

Photovoltaikanlage Newtech – drei Dünnschichtzellen-Technologien im Vergleich

Die HTA Burgdorf (vormals ISB) führt seit 1992 Langzeitmessungen an vielen netzgekoppelten Photovoltaikanlagen durch. Im Jahr 2001 konnte in Zusammenarbeit mit der ADEV Burgdorf auf dem Dach eines Gebäudes der Firma Disetronic AG eine Pilotanlage mit drei neuen Dünnschichtzellen-Technologien errichtet werden. Die Module der Anlage sind genau nach Süden orientiert, praktisch nie beschattet und wurden erst unmittelbar vor der Inbetriebnahme montiert. Die Anlage wurde am 17. Dezember 2001 in Betrieb genommen und seit dem ersten Betriebstag in einem Monitoringprojekt von der HTA Burgdorf ausgemessen. Dadurch sind interessante Vergleiche mit andern Anlagen (mono- und polykristallin) möglich.

rie, STC-Nennleistung $P_{STC-Nenn} = 960 W_p$, $TK \approx -0,51\%/K$. Gemessen: $P_{STC} \approx 1010 W_p$.

Anlage Newtech 2

Tandemzellen aus amorphem Si:

20 gerahmte Module Solarex MST 43-LV (43 W_p), 2 Stränge zu 10 Modulen in Serie, STC-Nennleistung $P_{STC-Nenn} = 860 W_p$, $TK \approx -0,22\%/K$. Gemessen: $P_{STC} \approx 810 W_p$.

Anlage Newtech 3

Tripelzellen aus amorphem Si:

16 gerahmte Module Uni-Solar US-64 (64 W_p), 2 Stränge zu 8 Modulen in Serie, STC-Nennleistung $P_{STC-Nenn} = 1024 W_p$, $TK \approx -0,21\%/K$. Gemessen: $P_{STC} \approx 1000 W_p$.

Im 2-Sekunden-Takt werden folgende Messgrößen erfasst:

- Sonneneinstrahlung in Modulebene mit einem Pyranometer CM11 (beheizt)
- Solarzellentemperatur der drei Solargeneratoren mit PT100-Anlegefühler
- Umgebungstemperatur mit PT100
- Netzspannung am Einspeisepunkt einer Phase

Von allen drei Teilanlagen:

- Gleichstrom und Gleichspannung, daraus berechnet Gleichstromleistung
- ins Netz eingespeiste Wirkleistung

Aus diesen Messungen werden 5-Minuten-Mittelwerte gebildet und abgespeichert. Bei Störungen werden die 2-Sekunden-Messwerte in einem «Error-File» gespeichert. Die Daten werden täglich automatisch über Modemverbindung mit GSM übertragen, gespeichert und zur Auswertung aufbereitet.



Bild 1 Ansicht des Solargenerators mit den drei Teilanlagen Newtech 1 – 3.

■ Heinrich Häberlin und Christian Renken

Kurze technische Beschreibung der Anlage

Die Anlage «Newtech» besteht aus drei netzgekoppelten 1-kW_p-Photovoltaikanlagen mit drei verschiedenen neuartigen Dünnschichtzellen-Technologien. Die Gesamtleistung der PV-Anlage beträgt 2844 W_p . Die Modulneigungswinkel betragen $\beta = 30^\circ$ und die Ausrichtung $\gamma = 0^\circ$ (Süd). Die Anlage

besteht aus drei Teilanlagen von je etwa 1 kW_p, die ihre Energie je über einen eigenen ASP Top Class Spark-Wechselrichter (mit Trafo) ins Netz einspeisen.

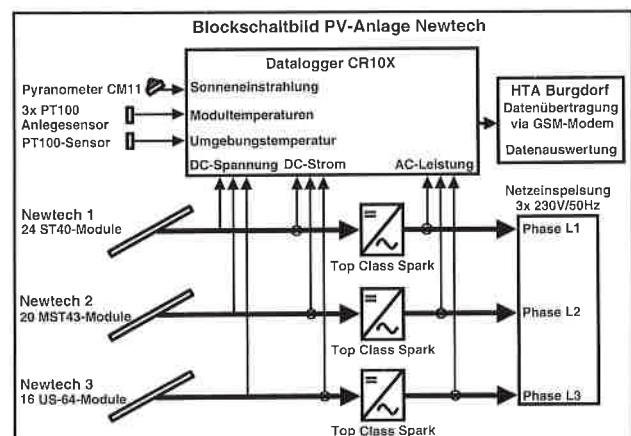
Anlage Newtech 1 Kupfer-Indium-Diselenid-Zellen (CuInSe₂- oder CIS-Zellen):

