Energieertrag 1997 der netzgekoppelten Photovoltaikanlagen in Burgdorf

Autor(en): **Häberlin, Heinrich**

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): **89 (1998)**

Heft 10

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902081

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

Ende 1997 waren in Burgdorf 34 Photovoltaikanlagen mit etwa 237 kW_p total installierter Leistung in Betrieb. Dank höherer Sonneneinstrahlung und einem grösseren Anteil Anlagen mit neuester Technologie an optimaler Lage stieg die mittlere Jahresenergieproduktion im Jahr 1997 im Vergleich zum Vorjahr [1] erneut an.

Energieertrag 1997 der netzgekoppelten Photovoltaikanlagen in Burgdorf

Auf dem Neubau der Abteilung Elektrotechnik befindet sich die 60-kW_p-Photovoltaik-Testanlage der Ingenieurschule Burgdorf.

■ Heinrich Häberlin

Energieproduktion im Jahre 1997

Um die verschiedenen Anlagen einfach miteinander zu vergleichen, wird in diesem Beitrag der Energieertrag der Anlagen in Kilowattstunden pro Kilowatt peak (kWh/kW_p) angegeben. Für die Erfassung des Jahresenergieertrags 1997 konnten nur die 31 Anlagen, die vor Ende 1996 installiert waren und bei welchen im Laufe des Jahres keine Veränderung erfolgte, verwendet werden. Tabelle I gibt eine Übersicht über die wichtigsten Daten und den Energieertrag 1997 dieser Anlagen. Die mittlere Energieproduktion dieser 31 Anlagen im Jahr 1997 lag mit **969 kWh/kW_p** deutlich über dem schweizerischen Mittelwert der Jahre 1992 bis 1996 von 819 kWh pro kW_p [2]. Betrachtet man nur die mit elektronischen Wechselrichtern ausgerüsteten Anlagen, beträgt der Energieertrag sogar **1011 kWh/kW_p**. Neue Anlagen mit trafolosen Wechselrichtern erreichten an guten Lagen Produktionswerte, die weit über 1000 kWh/kW_p lagen. Die beste Anlage erreichte in dieser Zeit gar **1152 kWh/kW_p**.

Sonneneinstrahlung in Burgdorf im Jahr 1997

Die mit der Messstation der ISB in der Horizontalebene gemessene Strahlungssumme in Burgdorf erreichte im Jahre 1997 den Wert von 1251 kWh/m^2. Im Vergleich zu dem in [1] bestimmten langjährigen Mittel der Sonneneinstrahlung in die Horizontalebene von 1143 kWh/m^2 war sie somit um 9,4% zu hoch, das heisst 1997 war wie in anderen Teilen der Schweiz überdurchschnittlich sonnig. Bei vielen Anlagen haben die Energieerträge im Vergleich zum Vorjahr sogar um bis zu 15% zugenommen.

Bei der Strahlungsmessstation der ISB wird nicht nur die Einstrahlung in die Horizontalebene, sondern auch in eine um 45° gegen Süden geneigte Ebene gemessen. Im Vergleich zu 1996 hat der Jahres-Globalstrahlungsfaktor R (β,γ), das heisst das Verhältnis zwischen der Einstrahlung in die geneigte Ebene im Vergleich zur Einstrahlung in die Horizontalebene, im Jahr 1997 um 3,4% zugenommen, weil bei überdurchschnittlichen Einstrahlungen die Direktstrahlung überproportional ansteigt. Für eine korrekte Umrechnung auf ein Normaljahr mit durchschnittlicher Einstrahlung wie in [1] ist diese Tatsache ebenfalls zu berücksichtigen, eine Umrechnung nur mit Hilfe des Verhältnisses der horizontalen Strahlungssumme genügt nicht. Die in der Tabelle I angegebenen Werte wurden mit Hilfe einer derartigen doppelten Korrektur ermittelt. Eine noch exaktere Umrechnung auf ein Normaljahr wäre mit einer separaten Messung von direkter und diffuser Strahlung (wesentlich aufwendiger) und Verwendung des Dreikomponentenmodells möglich.

