

**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:** 85 (1994)

**Heft:** 10

**Artikel:** Die netzgekoppelte 1,1-kW-Photovoltaikanlage der Ingenieurschule Burgdorf auf dem Jungfraujoch

**Autor:** Häberlin, Heinrich / Beutler, Christian / Oberli, Simon

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902561>

### **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:** 19.11.2024

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

Neben den Untersuchungen an Photovoltaik-Wechselrichtern befasst sich die Ingenieurschule Burgdorf (ISB) auch mit der Systemtechnik ganzer Photovoltaikanlagen (Simulation und Messung des Energieertrags, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Blitzschutz usw.). Im Rahmen eines Auftrags des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW) und des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern (WEA) werden seit 1991 an verschiedenen Anlagen im Kanton Bern intensive Messungen von Sonneneinstrahlung, Leistung auf der Gleich- und Wechselstromseite sowie Modul- und Umgebungstemperatur durchgeführt. Seit Anfang 1993 werden alle Anlagen in Burgdorf und je eine Anlage in Interlaken und auf Birg/Schilthorn (etwa 2600 m ü.M.) ausgemessen. Aufgrund dieser und anderer Messungen ist der zu erwartende Ertrag bei Anlagen im Mittelland nun einigermaßen bekannt. Dagegen liegen von Anlagen im Hochgebirge, wo gemäss Simulationen wegen der viel höheren Strahlungswerte (vor allem im Winter) viel höhere Erträge erwartet werden können, noch keine längeren Messungen vor.

# Die netzgekoppelte 1,1-kW-Photovoltaikanlage der Ingenieurschule Burgdorf auf dem Jungfraujoch

■ Heinrich Häberlin, Christian Beutler und Simon Oberli

## Idee für eine Anlage auf dem Jungfraujoch

Das Berner Oberland verfügt mit dem Jungfraujoch über einen sehr günstig gelegenen Hochgebirgsstandort auf 3454 m

ü.M. mit Netzanschluss, der bezüglich Wetterdaten ausgezeichnet dokumentiert ist (Bild 1). Eine Anlage an diesem klimatischen Extremstandort liefert nicht nur interessante Ertragsdaten, sondern stellt auch einen wirklichen Härtestest für die verwendeten Komponenten (Solarmodule, Wechselrichter usw.) und für die ganze Anlage (Stichworte: Blitzschutz, Stürme, Messtechnik usw.) dar. Funktioniert eine Photovoltaikanlage unter diesen Bedingungen zuverlässig, dürften sich die verwendeten



Bild 1 Flugaufnahme der höchstgelegenen netzgekoppelten Photovoltaikanlage der Welt, die seit Oktober 1993 an der Fassade der hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch in Betrieb steht. Links im Bild erkennt man das Restaurant Jungfraujoch (Foto Siemens)

### Adresse der Autoren:

Dr. H. Häberlin, dipl. El.-Ing ETH, Professor  
Ch. Beutler, El.-Ing. HTL, Assistent  
S. Oberli, El.-Ing. HTL, Assistent  
Ingenieurschule HTL, CH-3400 Burgdorf.

## Photovoltaik-Versuchsanlage

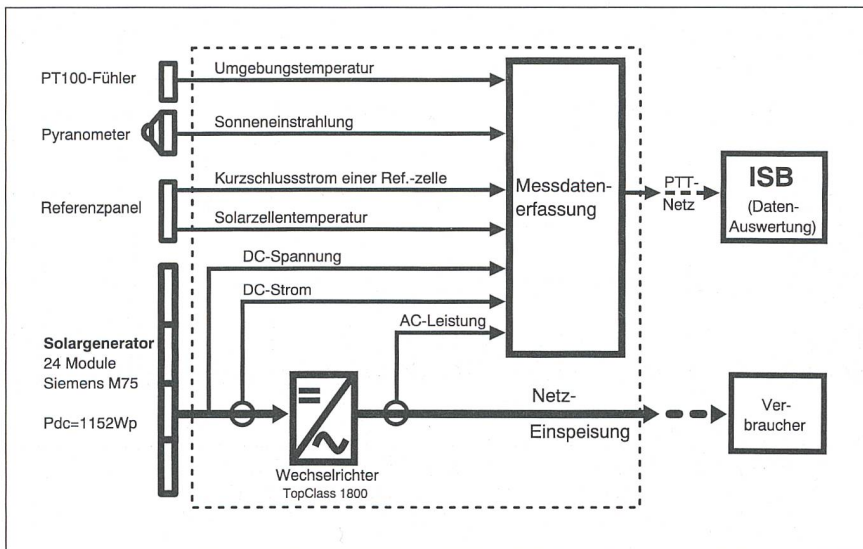


Bild 2 Blockscheema der ISB-Photovoltaikanlage auf dem Jungfraujoch auf 3454 m ü.M.

Komponenten auch an anderen Standorten bewahren. Eine solche Anlage ist als «Ausstation» zur ISB-Photovoltaik-Testanlage von 60 kW<sub>p</sub>, die gegenwärtig in Betrieb genommen wird [1], sehr wertvoll.

