

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 88 (1997)

Heft: 10

Artikel: Überdurchschnittlicher Energieertrag von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen in Burgdorf

Autor: Häberlin, Heinrich / Beutler, Christian

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902199>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Dank der Vergütung von einem Franken für jede von einer Photovoltaikanlage ins Stromnetz eingespeiste Kilowattstunde (Burgdorfer Modell) sind in Burgdorf in den letzten Jahren viele netzgekoppelte Photovoltaikanlagen entstanden. Gegenwärtig sind 33 Anlagen mit einer grossen Vielfalt an Komponenten in Betrieb. Mit einer total installierten Leistung von etwa 233 kW_p oder über 15 W_p pro Einwohner hat Burgdorf auch die Ziele von «Energie 2000» Ende 1996 bereits weit übertroffen. Das Burgdorfer Modell wirkt sich aber auch bezüglich des Energieertrags der realisierten Anlagen sehr positiv aus, obwohl das Wetter in Burgdorf durchaus vergleichbar mit dem Wetter im übrigen Mittelland ist. Der Energieertrag der mit elektronischen Wechselrichtern ausgerüsteten Anlagen liegt mit 877 kWh/kW_p in einem Normaljahr um einige Prozente über dem schweizerischen Durchschnittswert. Anlagen neuester Technologie erreichen sogar Jahresenergieerträge von über 1000 kWh/kW_p.

Überdurchschnittlicher Energieertrag von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen in Burgdorf

Adresse der Autoren

Dr. Heinrich Häberlin, dipl. El.-Ing. ETH
Professor
Christian Beutler, El.-Ing. HTL, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Ingenieurschule Burgdorf (ISB), Jlcoweg 1
CH-3400 Burgdorf

■ Heinrich Häberlin
und Christian Beutler

Energieproduktion im Jahre 1996

Um die verschiedenen Anlagen in einfacher Weise miteinander vergleichen zu können, wird in diesem Beitrag der Energieertrag der Anlagen in Kilowattstunden pro Kilowatt peak (kWh/kW_p) angegeben. Damit spielt die Grösse der Anlage keine Rolle mehr, der Energieertrag wird bei jeder Anlage auf 1 kW_p (1 Kilo-

watt Spitzenleistung bei Standardbedingungen) umgerechnet [1].

Für die Erfassung des Jahresenergieertrags 1996 konnten nur die Anlagen, welche vor Ende 1995 installiert waren, verwendet werden. Tabelle I gibt eine Übersicht über die wichtigsten Daten dieser Anlagen. Der Energieertrag der später in Betrieb genommenen Anlagen wurde in den folgenden Auswertungen *nicht* berücksichtigt.

Die mittlere Energieproduktion dieser 26 Anlagen im Jahr 1996 lag mit 856 kWh pro kW_p deutlich über dem schweizerischen Mittelwert der Jahre 1992 bis 1995 von 820 kWh/kW_p [2]. Betrachtet man nur die mit elektronischen Wechselrichtern ausgerüsteten Anlagen, beträgt der Energieertrag sogar 894 kWh pro kW_p.

Anlagen neuester Technologie erreichten Produktionswerte, welche weit über der magischen Grenze von 1000 kWh/kW_p lagen. Die beste Anlage erreichte in dieser Zeit gar 1040 kWh pro kW_p.

Insgesamt betrug der Energieertrag nur gerade bei vier Anlagen weniger als 800 kWh pro kW_p. Alle anderen Anlagen erreichten, zum Teil trotz Wechselrichterausfällen, 800 kWh/kW_p und mehr.