Energieproduktion in einem Normaljahr

Rechnet man die Ertragsdaten auf ein Normaljahr um, so erhält man als Durchschnittswert immer noch **856 kWh/kW_p** (Tabelle I, Kolonne rechts aussen). Betrachtet man nur die Anlagen mit elektronischem Wechselrichter, so beträgt der Energieertrag **893 kWh/kW_p**. Dieser Wert liegt um 9% über dem schweizerischen Durchschnittswert. Die besten Anlagen erreichen auch in einem Normal-

Adresse des Autors
Dr. *Heinrich Häberlin*
Professor
Ingenieurschule Burgdorf (ISB)
Jlcoweg 1
CH-3400 Burgdorf

jahr Energieerträge von **über 1000 kWh/kW$_p$**. Der Winterenergieanteil liegt zwischen 27,8% und 34,0%.

Die nunmehr während mehr als sechs Jahren an der ISB durchgeführten Strahlungsmessungen deuten darauf hin, dass das in [3] verwendete Modell für Burgdorf vermutlich eine etwas zu tiefe Jahresstrahlungssumme liefert. Damit ist auch der für die Umrechnung auf ein Normaljahr verwendete Wert von 1143 kWh/m^2 wahrscheinlich um 1 bis 3% zu tief. In einem Normaljahr dürften die Energieerträge bei Anlagen in Burgdorf deshalb um den gleichen Prozentsatz höher liegen.

Schlussfolgerungen

Bei optimal gelegenen Anlagen neuester Technologie liegen die aus den Erträgen 1997 umgerechneten Energieerträge in einem Normaljahr um 1000 kWh/kW$_p$, also etwa im gleichen Bereich wie die aus den Erträgen 1996 umgerechneten Erträge [1]. Dagegen liegen der Durchschnittswert aller Anlagen und die Erträge schwächerer Anlagen gemäss Tabelle I deutlich höher als die in [1] angegebenen Werte. Dazu beigetragen hat sicher der gestiegene Anteil der Anlagen neuester Technologie und der Ersatz eines alten, pannenanfälligen Wechselrichters bei der Anlage Privathaus 1. Bei schwächeren Anlagen sind oft höhere Verluste im Teillastbereich vorhanden, die in guten Jahren mit überdurchschnittlicher Einstrahlung natürlich weniger ins Gewicht fallen. Erfreulich hat sich im Jahre 1997 die Wechselrichterzuverlässigkeit entwickelt. Bei den Anlagen in Burgdorf traten erstmals weniger als 0,1 Wechselrichterausfälle pro Wechselrichter-Betriebsjahr auf. Eine detailliertere Diskussion der Ursachen für die beobachteten unterschiedlichen Energieerträge ist in [1] angegeben.

Verdankungen

Die in diesem Artikel verwendeten Daten wurden im Rahmen eines Langzeit-Messprojektes im Auftrag des PSEL, des BFE und der IBB gewonnen. All diesen Firmen und Institutionen sei an dieser Stelle für ihre wertvolle Unterstützung gedankt. Dank gebührt auch meinem ehemaligen Assistenten, Herr Ch. Beutler, welcher die Messtechnik und die Auswertesoftware für dieses Projekt entworfen und realisiert hat, und seinem Nachfolger, Herr Ch. Renken, der das Projekt seit Herbst 1997 weiter betreut.

