten Einschlag ist sicher mit meist bedeutenden Schäden zu rechnen. Die Überschlagspannung Zellen - Rahmen ist mit 2...3 kV nicht sehr hoch. Stossspannungsprüfungen an diesen PV-Modulen sind nicht bekannt.

Wählt man die Bruttofläche eines Moduls anstelle der Absorptionsfläche der Zellen als Grundlage für die Definition des Wirkungsgrades, ergeben sich nach Tabelle I 129 W/m² oder η = 12,9% für Arco als grösster Wert und 101 W/m² oder η = 10,1% für AEG als niedrigster Wert. Wird ein Generator von 5 kW gemäss Tabelle II als Vergleichsbasis gewählt, sind dafür 102 AEG-Module erforderlich anstelle von 90 Modulen von Arco. Hier äussert sich ein respektabler Unterschied in der benötigten Gesamtfläche von 34%.

Das Kyocera-Modul ist nach Tabelle I das preisgünstigste. Es kostet 13% weniger als jenes von Arco. Im 5-kW-Dachgenerator liegen die Verhältnisse jedoch umgekehrt: Mit den Kyocera-Modulen sind nun 5%, entsprechend Fr. 3140.-, mehr auszulegen als mit Arco-Modulen. Modulpreis und Generatorkosten sind also keineswegs immer proportional. Die Differenz liegt in einem Mehrbedarf von 12 Modulen, einer um 18% grösseren Generatorfläche und in einem Mehraufwand für die elektrische Zusammenschaltung. Es sind zwei Grössen, welchen eine entscheidende Rolle zukommt: die *Leistung pro Flächeneinheit* und die *Kosten pro Watt* Nennleistung[3].

[1] **Anordnung der Module:**

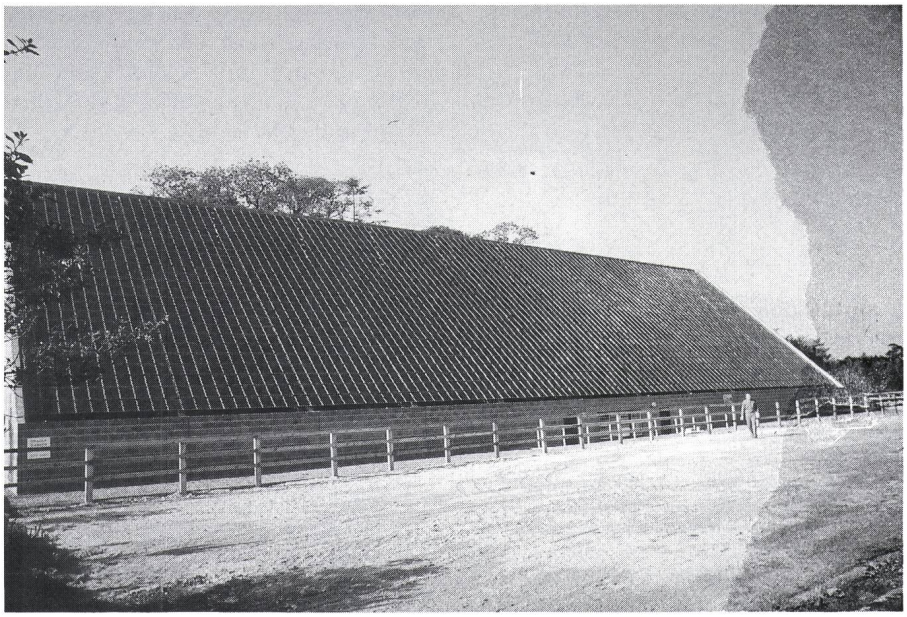


[2] Schweizerischer Elektrotechnischer Verein: «Leitsätze des SEV, Blitzschutzanlagen», SEV 4022.1987.

[3] Nennleistung ist die vom Generator abgegebene maximale Leistung bei einer solaren Einstrahlung von 1000 W/m², 25 °C Zellentemperatur und AM = 1,5.