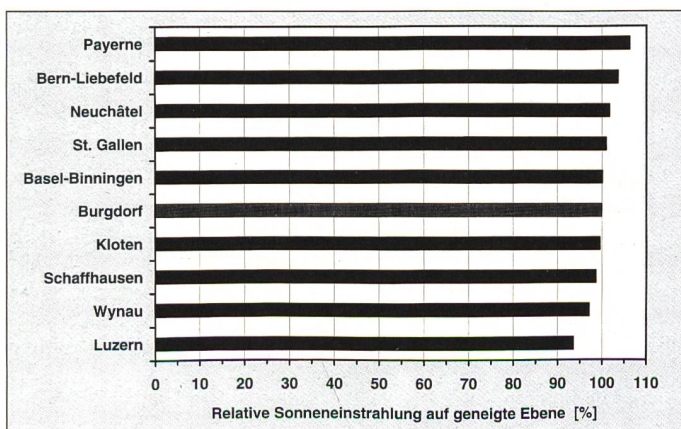


Bild 1 Vergleich der Sonneneinstrahlung (Globalstrahlung auf 30° geneigte Ebene) an verschiedenen Standorten im Mittelland nach Meteonorm 95 [3].

Anlage/ Standort	Solargenerator						Wechsel- richter	Bau- jahr
	Module	β	γ	P_{Gen} (kW _p)	A_{Gen} (m ²)	Montage		
Firma 1	Siemens M55	25°	30° E	63.00	512.0	Dach	Rot. Maschine	1992
Firma 2	Siemens M55	60°	20° W	3.180	25.6	Fassade	Solcon 3300	1991
Firma 3	Siemens M55	35°	5° W	2.968	23.9	Flachdach	TopClass 3000	1993
Firma 4	Kyocera K51	30°	0° (S)	3.060	26.3	Flachdach	Solcon 3400HE	1994
GIBBU	Solarex MSX64	30°/60°	0° (S)	3.072	26.7	Flachdach	Solcon 3400HE	1994
Gymnasium	Kyocera K51	30°	0° (S)	3.060	26.3	Flachdach	TClass 2500/6	1994
IBB/Gsteighof	Solarex MSX120	30°	20° E	16.0	151.1	Flachdach	Solarmax 15	1995
ISB/Tiergarten	Siemens M55HO	30°	29° W	59.66	450.6	Sheddach	div.	1994
Lindenfeld 1	Siemens M55	35°	0° (S)	3.300	25.6	Flachdach	Solarmax S	1995
Lindenfeld 2	Siemens M55	35°	0° (S)	3.300	25.6	Flachdach	Solarmax S	1995
Lindenfeld 3	Siemens M55	35°	0° (S)	3.300	25.6	Flachdach	Solarmax S	1995
Lindenfeld 4	Siemens M55	35°	0° (S)	3.300	25.6	Flachdach	Solarmax S	1995
Lindenfeld 5	Siemens M55	35°	0° (S)	3.300	25.6	Flachdach	Solarmax S	1995
Lindenfeld 6	Siemens M55	35°	0° (S)	3.300	25.6	Flachdach	Solarmax S	1995
Privathaus 1	Siemens M55	28°	10° E	3.180	25.6	Dach	TopClass 3000	1992
Privathaus 2	Siemens M55	45°	45° W	3.180	25.6	Dach	Solcon 3300	1991
Privathaus 3	Solarex MSX60	38°	30° E	1.440	13.4	Dachkante	PVWR 1500	1991
Schlossmatt 1	Siemens M55	30°	7° E	3.180	25.6	Dach	TClass 4000/6	1994
Schlossmatt 2	Siemens M55	30°	7° E	3.180	25.6	Dach	TClass 4000/6	1994
Schlossmatt 3	Kyocera G102	30°	7° E	3.060	25.6	Dach	TClass 2500/6	1994
Schlossmatt 4	Kyocera G102	30°	7° E	3.060	25.6	Dach	Solcon 3400HE	1994
Schlossmatt 5	Siemens M55	30°	7° E	3.180	25.6	Dach	TClass 4000/6	1994
Schlossmatt 6	Siemens M55	30°	7° E	3.180	25.6	Dach	Solarmax S	1995
Schlossmatt 7	Siemens M55	30°	7° E	3.180	25.6	Dach	Solarmax S	1995
Schlossmatt 8	Siemens M55	30°	7° E	3.180	25.6	Dach	Solarmax S	1995
Schlossmatt 9	Kyocera G108	30°	7° E	3.240	25.6	Dach	Solarmax S	1995

Tabelle I Übersicht über die 26 bis Ende 1995 in Betrieb genommenen netzgekoppelten Photovoltaikanlagen in Burgdorf, die für die Untersuchung verwendet wurden.