Anlage	P_{Gen} (kW$_p$)	β (°)	γ (°)	Module	Wechselrichter	Baujahr	Winter Energ. (%)	Ertrag 1997 (kWh/kW$_p$)	Ertrag Normal (kWh/kW$_p$)
Schlossmatt 7	3,18	30	–7	Siemens M55	Solarmax S	1995	29,9	1152	1018
Schlossmatt 6	3,18	30	–7	Siemens M55	Solarmax S	1995	29,3	1132	1000
Schlossmatt 8	3,18	30	–7	Siemens M55	Solarmax S	1995	30,1	1131	999
Gsteighof 1	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1996	29,3	1101	973
Gsteighof 6	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1996	30,4	1100	972
Lindenfeld 1	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1995	30,3	1099	971
Lindenfeld 3	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1995	30,3	1098	970
Gsteighof 3	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1996	30,0	1097	969
Lindenfeld 6	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1995	30,4	1097	969
Gsteighof 2	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1996	28,9	1096	968
Gsteighof 5	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1996	30,0	1095	967
Lindenfeld 5	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1995	30,4	1093	965
Gsteighof 4	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1996	30,0	1090	963
Lindenfeld 2	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1995	30,2	1089	962
Lindenfeld 4	3,30	35	0	Siemens M55	Solarmax S	1995	30,1	1075	950
Schlossmatt 9	3,24	30	–7	Kyocera G108	Solarmax S	1995	29,8	1075	950
Schlossmatt 1	3,18	30	–7	Siemens M55	TC4000/6 II	1994	30,3	1042	920
Firma 4	3,06	30	0	Kyocera K51	Solcon 3400	1994	29,5	1028	908
Schlossmatt 3	3,06	30	–7	Kyocera G102	TC2500/6 II	1994	30,5	1027	907
Schlossmatt 5	3,18	30	–7	Siemens M55	TC4000/6 II	1994	30,3	1022	903
GIBBU	3,07	30/60	0	Solarex MSX64	Solcon 3400	1994	32,2	1021	902
Schlossmatt 2	3,18	30	–7	Siemens M55	TC4000/6 II	1994	30,8	1015	897
Schlossmatt 4	3,06	30	–7	Kyocera G102	Solcon 3400	1994	30,3	1003	886
IBB/Gsteighof	16,0	30	–20	Solarex MSX 120	Solarmax15	1995	28,6	1002	885
Privathaus 1	3,18	28	–10	Siemens M55	TC4000/6 III	1992	27,9	969	856
ISB	59,7	30	29	Siem. M55HO	div.	1994	29,5	965	852
Privathaus 2	3,18	45	45	Siemens M55	Solcon 3300	1991	29,6	918	811
Privathaus 3	1,44	38	–30	Solarex MSX 60	PVWR1500	1991	28,3	861	761
Firma 1	63,0	25	–30	Siemens M55	Rot. Masch.	1992	27,8	860	760
Gymnasium	3,06	30	0	Kyocera K51	TC2500/6 II	1994	31,1	826	730
Firma 2	3,18	60	20	Siemens M55	Solcon 3300	1991	34,0	734	648
Mittelwert aller Anlagen:							**29,3**	**969**	**856**
Mittelwert der Anlagen mit elektronischem Wechselrichter:							**29,8**	**1011**	**893**

Tabelle I Wichtigste Anlagedaten und Energieertrag 1997 der seit Ende 1996 in Betrieb stehenden Photovoltaikanlagen in Burgdorf. Die Umrechnung auf ein Normaljahr erfolgte auf der Basis der Daten von 1997. Bei der in [1] erwähnten Anlage «Firma 3» wurde 1997 die Leistung erhöht, so dass für dieses Jahr keine korrekte normierte Produktion verfügbar ist.

Literatur

[1] *H. Häberlin* und *Ch. Beutler:* Überdurchschnittlicher Energieertrag von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen in Burgdorf. Bulletin SEV/VSE 10/97.

[2] *Ch. Schaffner* und *Ch. Meier:* Photovoltaik-Energiestatistik 1996. Bulletin SEV/VSE 10/97.

[3] *J. Remund, E. Salvisberg* und *S. Kunz:* Meteonorm 95. BEW Bern, 1995.

Rendement énergétique 1997 des installations photovoltaïques raccordées directement au réseau à Berthoud

Fin 1997, 34 installations photovoltaïques d'une puissance totale d'environ 237 kW$_p$ étaient en service à Berthoud. Grâce à un rayonnement solaire plus élevé et une part plus importante d'installations relevant des dernières technologies, implantées sur des sites optimaux, la production moyenne d'énergie annuelle a connu en 1997 une nouvelle progression par rapport à l'année précédente.