4. Der Dachgenerator

Unter- und Tragkonstruktion für die Module sind das Ergebnis einer bauphysikalischen Untersuchung und einer Preisoptimierung. Als kostengünstigste Lösung erwies sich das Aufsetzen des PV-Generators auf das bestehende Ziegeldach. Eine Rahmenkonstruktion aus eloxierten Alumini-



Figur 3 Ein 50-kW-Generator auf Fota Island, Irland. Er ist als «Kaltdach» direkt auf die Dachlattung aufgesetzt. Das Gebäude gehört zu einer Milchfarm mit 250 Kühen der Universität Cork und versorgt diese autark über einen Bleiakkumulator-Speicher mit elektrischer Energie. Photo: AEG-Olympia, Hamburg

umprofilen wird von etwa 30 Stützen – je nach Grösse des Gesamtfeldes – getragen, welche die Ziegel durchstossen. Die Abdichtung solcher Durchbrüche ist dem Dachspengler geläufig.

Die einzelnen Module werden ohne Befestigung in die Rahmenkonstruktion eingelegt und lediglich mittels durchgehenden Abdeckprofilen gehalten. Im geräumigen Zwischenraum zu den Ziegeln ist ausreichend Platz für Schlaufdosen, welche der elektrischen Zusammenschaltung der Module dienen. In einer zentralen, jederzeit zugänglichen Schlaufdose werden einzelne Modulgruppen zum Gesamtgenerator zusammengeschaltet. Damit besteht Gewähr der elektrischen Trennung der Gruppen und nach Abdekkung aller Module dieser Gruppe ein völlig gefahrloses Arbeiten. Die Serieschaltung von Modulen für Spannungen bis einige hundert Volt ist damit problemlos. Dies ist eine fundamentale Grundforderung, da die volle Spannung der Gruppe auch bei bedecktem Himmel an den Klemmen liegt.

Aus der Kostenoptimierung resultierten mittlere Einheitspreise (Material und Arbeit) von Fr. 416.–/m² für die Unterkonstruktion und Fr. 169.–/m² für den elektrischen Teil.

Eine Umfrage bei Besitzern grösserer PV-Anlagen zeigte übereinstimmend, dass die Verschmutzung kein Problem darstellt; meist wird sie durch den Regen abgewaschen. Dies gilt für Anlagen mit Neigungswinkeln über 45° zur Horizontalen. Einzelne Nachprüfungen der Systemleistung vor und nach Abwaschen der Moduloberflächen ergab keine messbaren Differenzen. Dabei ist zu beachten, dass sich die Messgenauigkeit in Prozentwerten bewegen kann.

Figur 4 Ein Appartement-Haus in den USA. Hier sind die Solargeneratoren konsequent anstelle herkömmlicher Dachbedeckung eingesetzt worden. Der ungewohnte Anblick in der Umgebung vertrauter Häuser mag uns schockieren. Ob unsere Grosskinder dereinst ihre Köpfe über eben diese «vertrauten Wohnblöcke» schütteln werden? Photo: Alpha Real AG, Zürich

Alle Hersteller geben in der Regel eine 10jährige Garantie; die Leistung der Anlage darf sich nach dieser Zeit um höchstens 10% vermindern. Eine jährliche Überprüfung mittels eines Pyranometers[4] wird empfohlen; degradierte Modulstränge[5] müssten damit erkennbar sein. Auch durch eine visuelle Beobachtung lassen sich defekte Module meistens ermitteln.

Ein PV-Kollektordach ist entgegen der weit verbreiteten Meinung nicht wartungsfrei. Eine jährliche Inspektion, Funktionsüberprüfung und kleinere Unterhaltsarbeiten sind ein erforderliches Minimum. Als feste jährliche Kosten wurden für eine 5-kW-Anlage 1800 Franken errechnet.

5. PV-Generator und Konverter

Aus den Werkvorschriften für Energieverbraucher werden analog die Bedingungen für eine Netzrückspeisung abgeleitet:

- Bis 4 kW Leistung wird ein einphasiger Anschluss an das Niederspannungsnetz erlaubt.
- Über 4 kW wird eine Drehstromeinspeisung vorgeschrieben.