24 gerahmte Module Siemens ST 40 (40 W_p), 3 Stränge zu 8 Modulen in Se-

Adresse der Autoren

Dr. Heinrich Häberlin, dipl. El. Ing. ETH, Professor
Christian Renken, dipl. El. Ing. FH, Assistent, Berner Fachhochschule, Hochschule für Technik und Architektur (HTA) Burgdorf, Labor für Photovoltaik
Jlcoweg 1
CH-3400 Burgdorf
e-mail: heinrich.haerberlin@hta-bu.bfh.ch

Bild 2 Blockschaltbild der PV-Anlage Newtech mit Messeinrichtung.



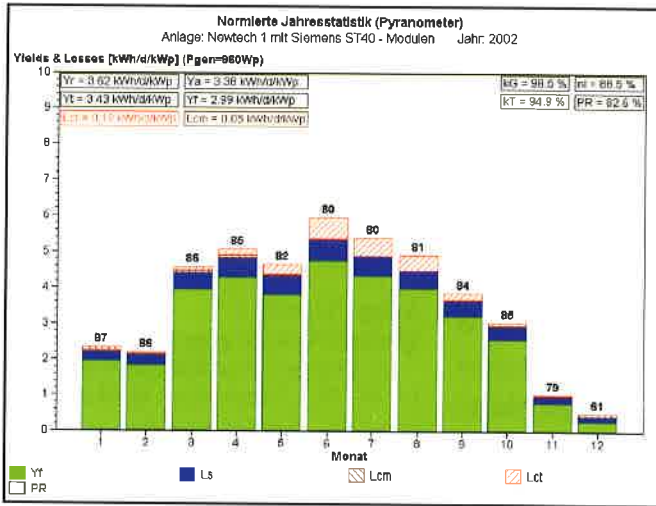


Bild 3 Normierte Jahresstatistik 2002 der CIS-Anlage Newtech 1 mit Siemens ST40 (Spezifischer Jahres-Energieertrag 2002: 1091 kWh/kW_p).

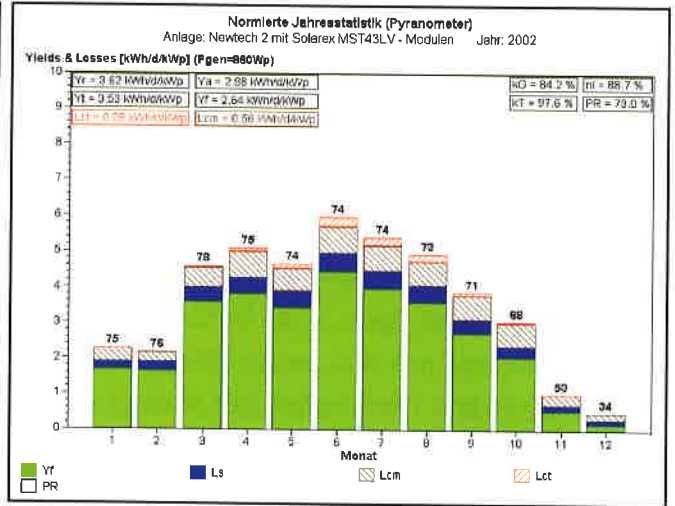


Bild 4 Normierte Jahresstatistik 2002 der a-Si-Tandem-Anlage Newtech 2 mit BP Solarex MST43LV (Spezifischer Jahres-Energieertrag 2002: 964 kWh/kW_p).