Interessant ist auch der Winterenergieanteil der Burgdorfer Anlagen. Da der Anstellwinkel der Solarmodule bei den meisten Anlagen um die 30° beträgt, liegt der durchschnittliche Winterenergieanteil mit 28,9% (für Anlagen mit elektronischem Wechselrichter) im erwarteten Rahmen.

Meteorologische Bedingungen in Burgdorf

Um die gemessenen Energieerträge mit an anderen Orten gemessenen Werten vergleichen zu können, ist es notwendig, die Strahlungsverhältnisse in Burgdorf mit denen an anderen Mittellandstandorten zu vergleichen. Anschliessend muss die 1996 gemessene Energieproduktion für einen fairen Vergleich auf ein strahlungsmässiges Normaljahr umgerechnet werden.

In Meteonorm 95 [3] sind von einer Vielzahl von A-Netz-Stationen der SMA (Schweizerische Meteorologische Anstalt) langjährige Mittelwerte der Sonneneinstrahlung und anderen klimatischen Daten gespeichert. Der Vergleich mit neun anderen Standorten im Mittelland zeigt, dass Burgdorf durchaus ein

durchschnittlicher Mittellandstandort ist (Bild 1). Es gibt im Mittelland Standorte wie Neuchâtel, Bern-Liebefeld oder Payerne, die bis zu 6% mehr Sonneneinstrahlung aufweisen als Burgdorf. Natürlich gibt es auch schlechtere Standorte wie Schaffhausen, Wynau oder Luzern, die weniger Sonneneinstrahlung erhalten als Burgdorf.

Betrachten wir nun die Sonneneinstrahlung in Burgdorf im Jahre 1996 im Vergleich zum langjährigen Mittel. Die Sonneneinstrahlung in die Horizontalebene wird seit mehr als fünf Jahren auf dem Hauptgebäude der ISB gemessen. In unserer Bezugsperiode betrug die Sonneneinstrahlung in die Horizontalebene 1165 kWh/m². Für die Umrechnung auf ein sogenanntes Normaljahr (mit Sonneneinstrahlung entsprechend dem langjährigen Mittel) wurden Daten aus drei verschiedenen Quellen hinzugezogen. Durch Mittelung der Werte aus Meteonorm 95 (Interpolation), Meteonorm 85 (ebenfalls Interpolation) und dem 5-Jahres-Durchschnittswert der ISB-Messung in Burgdorf erhält man den Wert 1143 kWh/m². Damit war die Sonneneinstrahlung im Jahr 1996 in Burgdorf um rund 2% zu hoch. Die folgenden Umrechnungen der Energieerträge basieren auf diesem Wert.

Energieproduktion in einem Normaljahr

Rechnet man die Ertragsdaten auf ein Normaljahr um, so erhält man als Durchschnittswert immer noch 839 kWh pro kW_p (Tabelle II). Betrachtet man wiederum nur die Anlagen mit elektronischem Wechselrichter, so beträgt der Energieertrag 877 kWh/kW_p. Dieser Wert liegt um etwa 6,9% über dem schweizerischen Durchschnittswert. Die besten Anlagen erreichen auch in einem Normaljahr Energieerträge von über 1000 kWh/kW_p. Der Winterenergieanteil liegt zwischen 26,5% und 33,5%.