Die aktuellen Strombezugstarife[6] und die geltenden Vergütungen[7] für Netzeinspeisungen durch das EW liegen deutlich unter den Kosten der in einer PV-Anlage erzeugten Elektrizität; dennoch ist langfristig und volkswirtschaftlich gesehen das Netz der Speicher mit den geringsten ökologischen Belastungen. Als Alternative kommen Bleibatterien in Frage, deren Entsorgung vorderhand nicht gelöst ist und deren Betriebskosten aus Lebensdauerwartung, Investitionen und Pflege gegenüber der Potentialspeicherung im Netz eindeutig höher liegen.

Konverter werden heute einphasig für 4 kW angeboten. Die Tatsache, dass ein 4-kW-Konverter ziemlich genau ein Drittel eines Drehstromtyps von 12 kW kostet, beantwortet die Frage nach der Redundanz[8]. Drei Dachgeneratoren von je 5 kW Leistung kosten gleichviel wie einer von 15 kW. Die Verfügbarkeit beim Einsatz einphasiger Anlagen ist damit wesentlich grösser als bei einer dreiphasigen als Solitärlösung.

Der Konverter «konvertiert» die fast stetig schwankende Gleichspannung des Dachkollektors in eine konstante Wechselspannung. Er besitzt dafür eine Spannungsausgleichseinrichtung, besser bekannt unter den Begriffen Maximum Power Point Trakker (MPPT) oder Maximum Power Point Controller (MPPC), und einen Synchronwechselrichter. Sein Wirkungsgrad ist leistungsabhängig. Typische praxisnahe Werte liegen zwischen etwa 95% bei voller Leistung und 83% bei einem Viertel der Leistung. Da die volle Generator-Nennleistung von 5 kW einem Momentanwert für 1000 W/m² Einstrahlung, 25 °C Zellentem-

[4] Strahlungsmessgerät für das gesamte Spektrum der Solarstrahlung.

[5] Eine Leistungsminderung eines Modulstranges (Serieschaltung mehrerer Module), durch defekte Zellen verursacht, ist messbar.

[6] Im Versorgungsgebiet des Elektrizitätswerkes der Stadt Bern (EWB): 16 Rappen/kWh Haushaltstarif inkl. Grundpreis für den Tagesstrombezug.

[7] EWB: Tagesstromvergütungen: Sommer 6 Rappen/kWh, Winter 13 Rappen/kWh.

[8] Unter «Redundanz» versteht man das Vorhandensein ausreichender, jederzeit einsetzbarer Reserven.

peratur und einem AM[9] von 1,5 entspricht, welcher in Wirklichkeit kurzzeitig erreicht oder sogar überschritten werden kann, wird der Konverter lediglich auf 80% dieses Momentanwertes ausgelegt. Er arbeitet somit im wirtschaftlicheren Bereich und nimmt bei grösserem Strahlungsangebot keinen Schaden, da die Anpassung an den Kollektorwiderstand dann nicht mehr optimiert wird.

6. Der Energiebaustein: Investitionen und Betriebskosten

Ein Energiebaustein setzt sich zusammen aus:

- einem 5-kW-PV-Generator auf dem Hausdach
- einer blitzgeschützten elektrischen Verbindung zwischen den Klemmen des Generators und des Konverters
- einem 4-kW-Konverter mit Netzeinspeisung (220 V~/50 Hz).