Nach längeren Bemühungen ist es der Photovoltaikgruppe der ISB nun im Jahre 1993 gelungen, aus verschiedenen Quellen die nötigen Mittel für die Realisierung einer kleinen Anlage mit 1152 W<sub>p</sub> Nennleistung zu organisieren. Diese Anlage wurde in der Zeit von Juli bis Oktober 1993 realisiert, am 27. Oktober 1993 in Betrieb genommen und funktioniert seither einwandfrei. Sie ist gegenwärtig die höchstgelegene netzgekoppelte Photovoltaikanlage der Welt.

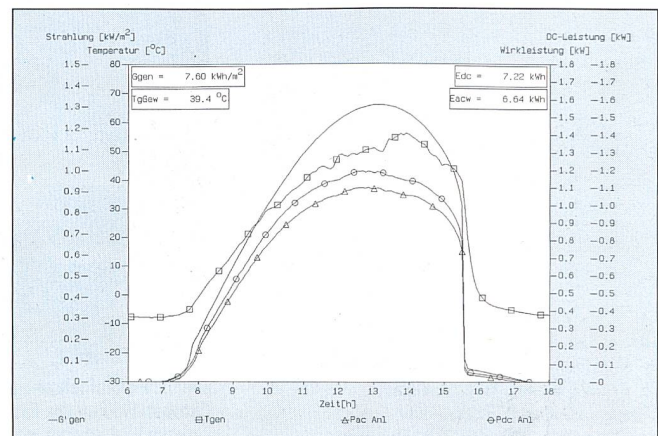
### Aufbau der Anlage

Der Solargenerator besteht aus 24 Modulen Siemens Solar M75 zu je 48 W<sub>p</sub> (totale Nennleistung 1152 W<sub>p</sub>) bei Standard-Testbedingungen (STC, Einstrahlung 1 kW/m<sup>2</sup>, AM-1,5-Spektrum, Modultemperatur 25 °C). Er ist in zwei parallelgeschaltete Arrays zu je zwölf Modulen aufgeteilt, die vertikal an die Fassade der hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch montiert sind. Die Ausrichtung des ersten Arrays weicht gegenüber der Südrichtung um 12°, die des zweiten Arrays um 27° gegen Westen ab, ist also nicht weit vom Optimum entfernt. Der vom Solargenerator erzeugte Gleichstrom wird von einem hocheffizienten Wechselrichter Top Class 1800 Grid in netzkonformen Wechselstrom umgewandelt. Die gesamte Messtechnik wurde von der Photovoltaik-Gruppe der ISB entwickelt. Folgende Größen werden gemessen:

- Einstrahlung in Arrayebene 1 und 2 (mit je zwei unabhängigen Sensoren)
- Modultemperatur bei Array 1 und 2
- Umgebungstemperatur
- Von jedem Array produzierter Gleichstrom
- Gleichspannung am Wechselrichtereingang
- Netzspannung am Wechselrichterausgang
- Ins Netz eingespeiste Wirkleistung

Diese Größen werden alle zwei Sekunden gemessen. Die erfassten Daten werden in einem Datenlogger Campbell CR10 abgespeichert. Im Normalfall werden daraus Fünfminuten-Mittelwerte gebildet, beim Auftreten einer Störung stehen die erfassten Zweisekunden-Werte jedoch als sogenannte Errorfiles für eine detaillierte Auswertung weiterhin zur Verfügung. Jeweils in den frühen Morgenstunden werden die Daten über Modem automatisch an die ISB zur weiteren Auswertung übertragen.

Bild 3 Tagesverlauf von Einstrahlung  $G'$  in Solargeneratorebene, Gleichstromleistung  $P_{dc}$ , ins Netz eingespeiste Wechselstromleistung  $P_{ac}$  und Modultemperatur  $T$  an einem wolkenlosen Herbsttag (30.10.93)



Das Titelbild zeigt den Solargenerator und die Strahlungssensoren der Anlage an der Fassade der hochalpinen Forschungsstation Jungfraujoch. Bild 1 zeigt eine Aufnahme des Jungfraujochs aus der Luft mit dem Restaurant auf der linken Seite und der Forschungsstation mit dem an der Fassade montierten Solargenerator auf der rechten Seite, Bild 2 das Blockscheema der Anlage.

### Energieproduktion der Anlage

Die bisherige Energieproduktion der Anlage übertrifft unsere Erwartungen beträchtlich. Bild 3 zeigt die Einstrahlung und die ins Netz eingespeiste Leistung an einem wolkenlosen Tag, dem 30. Oktober 1993. Um 13 Uhr erreicht die Einstrahlung einen Maximalwert von 1,3 kW/m<sup>2</sup>, also wesentlich mehr als an klaren Sommertagen im Mittelland. Die Ursache dafür ist einerseits die bereits um etwa ein Drittel dünnere Atmosphäre, die deutlich weniger Strahlung absorbiert, andererseits die stark reflektierte Strahlung von der schneebedeckten Umgebung. Wegen der starken Einstrahlung werden die Solarzellen trotz der tiefen Umgebungstemperaturen sehr warm (über 55 °C). Im Laufe des Nachmittags (um etwa 15 Uhr 30) fällt die Einstrahlung und die Energieproduktion relativ früh rasch ab, da dann die Sonne hinter der Jungfrau untergeht.

Der Nutzungsgrad des eingesetzten Wechselrichters betrug an diesem Tag 92%, ein sehr guter Wert für ein relativ kleines Gerät von 1,8 kW Nennleistung.