Ordnet man die einzelnen Anlagen bestimmten Ertragsklassen zu, so ist ersichtlich, dass die meisten Anlagen einen Ertrag zwischen 900 und 1000 kWh/kW_p aufweisen (Bild 2). Nur vier Anlagen liegen in Klassen unter 800 kWh/kW_p, dagegen 17 Anlagen in Klassen über 900 kWh/kW_p und mehr.

Bild 3 zeigt die durchschnittliche monatliche Energieproduktion der mit elektronischen Wechselrichtern ausgerüsteten PV-Anlagen in Burgdorf in einem Normaljahr.

Anlage	P_{Gen} (kW _p)	β	Winter- energie	Endertrag (kWh/kW _p)
Schlossmatt 8	3.18	30°	29,6%	1020
Schlossmatt 7	3.18	30°	28,8%	1013
Schlossmatt 6	3.18	30°	27,4%	994
Lindenfeld 6	3.30	35°	30,1%	978
Lindenfeld 1	3.30	35°	30,0%	975
Lindenfeld 3	3.30	35°	30,0%	974
Lindenfeld 5	3.30	35°	30,0%	971
Lindenfeld 2	3.30	35°	29,8%	968
Schlossmatt 9	3.24	30°	29,4%	961
Lindenfeld 4	3.30	35°	29,9%	958
Firma 4	3.06	30°	29,4%	955
Schlossmatt 1	3.18	30°	29,8%	937
Schlossmatt 2	3.18	30°	29,5%	922
Schlossmatt 5	3.18	30°	29,6%	914
GIBBU	3.07	30°/60°	31,5%	904
Schlossmatt 3	3.06	30°	28,3%	898
IBB/Gsteighof	16.00	30°	27,9%	890
Schlossmatt 4	3.06	30°	30,4%	866
ISB	59.66	30°	27,9%	837
Firma 3	2.97	35°	29,8%	833
Privathaus 2	3.18	45°	30,2%	804
Gymnasium	3.06	30°	28,8%	787
Privathaus 3	1.44	38°	27,7%	768
Firma 1	63.00	25°	26,5%	748
Privathaus 1	3.18	28°	29,4%	734
Firma 2	3.18	60°	33,5%	617
Mittelwert aller Anlagen:			28,2%	839
Mittelwert der Anlagen mit elektronischem Wechselrichter:			28,8%	877

Tabelle II Energieertrag der Burgdorfer PV-Anlagen in einem Normaljahr (Sonneneinstrahlung entspricht langjährigem Mittel).

Solarmax S (Schlossmatt 6–8). Sie übertreffen die nächste Anlage mit einem älteren, konventionellen Wechselrichter am genau gleichen Standort (Schlossmatt 1) um 6 bis 9%. Die Gründe für diese starke Steigerung des Energieertrages liegen vor allem in der einfachen, verlustarmen Gleichstromverkabelung. Dank der hohen Betriebsspannung und dem kleinen Betriebsstrom können die Verluste sehr tief gehalten werden. Weiter fallen die Verluste an den Strangdioden weg. Auf der Solarmodulseite können zurzeit nur Vermutungen angestellt werden: Die effektiv gelieferte Leistung neuerer Solarmodule stimmt wahrscheinlich besser mit den Herstellerangaben überein, das heisst die gelieferte Leistung ist nicht mehr 10 bis 15% tiefer als die spezifizierte Leistung, wie dies früher oft der Fall war. Wesentlich ist auch die Streuung der Modulleistungen, die bei neueren Modulen vermutlich kleiner ist als früher. Es ist geplant, die bei diesen Anlagen im Solargenerator auftretenden Verluste im Rahmen eines soeben begonnenen Projektes genauer zu untersuchen.