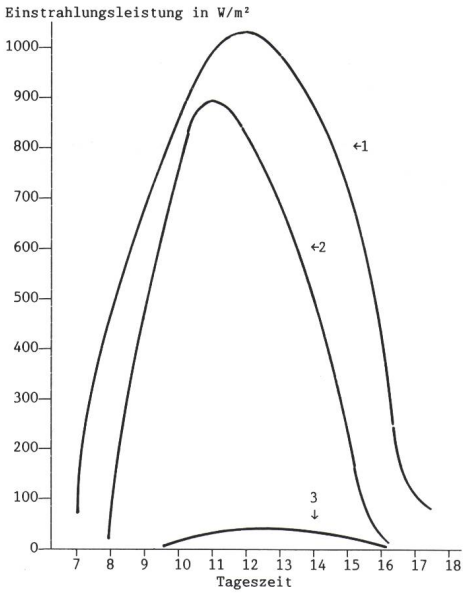
Es wurden Gesamtinvestitionen von Fr. 83 000.– (für die preisgünstigste Variante) ermittelt. Diese schliessen den 5-kW-Generator, die Dachaufbaukonstruktion, elektrische Verbindung (Tabelle II), einphasigen 4-kW-Konverter, alle Montagen, Einregulierung, Netzanschluss, ferner die Baubewilligungskosten (Fr. 2000.–) sowie Planung, Leitung, Inbetriebsetzung und Abnahme (Fr. 4000.–) ein.

Daraus resultieren folgende auf das beschriebene Projekt bezogene günstigste Einheitskosten:

- pro Watt Kollektorleistung bezogen auf den 5-kW-PV-Kollektor Fr. 16.60
- pro Watt Netzleistung (220 V~/50 Hz) bezogen auf die 4-kW-Netzeinspeisung Fr. 20.75
- pro m² Kollektorfläche Fr. 1748.—

Der prozentuale Kostenschlüssel gliedert sich nun wie folgt:

- Land 0%
- Solarmodule 54%
- Dachhalterung für die Module 20%
- Moduleinbau, elektrische Verbindungen, Blitzschutz, Erdungen, Netzanschluss 9%
- Konverter 10%
- Baubewilligung 2%
- Planung, Bauleitung, Inbetriebnahme, Abnahme 5%



Figur 5 Beispiele von Tagesenergiedichten (in die Ebene des Solargenerators eingestrahlt) für das Mittelland:

1 schöner Sommertag: 7,2 kWh/m² (45° Neigung)

2 sonniger Wintertag: 4,5 kWh/h/m² (60° Neigung)

3 trüber Wintertag: 0,13 kWh/m² (60° Neigung)

Als typischer Energiewirkungsgrad der Gesamtanlage (in den PV-Generator eingestrahlte Sonnenenergie W bis an den Klemmen der Netzeinspeisung registrierte Energie E) wurden 9,8% gefunden: η = E/W. Der Sommertag würde somit 705 W/m² und der sonnige Wintertag 437 W/m² netzseitig erreichen.

Quelle: Messungen 1988 an der Ingenieurschule Burgdorf ISB, Abt. Elektrotechnik (Dr. H. Häberlin).

7. Wirtschaftlichkeit: Erträge und Energiepreis

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird davon ausgegangen, dass das Investitionspaket von Fr. 75 000.– über 25 Jahre abgeschrieben wird. Dazu gehören alle Komponenten ausser dem Konverter. Da es sich um eine zusätzliche Dachkonstruktion (PV-Kollektor) mit entsprechender elektrischer Installation handelt, darf von einem Generationenalter ausgegangen werden.

Beim Konverter (Fr. 8000.–), einem kurzlebigeren elektronischen Baustein, dürften 10 Jahre Amortisationszeit bereits an der oberen Grenze liegen.

Der kalkulatorische Zinssatz sei 5%. Ferner wird die volle Verzinsung von 100% Eigen- oder Fremdmitteln und die Kapitalwiedergewinnung nach Ablauf der Abschreibzeiten vorausgesetzt.

Eine Variante mit Staatssubventionen wird ebenfalls betrachtet: Der Kanton Bern leistet an grössere photovoltaische Anlagen einen einmaligen Beitrag von 25%[10].

Als Jahresertrag für den effizientesten PV-Kollektor wurden für die Stadt Bern und für einen um 45° nach Süden geneigten Kollektor 160±20% kWh pro m² Bruttofläche ermittelt.