Wegen der dünneren Atmosphäre und der Schneereflexionen liegen die Maximalwerte der Strahlung auch an Tagen mit Niederschlägen relativ hoch (meist über 200 W/m<sup>2</sup>), das heisst im Gegensatz zu Anlagen im Mittelland produziert die Anlage auch unter einer Wolkendecke noch

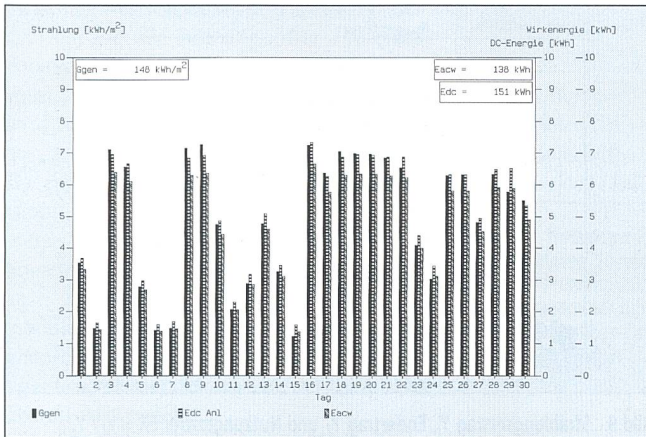


Bild 4 Einstrahlung  $G$ , Gleichstromenergie  $E_{dc}$  und ins Netz eingespeiste Wechselstromenergie  $E_{ac}$  bei der Anlage Jungfrauoch (1152  $W_p$ ) im November 1993

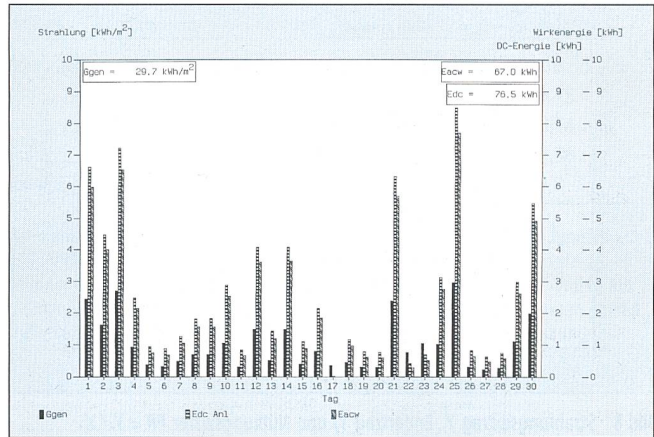


Bild 5 Einstrahlung  $G$ , Gleichstromenergie  $E_{dc}$  und ins Netz eingespeiste Wechselstromenergie  $E_{ac}$  bei der Anlage Gfeller (3180  $W_p$ ) in Burgdorf im November 1993

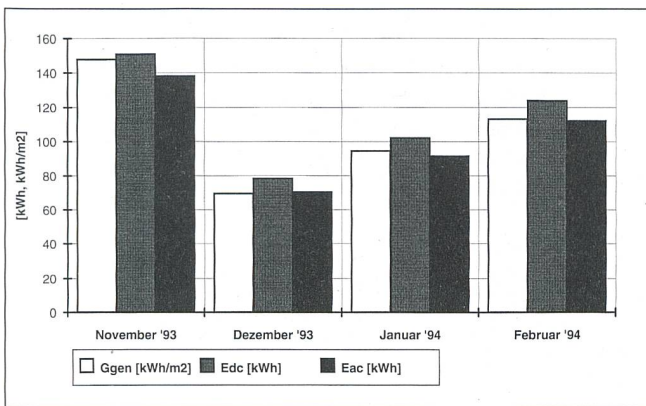


Bild 6 Einstrahlung  $G$ , Gleichstromenergie  $E_{dc}$  und ins Netz eingespeiste Energie  $E_{ac}$  bei der Anlage Jungfrauoch im November 1993, Dezember 1993, Januar 1994 und Februar 1994

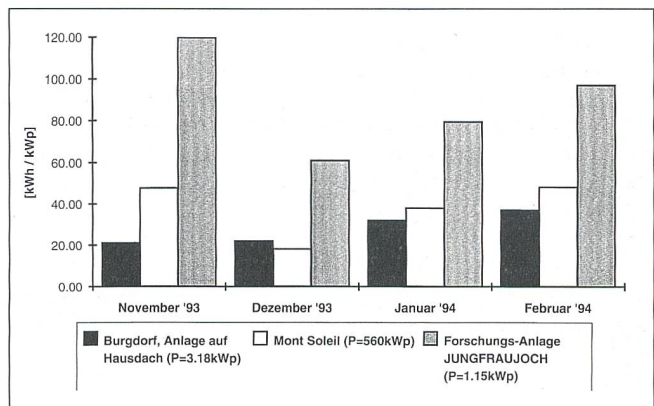


Bild 7 Auf die Anlageleistung bezogene spezifische Energieproduktion der Anlage Gfeller/Burgdorf (3,18  $kW_p$ ), Mont-Soleil (560  $kW_p$ ) und Jungfrauoch (1,152  $kW_p$ ) im November 1993, Dezember 1993, Januar 1994 und Februar 1994

nennenswerte Energiemengen. Dank der geringen Einstrahlung liegt an solchen Tagen die Modultemperatur in dieser Höhe sehr tief, so dass der Modulwirkungsgrad Spitzenwerte erreicht.