Sehr gut schneidet auch die Anlage Firma 4 ab. Hier wirken sich die optimale Lage des Solargenerators (Neigung 30°, Ausrichtung genau nach Süden, keine Abschattungen) und der sehr gute Teillastwirkungsgrad des Solcon-Wechselrichters positiv aus. Aufgrund der detaillierten Messungen konnte auch eine sehr gute Wartung der Anlage festgestellt werden (gefallener Schnee wird im Winter jeweils nach kurzer Zeit entfernt!).

Die Anlagen mit dem geringsten Energieertrag

Die Anlage Gymnasium wird, besonders in den Wintermonaten, stark durch Bäume beschattet. Dies konnte durch Aufnahme eines Besonnungsdiagramm-

Detailliertere Analyse der Energieproduktion

Im folgenden sollen die Unterschiede im Energieertrag der einzelnen Anlagen in Burgdorf näher analysiert werden.

Aus einem von der ISB im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft, des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern und der IBB durchgeführten Projekt waren an vielen Anlagen in Burgdorf noch Messgeräte vorhanden,

die eine zeitlich fein aufgelöste Analyse des Energieertrags der Anlagen in Burgdorf erlaubten, so dass auch speziellere Anlageprobleme (z. B. sporadische Wechselrichter-Fehlfunktionen) erkennbar waren.

Die Anlagen mit dem höchsten Energieertrag

Spitzenreiter bezüglich Energieproduktion sind die 1995 in Betrieb genommenen Anlagen mit Siemens-Solarmodulen und dem traflosen Wechselrichter

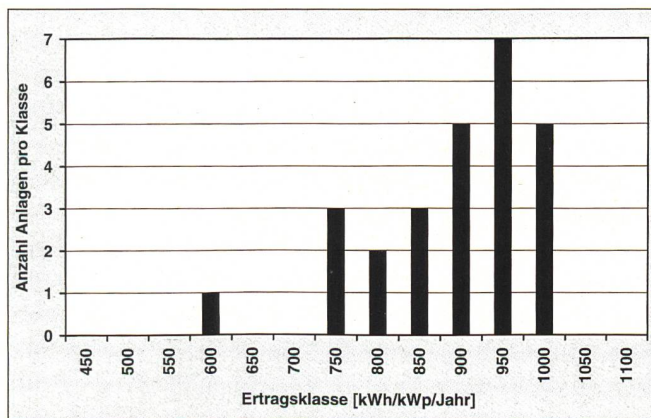


Bild 2 Endertrag der Burgdorfer PV-Anlagen in Ertragsklassen aufgeteilt in einem Normaljahr. Beispiel: Die Ertragsklasse 900 kWh/kW_p reicht von 875 kWh/kW_p bis 924 kWh/kW_p.

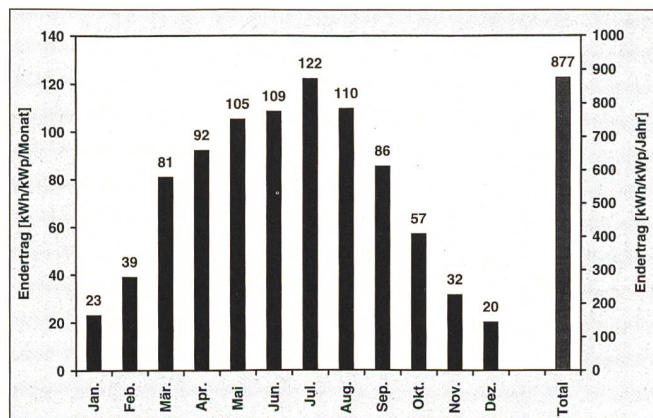


Bild 3 Durchschnittlicher Energieertrag der netzgekoppelten, mit elektronischen Wechselrichtern ausgerüsteten PV-Anlagen in Burgdorf in einem Normaljahr (berechnet aufgrund der Daten von 1996).

mes leicht bestätigt werden. Besonders beim Vorhandensein von (Laub-)Bäumen besteht oft die Meinung, ein Baum ohne Blätter (im Winter) verursache ja keinen relevanten Schatten. Der Einfluss schlanker schattenwerfender Strukturen (laubfreie Bäume, Fahnenmasten usw.) wird häufig unterschätzt.