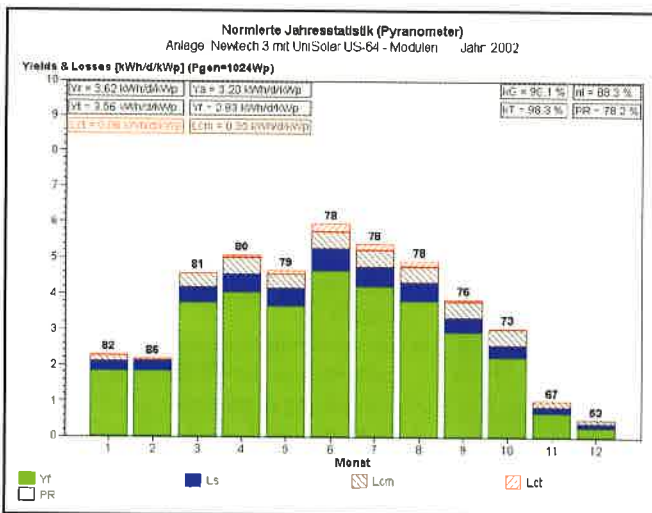


Bild 5 Normierte Jahresstatistik 2002 der a-Si-Tripel-Anlage Newtech 3 mit UniSolar US-64 (Spezifischer Jahres-Energieertrag 2002: 1033 kWh/kW_p).

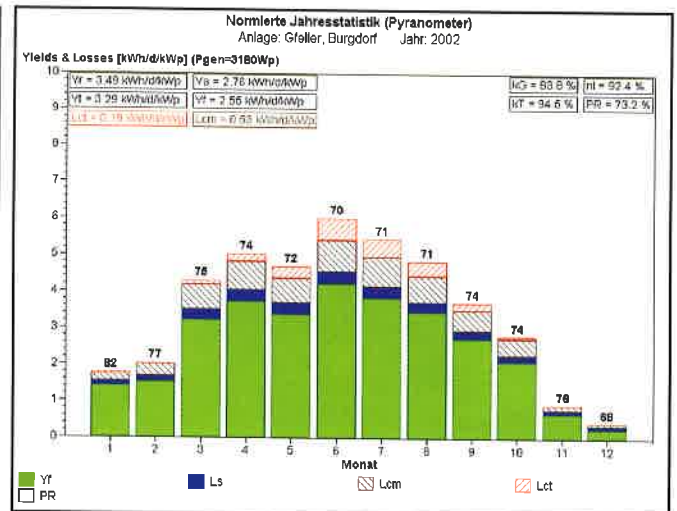


Bild 6 Normierte Jahresstatistik 2002 einer Anlage mit monokristallinen Modulen (Spezifischer Jahres-Energieertrag 2002: 931 kWh/kW_p).

Ende März 2002 wurden mit dem Kennlinienmessgerät unseres Labors die I-U-Kennlinien der drei Anlagen gemessen und mit den erhältlichen Angaben über die Temperaturkoeffizienten der Module auf STC umgerechnet. Bei der Anlage Newtech 1 mit CIS-Modulen ST40 von Siemens ergab sich dabei erstmals eine STC-Leistung, die deutlich über der Summe der Nennleistungen der Module liegt. Dies wurde in allen bisher durchgeführten Feldmessungen an Modulen noch nie beobachtet. Es ist erfreulich, dass zumindest ein Hersteller nun von der bisher in der PV-Branche verbreiteten Praxis abweicht, den Kunden Module zu liefern, deren Anfangsleistung nur knapp über dem garantierten Minimalwert, jedoch deutlich unter dem Nennwert liegt. Bei den amorphen Technologien wurden dagegen Leistungen gemessen, die wie üblich um einige Prozent unter der Summe der STC-Nennleistungen liegen.

Energieertrag der drei Dünnschichtzellen-Anlagen

Bei allen drei Anlagen funktionierte bisher sowohl die Messtechnik als auch die Anlage störungsfrei. Da die Inbetriebnahme wegen baulicher Verzögerungen im Winter erfolgte, konnte trotz der Messung seit der Inbetriebnahme in einer ersten Auswertung in den ersten Monaten keine eindeutig feststellbare Initialdegradation registriert werden, da an einigen Tagen im Dezember, Januar und März noch Schneebedeckungen vorhanden waren.

Für einen ersten Überblick über die Energieproduktion und allfällig aufgetretene betriebliche Probleme eignen sich *normierte Jahresstatistiken* sehr gut. Bei dieser Darstellung werden die normierten Grössen Y_f (Strahlungsertrag in Generatorebene in (kWh/m²/d)/(1kW/m²)), Y_a (Generator-Ertrag auf der DC-Seite in kWh/kW_p/d) und Y_f (Endertrag auf der

AC-Seite in kWh/kW_p/d) sowie die Performance Ratio $PR = Y_f/Y_r$ als durchschnittliche Tageswerte für jeden Monat angegeben (Details siehe [1]).

Die Bilder 3 bis 6 zeigen die normierten Jahresstatistiken der Anlagen Newtech 1, 2 und 3 und einer Anlage mit c-Si-Solarzellen im Jahre 2002 (alle Anlagen in Burgdorf).