Die Anlage auf dem Jungfrauoch hat im Monat November 1993 mehr als doppelt soviel Energie produziert wie eine dreimal grössere Anlage in Burgdorf. Bild 4 zeigt die November-Monatsstatistik der Anlage Jungfrauoch (1152  $W_p$ ), Bild 5 die entsprechende Monatsstatistik der von der ISB ebenfalls gemessenen Anlage Gfeller in Burgdorf (3180  $W_p$ ). Der Nutzungsgrad des in der Anlage Jungfrauoch verwendeten Wechselrichters lag im November 1993 erfreulich hoch, nämlich bei 91,4%.

Im Dezember 1993, Januar 1994 und Februar 1994 produzierte die Anlage wegen des etwas schlechteren Wetters deutlich weniger als im November 1993 (Bild 6). Sie überstand dabei mehrere heftige Stürme mit Windgeschwindigkeiten bis 200 km/h ohne Schäden. Bezogen auf die Grösse der Anlage produzierte sie aber immer noch wesentlich mehr als die er-

wähnte Anlage in Burgdorf oder die Anlage auf dem Mont-Soleil (Bild 7).

### Vergleich des Energieertrags von Anlagen verschiedener Grösse und an verschiedenen Orten

Um die Energieproduktion von Anlagen verschiedener Grösse und an verschiedenen Orten in fairer Weise miteinander vergleichen zu können, sind bei netzgekoppelten Photovoltaikanlagen folgende normierte Grössen zweckmässig:

**Endertrag (Final Yield  $Y_f$ ):**  
 $Y_f = E_{AC} / P_{Gen} (h/d)$

Anzahl Stunden pro Tag, an welcher die Anlage mit Solargenerator-Nennleistung arbeiten müsste, um gleichviel Wechselstromenergie zu produzieren.

**Strahlungsertrag (Reference Yield  $Y_r$ ):**  
 $Y_r = G_{Gen} / 1000 W/m^2 (h/d)$

Anzahl Stunden im Tag, an welcher die Sonne mit 1000  $W/m^2$  scheinen müsste, um

die gleiche Tagesenergie in die Solargenereatorebene einzustrahlen.

**Die Nutzungsziffer (Performance Ratio PR)** ergibt sich als **Verhältnis  $PR = Y_f / Y_r$** .

An schönen Tagen, an denen die Anlage einwandfrei arbeitet, ist  $Y_r$  und  $Y_f$  relativ hoch und  $PR$  nahe bei 1. Hat die Anlage dagegen Probleme (z.B. Schnee auf Solargenerator, Wechselrichterausfälle usw.), liegt  $PR$  deutlich unter 1. An Tagen mit geringer Sonneneinstrahlung ist sowohl  $Y_r$  als auch  $Y_f$  tief.

Bild 8 zeigt die (sehr hohen) Werte von  $Y_r$  und  $Y_f$  und die Nutzungsziffer der Anlage Jungfrauoch im November 1993. Bild 9 zeigt zum Vergleich die analoge Darstellung bei der dreimal grösseren Anlage Gfeller in Burgdorf, wo die entsprechenden Werte wegen des häufig (hoch)nebligen Wetters sehr tief liegen. Bild 10 zeigt die Werte von  $Y_r$  und  $Y_f$  für die Monate November 1993, Dezember 1993, Januar 1994 und Februar 1994 für die erwähnte Anlage in Burgdorf (3,18  $kW_p$ ), die Anlage auf dem Mont-Soleil (560  $kW_p$ ) und die Anlage auf dem Jungfrauoch (1,152  $kW_p$ ).

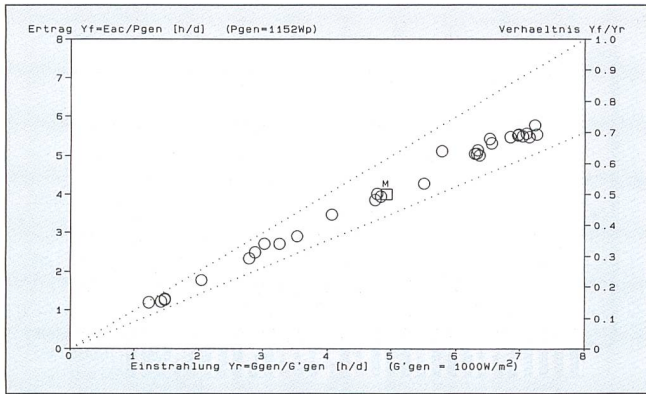


Bild 8 Strahlungsertrag  $Y_r$ , Endertrag  $Y_f$  und Nutzungsziffer  $PR = Y_f / Y_r$  bei der Anlage Jungfrauoch im November 1993