Trotz günstiger Solargeneratororientierung wirkt sich bei der Anlage Firma 1 der Einsatz einer mechanischen Umformergruppe (Gleichstrommotor-Asynchrongenerator) anstelle eines elektronischen Wechselrichters negativ auf den Energieertrag aus. Besonders im Winter entstehen durch den sehr schlechten Teillastwirkungsgrad der Umformergruppe grosse Verluste. Die Anlage Firma 1 liegt deshalb sehr weit hinten. Ein ähnliches Problem hat die kleinste Burgdorfer Anlage, die Anlage Privathaus 3: Hier ist ein älterer Wechselrichter mit einem schlechten Teillastwirkungsgrad in Kombination mit einem unterdimensionierten Solargenerator im Einsatz.

Als Schlusslicht in der Rangliste fungiert die Fassadenanlage Firma 2. Negativ wirken hier der Anstellwinkel von 60° , die starke Beschattung durch einen Gebäudeteil im Sommer sowie wiederum der schlechte Teillastwirkungsgrad des Wechselrichters aus.

Die Anlagen mit mittleren Energieerträgen

Energieerträge von 850 bis 900 kWh/kW_p sind für Anlagen nicht mehr neuester Technologie sicher sehr gut. Einzelne Anlagen sollten aber gleichwohl höhere Erträge aufweisen, so zum Beispiel die Anlage Schlossmatt 4, deren Zurückfallen gegenüber der Anlage Schlossmatt 3, die Ende Jahr sogar noch einige Wechselrichterprobleme hatte, ohne weitere Messungen nicht erklärbar ist.

Energieproduktionsverluste können auch bei Anlagen entstehen, die nicht nur der reinen Stromproduktion dienen, sondern an denen Messungen, Versuche und wissenschaftliche Arbeiten durchgeführt werden. Dies betrifft vor allem die 60-kW_p-Anlage der ISB und die 3-kW_p-Anlage der Gewerblich-Industriellen Berufsschule GIBBU.

Wechselrichter- und andere Ausfälle

Leider treten auch heute noch ab und zu Anlageausfälle auf. Meistens betreffen diese den Wechselrichter. Hierbei wurden aber in den letzten Jahren deutliche Verbesserungen erzielt, waren doch noch vor ein paar Jahren mehrere Ausfälle im Jahr nicht aussergewöhnlich.

Je nachdem in welcher Jahreszeit solch ein Ausfall auftritt und wie schnell

er bemerkt wird, kann der Jahresenergieertrag stark beeinträchtigt werden. Ein Beispiel hierzu ist der Wechselrichter-ausfall der Anlage Schlossmatt 6 Ende Februar 1996: Der Wechselrichter lief zwar noch, speiste jedoch nur noch einen Teil der Solarenergie ins Netz ein. Ob schon der Defekt innert kurzer Zeit entdeckt wurde und die Reparatur sehr rasch erfolgte, entstand in neun Tagen ein Energieproduktionsverlust von 97 kWh oder fast 3% des Jahresenergieertrages!

Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Energieertrag der mit elektronischen Wechselrichtern ausgerüsteten netzgekoppelten Photovoltaikanlagen in Burgdorf erreicht in einem Normaljahr 877 kWh/kW_p. Er liegt damit um einige Prozent höher als der schweizerische Durchschnitt. Optimal dimensionierte PV-Anlagen neuester Technologie erreichen in Burgdorf Jahresenergieerträge von über 1000 kWh/kW_p.

Burgdorf kann durchaus als durchschnittlicher Mittellandstandort betrachtet werden. Dies belegen langjährige Klimadaten von diversen Stationen im Mittelland. Umgesetzt auf die Schweiz bedeuten somit die Burgdorfer Ergebnisse, dass der in der VSE-Statistik ermittelte Durchschnittswert der Jahre 1992 bis 1995 von 820 kWh pro kW_p keineswegs als obere Grenze zu betrachten ist. Falls in Zukunft viele optimale Anlagen gebaut werden, kann auch der schweizerische Mittelwert ansteigen.