Der bisher gemessene spezifische Energieertrag der CIS-Anlage Newtech 1 liegt deutlich über dem Ertrag einer Anlage aus monokristallinen Zellen, was vor allem an der (gegenüber der auf dem Datenblatt angegebenen Nennleistung) deutlich höheren effektiven STC-Nennleistung der gelieferten Module liegt. Günstig ist aber auch die lange Zellenform und die Hochkant-Montage, bei der durch Schnee und Schmutz alle Zellen gleichmässig und nur geringfügig beeinträchtigt werden. Der spezifische Jahres-Energieertrag 2002 betrug 1091 kWh/kW_p.

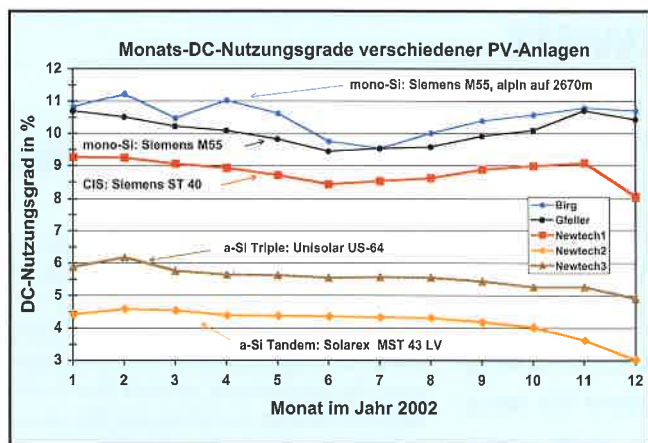


Bild 7 Monats-DC-Nutzungsgrad der drei Newtech-Anlagen im Vergleich zu zwei Anlagen mit mono-c-Si (alpine Anlage mit $\beta = 90^\circ$ auf 2670 m).

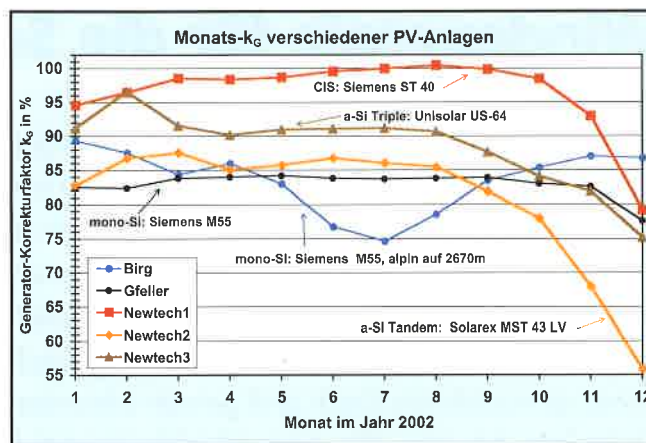


Bild 8 Monats-Generator-Korrekturfaktor k_G der drei Newtech-Anlagen im Vergleich zu zwei Anlagen mit mono-c-Si (alpine Anlage mit $\beta = 90^\circ$ auf 2670 m).

Die Anlage Newtech 2 liegt ertragsmässig im Bereich guter Anlagen mit monokristallinen Zellen. In den Sommermonaten sind die temperaturbedingten Verluste geringer als bei Anlagen mit kristallinen Zellen. Bei schwacher Einstrahlung fällt aber die Ausgangsspannung der verwendeten Module stark ab, und der Wechselrichter arbeitet dann ausserhalb des MPP, was eher ungünstig ist. Seit Sommer 2002 scheinen sich die Generatoreigenschaften trotz relativ sauberen Modulen deutlich zu verschlechtern, d.h. k_G und PR nehmen seither ab (siehe auch Bilder 7 und 8).