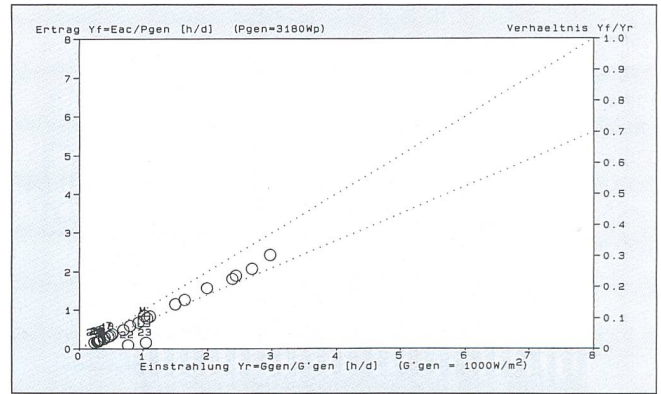


Bild 9 Strahlungsertrag  $Y_r$ , Endertrag  $Y_f$  und Nutzungsziffer  $PR = Y_f / Y_r$  bei der Anlage Gfeller in Burgdorf im November 1993. Am 22. und 23. November 1993 war der Solargenerator mit Schnee bedeckt

Man erkennt deutlich die um ein Mehrfaches höhere spezifische Einstrahlung und Energieproduktion der Anlage auf dem Jungfrauoch. Speziell interessant ist die für eine Photovoltaikanlage sehr hohe Produktion von hochwertiger Winter-Spitzenenergie.

Monatssumme der Globalstrahlung von 148 kWh/m<sup>2</sup> registriert, die Referenzzellen dagegen nur 142 kWh/m<sup>2</sup> (Bild 11). Für die Energieproduktion an sich ist dieser Unterschied unwesentlich, nicht jedoch bei der Berechnung der Nutzungsziffer (Perfor-

mance Ratio  $PR$ ) und des Nutzungsgrades (Energiewirkungsgrades). Die Anlage Jungfrauoch hat im November 1993 einen deutlich höheren  $PR$ -Wert, wenn statt der mit dem Pyranometer gemessenen Strahlung die mit dem Referenzpanel gemessene

### Problematik der Strahlungsmessung

Aus Sicherheitsgründen wurden alle Strahlungssensoren doppelt ausgeführt (je ein beheiztes Pyranometer CM-21 und ein Siemens Referenzpanel MIR pro Array aus 12 Modulen). Dadurch können Messprobleme infolge temporärer Schneebedeckung oder Ausfälle von Sensoren von der ISB aus erkannt werden. Das Pyranometer misst dabei das ganze Spektrum im Wellenlängenbereich 0,3  $\mu$ m bis 3  $\mu$ m, während die Referenzzelle nur Wellenlängen <1,1  $\mu$ m berücksichtigt und daraus entsprechend dem im Normspektrum enthaltenen Anteil dieser Wellenlängen die Gesamtstrahlung berechnet. Dies kann natürlich bei anderer spektraler Zusammensetzung des Lichts zu Abweichungen führen. Zudem ist auf dem Jungfrauoch mit der um ein Drittel dünneren Atmosphäre sicher kein Normspektrum mehr vorhanden.

Auch führen Reflexionsverluste an der Oberfläche der Referenzmodule (besonders bei sehr flachen Lichteinfallswinkeln) dazu, dass die Referenzzellen an schönen Tagen meist eine etwas geringere Tagessumme der Globalstrahlung registrieren.

Der Vergleich der Strahlungsmessungen mit dem Referenzpanel und dem Pyranometer zeigt denn auch gewisse Unterschiede. Im November 1993 haben die Pyranometer in beiden Arrayebenen im Mittel eine

Bild 10 Strahlungsertrag  $Y_r$  und Endertrag  $Y_f$  bei den Anlagen Gfeller/Burgdorf (3,18 kW<sub>p</sub>), Mont-Soleil (560 kW<sub>p</sub>) und Jungfrauoch (1,152 kW<sub>p</sub>) in den Monaten November 1993, Dezember 1993, Januar 1994 und Februar 1994

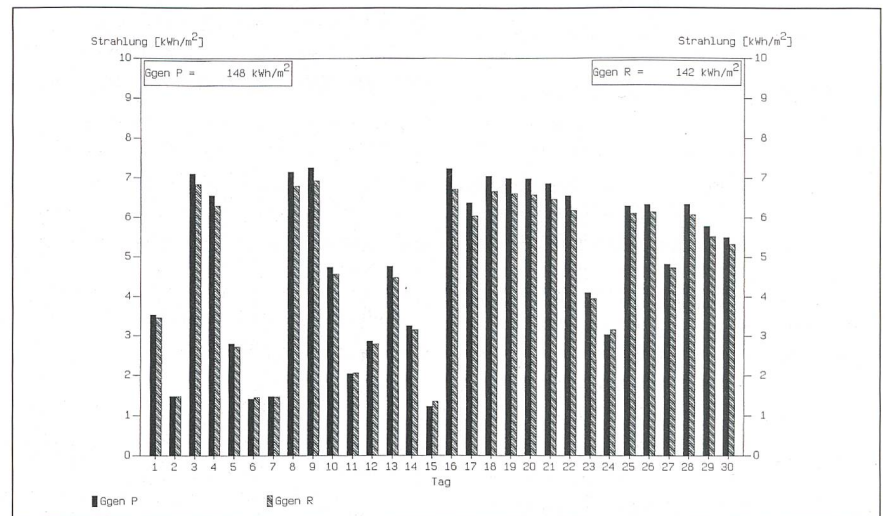
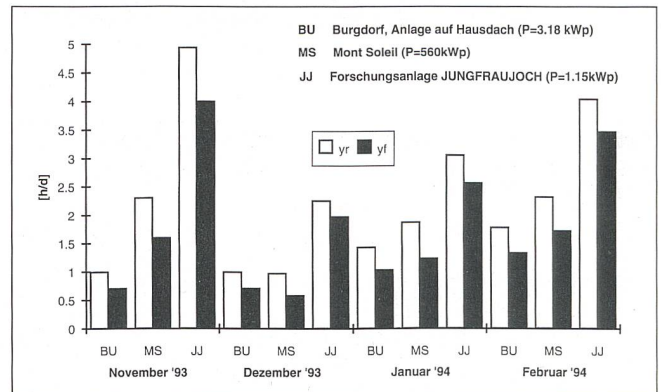