Positiv auf den Energieertrag der Burgdorfer Anlagen wirkt sich sicher das Burgdorfer Modell (Vergütung von Fr. 1.– pro kWh) aus, das die Anlagebesitzer anspornt, ihre Anlagen gut zu warten. Dank dem Förderprogramm des Bundes und der Möglichkeit, in Burgdorf auf Schulhausdächern Privatanlagen zu errichten, entstanden ab 1994 viele Anlagen neuerer Technologie. Bei diesen

Verdankungen

Die Arbeiten der ISB auf dem Gebiet der Photovoltaik werden unterstützt durch das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW), die Industriellen Betriebe Burgdorf (IBB), den Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL) und das Elektrizitätswerk der Stadt Bern (EWB).

neueren Anlagen wurden im Vergleich zu älteren Anlagen verbesserte Komponenten eingesetzt, die eine Erhöhung des Energieertrages zur Folge hatten. Die Ergebnisse der Burgdorfer Anlagen zeigen, dass der Energieertrag innert Jahren deutlich gesteigert werden konnte.

Abschliessend ist festzuhalten, dass es auch heute keine ideale PV-Anlagenkonfiguration gibt. Jede Anlagekonfiguration hat ihre Vor- und Nachteile. Auch neueste Wechselrichter mit Trafos haben deutlich höhere Wirkungsgrade als ältere Modelle. Zuverlässige Anlagen mit hohen Energieerträgen können heute mit mehreren Konfigurationen, mit optimal aufeinander abgestimmten Komponenten, realisiert werden.

Im Rahmen eines am 1. Oktober 1996 begonnenen Projektes sollen im Auftrag des PSEL, des BEW und der IBB durch gezielte Messungen an einzelnen auffälligen Anlagen die Gründe für die hohen Energieerträge und die Unterschiede zwischen den Anlagen genau untersucht werden. Ebenso ist geplant, bei einer älteren, relativ schlechten Anlage (Privathaus 1) wie bei der Anlage Jungfrauoch Massnahmen zur Leistungssteigerung zu realisieren.

Literatur

[1] H. Häberlin und Ch. Beutler: Analyse des Betriebsverhaltens von Photovoltaikanlagen durch normierte Darstellung von Energieertrag und Leistung. SEV/VSE-Bulletin 4/95.

[2] Ch. Meier: Photovoltaik-Energiestatistik 1995. SEV/VSE-Bulletin 10/96.

[3] J. Remund, E. Salvisberg und S. Kunz: Meteorolog. BEW Bern, 1995.

Rendement énergétique d'installations photovoltaïques à Berthoud

Au cours des dernières années, Berthoud a été en mesure de raccorder de nombreuses installations photovoltaïques au réseau, en raison de la rémunération de 1 franc par kilowattheure d'énergie électrique d'origine solaire injectée dans le réseau. Trente-trois installations sont pour l'heure en service, installations qui présentent les composantes les plus diverses. Berthoud a d'ores et déjà dépassé largement les objectifs fixés par Energie 2000, avec une puissance totale installée supérieure à 230 kW_p, soit quelque 15 W_p par habitant. Le modèle de Berthoud a en outre des conséquences très positives pour le rendement énergétique des installations existantes, et ceci bien que les conditions météorologiques locales soient comparables à celles du reste du Plateau suisse. Le rendement énergétique des installations équipées d'onduleurs électroniques est, avec 877 kWh/kW_p au cours d'une année normale, de quelques pour cent plus élevé que la moyenne suisse. Les installations les plus modernes atteignent même des rendements énergétiques annuels supérieurs à 1000 kWh/kW_p.