Für die Kostenrechnungen wird ein Netto-Energieertrag im Jahresmittel von 128 kWh/m² Brutto-Kollektorfläche zugrundegelegt. Dieser Wert ergibt sich aus der mittleren Jahresproduktion von 160 kWh/m² und einem Systemwirkungsgrad für den Energiebaustein von 80%. Daraus folgt für den 5-kW-PV-Generator eine Jahresproduktion von 5000 kWh.

Die Kumulation von Kapitaldienst, Kosten für jährlichen Unterhalt (siehe Kapitel 4) und der ermittelten mittleren Jahresproduktion ergibt folgende Energiepreise:

- ohne Subventionen Fr. 1.50/kWh
- mit Subventionen Fr. 1.20/kWh

Die reinen Selbstkosten pro kWh PV-Energie errechnen sich unter folgender Annahme: Der Konsument zahlt für die Energie, welche er aus dem Netz des EW bezieht; speist er PV-Energie ins Netz zurück, erhält er dafür eine Vergütung (siehe Kapitel 5). Beide Posten sind vom Energiepreis aus PV-Anlagen abzurechnen. Die Differenz sind die reinen Selbstkosten. Unter der Annahme, dass 2/3 der Eigenproduktion gleich selbst verbraucht werden und nur 1/3 ins Netz zurückgespeist wird, entstehen reine Selbstkosten von Fr. 1.–/kWh für den subventionierten Fall.

[9] Air Mass (AM) = 1/cos γ
γ ist der Winkel zwischen Zenith und Einstrahlung. Für AM = 1.5 wird γ etwa 47° entsprechend unserer mittleren geographischen Breite. Beträgt der Anstellwinkel eines Kollektors zur Horizontalen 47°, fällt die Sonne im Equinox (Tag-/Nachtgleiche im Frühling und Herbst) senkrecht dazu ein.

[10] Dekret über Staatsleistungen an die Energieversorgung (DEV) des Kantons Bern vom 4.2.1987.

Une sécurité simple, efficace, économique:
Utilise la chaleur humaine pour la détection (Infrarouge)
Utilise le réseau électrique pour la transmission (Transec®)
Utilise les douilles de lampes pour l'installation.

Einfach, wirksam, preisgünstig:
Verwendet die Körperstrahlung für die Bewachung (Infrarot)
Verwendet das existierende Stromnetz für die Übermitlung (Transec®)
Verwendet die Spots- und Lampenfassungen für die Installation

TRANSEC®

electro bauer

DISTRIBUTEUR EXCLUSIF DU SPOT-ALARM POUR LA SUISSE

EXKLUSIVVERTRETUNG DES SPOT-ALARMS FÜR DIE SCHWEIZ

Allschwil	061 63 98 88
Bern	031 42 20 44
Chur	081 22 95 95
Colombier	038 41 18 18
Gd-Lancy	022 43 21 20
Lugano	091 51 39 33
Zürich	01 271 26 22

Electro Bauer AG
Elektrotechn. Artikel en gros
Lettenweg 114, 4123 Allschwil

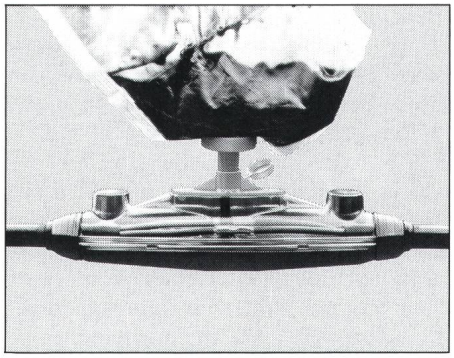
Kabelspleissen:

3M erhöht die Arbeitssicherheit und reduziert die Umweltbelastung!

3M-Produkte und -Ideen sind führend in der Giesstechnik. Das geschlossene Giessverfahren revolutioniert den Arbeitsvorgang, verbessert entscheidend die Arbeitsbedingungen.

Fordern Sie die aufschlussreiche Dokumentation an.

Unsere Erfahrung ist Ihr Vorteil.



3M (Schweiz) AG
Abt. Elektroprodukte
8803 Rüschlikon
Tel. 01/724 93 51

3M

da stimmen Qualität, Produkt und Preis