Bild 11 Mit beheiztem Pyranometer CM-21 von Kipp & Zonen ( $G_{gen P}$ ) und Referenzmodul M1R von Siemens ( $G_{gen R}$ ) gemessene mittlere Tagessummen der Globalstrahlung im November 1993. Man erkennt, dass besonders an schönen Tagen die mit dem Referenzmodul gemessenen Werte um einige Prozent unter den Pyranometerwerten liegen

Strahlung verwendet wird (Tabelle 1). Bei der Angabe der Nutzungsziffer *PR* einer Anlage sollte deshalb immer angegeben werden, womit die Strahlung gemessen wird, sonst sind die *PR*-Werte nicht korrekt mit denen anderer Anlagen vergleichbar. Da die Sonne das ganze Spektrum einstrahlt, wäre die Verwendung der Pyranometer-Werte sicher am korrektesten. Pyranometer sind aber relativ teuer. Sie sind auch träger als Referenzpanels und Solarmodule und brauchen einen periodischen Unterhalt (Nacheichung, Ersatz des Feuchtigkeitsschutzes). Sie werden deshalb nicht überall verwendet.

Leider ist im Dezember 1993 die Heizung der Pyranometer ausgefallen. Als Folge davon trat nach starken Schneefällen jeweils kurzzeitig (wenige Stunden) eine teilweise Schneebedeckung der Pyranometer auf, so dass diese in den Monaten Dezember, Januar und Februar etwas zu wenig gemessen haben. Dies konnte durch einen Vergleich der Tagesgänge der Einstrahlung von Pyranometern und Referenzzellen eindeutig gezeigt werden. Die *PR*-Werte für Dezember, Januar und Februar liegen wegen dieses kleinen Fehlers deshalb näher beieinander. Die in den Bildern 3–10 angegebenen Strahlungswerte wurden alle mit Pyranometern gemessen.

Performance Ratio $PR = Y_p/Y_r$	November 1993	Dezember 1993	Januar 1994	Februar 1994
Gfeller/Burgdorf	0,71	0,72	0,72	0,75
Mont-Soleil (BE)	0,69	0,60	0,66	0,74
Jungfrauoch (Pyranometer)	0,81	0,88	0,84	0,86
Jungfrauoch (Referenzmodul)	0,84	0,86	0,84	0,8

Tabelle 1 Nutzungsziffer (Performance Ratio) der Anlagen Gfeller/Burgdorf, Mont-Soleil und Jungfrauoch in den Monaten November 1993–Februar 1994. Man erkennt, dass die *PR*-Werte der Anlage Jungfrauoch um einige Prozentpunkte variieren, je nachdem ob die zur Berechnung von *PR* verwendeten  $Y_r$ -Werte mit einem Pyranometer oder mit einer Referenzzelle gemessen wurden. Die geringeren Abweichungen in den Monaten Dezember–Februar dürften zumindest teilweise auf den Ausfall der Pyranometer-Heizung zurückzuführen sein

### Ausblick

Die Photovoltaikgruppe der ISB hofft, dass die neue Anlage die Stürme und die sommerlichen Gewitter auf dem Jungfrauoch weiterhin gut übersteht und noch lange so interessante Daten liefert. Im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen im Mittelland, die je nach Lage im Winterhalbjahr nur zwischen 20% und 35% der Jahresproduktion liefern, sollte die Anlage Jungfrauoch etwa 50% der Jahresenergie im Winterhalbjahr produzieren. Da das Maximum des Stromverbrauchs in der Schweiz im Winter liegt, sind hochalpine Photovoltaikanlagen an Gebäudefassaden elektrizitätswirtschaft-

lich interessant. Wir hoffen, mit der Anlage Jungfrauoch diese Voraussage in der Praxis bestätigen zu können.

### Literatur

- [1] Häberlin, H.: Die neue Photovoltaik-Testanlage der ISB. Techpress 1/94.
- [2] Häberlin, H.: Photovoltaik-Strom aus Sonnenlicht für Inselanlagen und Verbundnetz. AT-Verlag, Aarau, 1991, ISBN 3-85502-434-0.
- [3] Häberlin, H. und Röthlisberger, H.R.: Neue Photovoltaik-Wechselrichter im Test. Bulletin SEV/VSE 10/93.
- [4] Häberlin, H. und Minkner, R.: Blitzschläge – eine Gefahr für Solarmodule? Bulletin SEV/VSE 1/93.
- [5] Häberlin, H.: Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen in Tourismusregionen. Elektroniker 11/92.