Die Anlage Newtech 3 mit den a-Si-Tripel-Zellen von Unisolar liegt im Bereich der besten monokristallinen Anlagen (neue Anlagen mit trafolosem Wechselrichter). Da jedoch der bei Newtech 3 verwendete Wechselrichter einen Trafo besitzt, hätte die Anlage mit einem traflosen Wechselrichter noch einen um einige Prozente höheren Ertrag. Sie profitiert im Sommer ebenfalls vom viel niedrigeren Temperaturkoeffizienten. Beachtlich ist vor allem die gute Performance Ratio PR an Tagen mit geringer Einstrahlung, die höher ist als bei allen andern Anlagen. Würde der Hersteller eine Modulleistung liefern, die im stabilisierten Zustand der auf dem Modul angegebenen Nennleistung entspricht, läge diese Anlage möglicherweise sogar an der Spitze. Eher negativ wirkte sich an Tagen mit Schneebedeckung die leicht geriffelte Oberfläche der Module aus, die das Abgleiten von Schnee behindert sowie die Tatsache, dass bei Hochkantmontage die untersten Zellen durch Schnee vollständig bedeckt sein können. Auch bei dieser Anlage scheinen sich seit Sommer 2002 die Generatoreigenschaften trotz relativ sauberen Modulen etwas zu verschlechtern, d.h. k_G und PR nehmen seither ab (siehe auch Bild 7 und 8).

Der Energieertrag aller Anlagen in Burgdorf wurde im November und besonders im Dezember 2002 durch die in diesem Jahr in diesen beiden Monaten aussergewöhnlich geringe Einstrahlung stark beeinträchtigt (sehr niedrige k_G - und PR -Werte).

In Bild 7 werden die Monats-DC-Nutzungsgrade, in Bild 8 die Generator-Korrekturfaktoren $k_G = Y_a/Y_T$ (Y_T = temperaturkorrigierter Referenzenergieertrag, Details siehe [1]) der drei Newtech-Anlagen und von zwei Anlagen mit kristallinen Siliziumzellen verglichen. In Bild 7 ist zu erkennen, dass die amorphen Technologien einen geringeren Abfall des Wirkungsgrades bei höheren Temperaturen im Sommer aufweisen und dass der Nutzungsgrad der CIS-Anlage relativ nahe an den Wert kristalliner Anlagen kommt. Bild 8 zeigt, dass die CIS-Module bezüglich k_G eindeutig an der Spitze stehen, was vor allem auf die Tatsache zurückzuführen ist, dass die effektive STC-Leistung über dem Nennwert liegt. Das k_G wies im Sommer bei der CIS-Anlage sogar eher steigende Tendenz auf.

Hohe spezifische Erträge von CIS- und a-Si-Tripel-Anlagen werden auch von anderen Autoren berichtet [2], [3].

Wegen der geringen Temperaturabhängigkeit des Energieertrags dürften amorphe Module vor allem für nicht oder schlecht hinterlüftete Anlagen von Interesse sein.

Verdankungen

Die Erstellung der Anlage wurde vom WEA des Kantons Bern und vom BFE in Bern unterstützt. Die hier beschriebenen Messungen wurden vom BFE, der Localnet AG Burgdorf, der Gesellschaft Mont Soleil und der Elektra Baselland finanziert.

Literatur

- [1] H. Häberlin und Ch. Beutler: Analyse des Betriebsverhaltens von Photovoltaikanlagen durch normierte Darstellung von Energieertrag und Leistung. Bulletin SEV/VSE 4/1995.
- [2] F. H. Karg et al: Performance of Grid Coupled PV Arrays based on CIS Solar Modules. 17. EU PV Solar Energy Conference, Munich, 2001.
- [3] M. van Cleef et al.: Superior Energy Yields of UNISOLAR Triple Junction Thin Film Silicon Solar Cells 17. EU PV Solar Energy Conference, Munich, 2001.

Informationen über weitere Aktivitäten des Photovoltaik-Labors der HTA Burgdorf und weitere Publikationen (teilweise online) sind unter <http://www.pvtest.ch> zu finden.

Installation photovoltaïque Newtech – trois technologies à base de cellules à couche mince en comparaison

Depuis 1992, la HES de Berthoud (autrefois ISB) effectue des mesures à long terme sur de nombreuses installations photovoltaïques branchées en parallèle sur le réseau. En 2001, en collaboration avec ADEV Berthoud, une installation pilote a pu être fixée sur le toit d'un bâtiment de la firme Disetronic SA, installation utilisant trois nouvelles technologies à base de cellules à couche mince. Les modules de l'installation sont orientés précisément vers le sud, n'ont pratiquement pas d'ombre et ont été montés immédiatement avant leur mise en service qui a commencé le 17 décembre 2001. Depuis le premier jour, l'installation est suivie dans le cadre d'un projet de monitoring de la HES de Berthoud. Ces résultats peuvent être comparés avec ceux d'autres installations (monocristallines et polycristallines).