### Verdankungen

Die Photovoltaikanlage auf dem Jungfrauoch, wo die Baukosten sehr hoch sind, konnte nur dank Spenden und Beiträgen verschiedener Firmen und Institutionen erstellt werden, nämlich der Siemens-Albis AG (Solargeneratoren), des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE), der Bahnen der Jungfrauregion und der Fabrimex Solar AG (Wechselrichter).

Die Entwicklung und die Beschaffung der Messtechnik erfolgte im Rahmen eines vom Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) und vom Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) finanzierten Messprojektes. All diesen Firmen und Institutionen sei an dieser Stelle für ihre wertvolle Unterstützung herzlich gedankt, ohne die dieses hochinteressante Projekt nie zustande gekommen wäre.

Dank gebührt auch der Internationalen Stiftung Hochalpine Forschungsstation Jungfrauoch, welche die Montage des Solargenerators an der Fassade ihres Gebäudes gestattet hat und unter ihrem Dach den Wechselrichter und die Messapparaturen beherbergt. Schliesslich danken wir auch der Elektrowatt Ingenieurunternehmung (EWI), welche die Daten der Anlage Mont-Soleil zur Verfügung gestellt hat.

### Exploitée par l'Ecole d'ingénieurs de Berthoud (Burgdorf)

## La centrale photovoltaïque de la Jungfrauoch

Outre des expérimentations sur des onduleurs photovoltaïques, l'Ecole d'ingénieurs de Berthoud travaille également sur l'ensemble des techniques de production d'électricité solaire: fiabilité, sûreté, protection contre la foudre, simulation et calcul des productions énergétiques, etc.

Dans le cadre d'un mandat de l'Office fédéral de l'énergie et du Service des eaux et de l'énergie du canton de Berne, l'école effectue depuis 1991 des mesures sur plusieurs installations bernoises: les rayonnements solaires, les intensités des courants continu et alternatif ou le comportement des cellules font l'objet de calculs systématiques.

Depuis le début de 1993, les travaux se concentrent sur des installations situées à Berthoud, à Interlaken et sur les hauteurs de Birg/Schilthorn (2600 mètres d'altitude). Les données recueillies à ce jour permettent désormais d'évaluer les productions moyennes sur le Plateau suisse avec une certaine précision. Il restait à définir le potentiel photovoltaïque des régions élevées, où le rayonnement solaire, surtout en hiver, est beaucoup plus abondant.

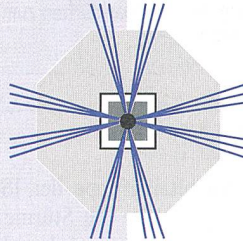
C'est ainsi qu'est née l'idée d'une installation expérimentale sur la Jungfrauoch, dans l'Oberland bernois. Il s'agit d'un site alpin bien exposé à 3454 mètres d'altitude, relié au réseau électrique public et sur lequel on dispose d'une riche documentation en données météorologiques.

Outre des informations générales très précieuses, ce site aux conditions climatiques extrêmes offre également des possibilités de tests de résistance idéales pour l'ensemble d'une installation photovoltaïque et pour les matériaux spécifiques (cellules, onduleurs, etc.).

# Universelle Gebäudeverkabelung – Der kommunikative Draht in die Zukunft

Nutzen und Wirtschaftlichkeit

Ausgesuchte Referenten  
verschaffen Ihnen einen Überblick  
über die hochaktuelle Thematik.



Dienstag, 7. Juni 1994  
oder  
Mittwoch, 8. Juni 1994

- Prof. Dr. H. Ruh, ETH/UNI Zürich
- Hp. Quadri, IBM (Schweiz)
- L. Good, ABB Normelec AG
- W. Tanner, SEV Zürich
- Dr. E. Hürlimann, AWK Engineering AG
- F. Mazenauer, TELECOM PTT
- G. Oberer, IBS+S Zürich

Technopark Zürich  
Pfungstweidstrasse 30  
CH-8005 Zürich  
Telefon 01 445 10 00  
Telefax 01 445 10 01

**TECHNOPARK**  
ZÜRICH

# KEINER

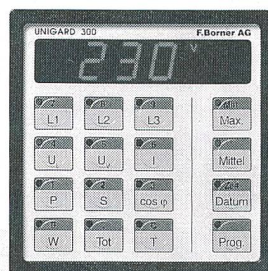
**gibt sich mit einem Stück zufrieden, wenn er das Ganze haben kann.**

UNIGARD ersetzt alle herkömmlichen Zeigerinstrumente in elektrischen Anlagen. Spannungen, Ströme, Leistungen (klare Unterscheidung zwischen motorisch und generatorisch) usw. können mit UNIGARD gemessen, berechnet, registriert und jederzeit abgerufen werden. Nebst Min./Max.-Werten mit Zeitangabe des Eintretens, zeichnet es sich durch

Leitsystemfähigkeit und Bedienerfreundlichkeit aus.

Via Datenlogger (UNILOG) können die Daten mit der auf EXCEL basierenden Software UNISOFT abgerufen werden.

UNIGARD ist eine reife Neuentwicklung der F. Borner AG, konzipiert von kompetenten Netzknennern für die Könnern in der Praxis.



Weiterentwicklungen hinsichtlich neuer Regelungen und Bedürfnissen sind somit gewährleistet.

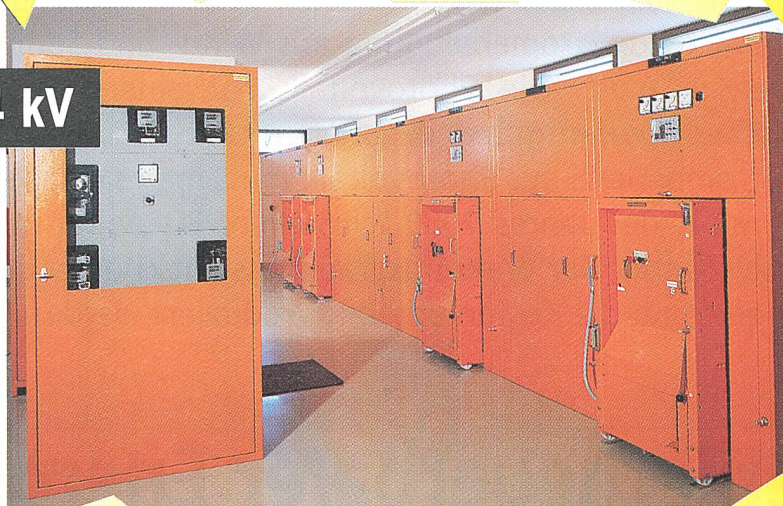
Am besten verlangen Sie unsere Broschüre oder eine persönliche Beratung. Wir freuen uns auf Ihren Kontakt.

**UNIGARD  
von Borner.**



**F. Borner AG**  
Bereich Messtechnik  
CH-6260 Reiden  
Telefon 062 81 20 20  
Telefax 062 81 29 38

## Normblockzellen 24 kV

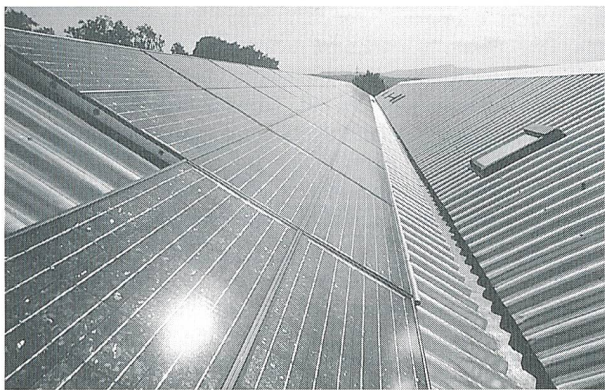


Standardisiert  
500 und 750 MVA.  
Kundenspezifisch  
ausbaubar.

**I. Huser AG • Busswil**

9572 Busswil TG, Tel. 073-23 46 46, Fax 073-23 65 45

**Elektrobau**



Z.B.: PV-Anlage «am Birsig» mit 36,1 kW Leistung

### Wir helfen Energie sparen

Energieberatungen und  
Energiekonzepte  
Gebäudesanierung  
Stromsparanalysen

### Wir planen und bauen

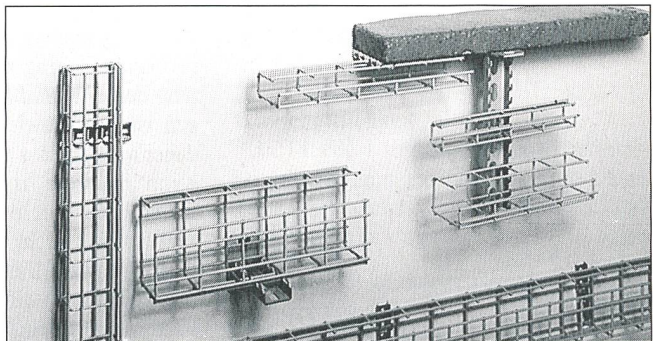
Solaranlagen für Wärme  
und Strom  
Holzheizsysteme  
Windkraftanlagen

**ALTENO AG**

Die unabhängige Ingenieurunternehmung für Solartechnik

4438 Langenbruck  
Ausserdorf 8  
Tel. 062 60 16 22  
Fax 062 60 12 65

4057 Basel  
Markgräflerstr. 18  
Tel. 061 691 02 12  
Fax 061 691 02 95



### Canaux G et petits chemins de câbles à grille LANZ NOUVEAU

Les nouveaux canaux d'installation en grillage revêtus de polyéthylène gris, exempts d'halogène.

- 6 dimensions de 50×50 à 100×150 mm; longueur 2 m
- Economie de place aux plafonds, dès 56 mm de hauteur totale
- Montage rapide: il suffit de visser les rails à crochets ou le support, d'y suspendre les canaux G ou les petits chemins de câble à grille et d'y introduire latéralement les câbles — terminé!

Livraison immédiate par votre électricien-grossiste ou lanz oensingen 062/78 21 21 fax 062/76 31 79

Les canaux G et les petits chemins de câbles à grille LANZ m'intéressent. Veuillez me faire parvenir votre documentation.

Pourriez-vous me/nous rendre visite, avec préavis s.v.p.?

Nom/adresse: \_\_\_\_\_

13f



**lanz oensingen sa**

CH-4702 Oensingen • téléphone 062 78 21 21