

ANNUAL REPORT 1994

Project Number: 2228

ENET Number:



Project Title: Photovoltaic Power Plant PHALK Mont-Soleil
Research Program, Phase 1

Abstract:

The project includes the data acquisition, evaluation and interpretation of the relevant operation parameters of the PHALK Mont-Soleil pv power plant. Many detailed results have been presented in the 1993 report, the present final annual report concentrates on some summarising results. During 1993 the plant produced 563,4 MWh of electricity. The specific annual production was 1006 kWh/kWp. This value exceeds the average specific production of Swiss pv plants by some 20%. In 1993, the monthly performance ratio (PR) varied between 0.60 and 0.83 with an annual average of 0.77. From October 1992 to December 1994 the plant was operating continuously with only a few short scheduled and even fewer unscheduled shutdowns.

Duration of the Project: ..1...Feb.....1991.. - ..31...Dez.....1994.

Responsible for the project: Electrowatt Engineering Services Ltd
Reporting on the project: Dr. Rudolf Minder
Address: Bellerivestrasse 36, Postfach, 8034 Zürich
Telephone: 01-385 27 51 **Fax:** 01-385 26 52

ANNUAL REPORT 1994

Project Number: 228

ENET Number: 9100279

Project Title: Photovoltaic Power Plant PHALK Mont-Soleil
Research Program, Phase 1

Abstract:

The project includes the data acquisition, evaluation and interpretation of the relevant operation parameters of the PHALK Mont-Soleil PV Power plant. Many detailed results have been presented in the 1993 report, the present final annual report concentrates on some summarising results. During 1993 the plant produced 563,4 MWh of electricity. The specific annual production was 1006 kWh/kWp. This value exceeds the average specific production of Swiss pv plants by some 20%. In 1993, the monthly performance ratio (PR) varied between 0.60 and 0.83 with an annual average of 0.77. From October 1992 to December 1994 the plant was operating continuously with only a few short scheduled and even fewer unscheduled shut-downs.

Duration of the Project: 1.2.1991 - 31.12.1993

Responsible for the project:	Electrowatt Engineering Services Ltd
Reporting on the project:	Dr. Rudolf Minder
Address:	Bellerivestrasse 36, Postfach, 8034 Zürich
Telephone: 01-385 27 51	Telefax: 01-385 26 52

1. Projektziele

Die wichtigsten Projektziele für 1994 bestanden darin, die bis Ende 1993 erfassten Messdaten auszuwerten und zu interpretieren, sowie die seit Inbetriebnahme der Anlage gesammelten Resultate und Erfahrungen in einem Schlussbericht darzustellen.

2. 1994 geleistete Arbeiten und Ergebnisse

Nachdem im Jahresbericht 1993 bereits wesentliche Detailresultate publiziert wurden, sollen nachfolgend einige zusammenfassende Ergebnisse dargestellt werden.

2.1 Energieertrag 1993

Der Energieertrag 1993 betrug 563,4 MWh. Damit ergab sich ein spezifischer Ertrag von 1006 kWh/kWp. Dieser Wert liegt gut 20% über dem in der VSE - Statistik errechneten Durchschnittsertrag für PV-Anlagen in der Schweiz. Aufgrund von Vergleichen zwischen dem Strahlungsangebot 1993 und dem langjährigem Mittelwert für die SMA-Station La Chaux-de-Fonds ergibt sich, dass der Ertrag 1993 ca. 5% tiefer lag, als in einem durchschnittlichen Jahr zu erwarten wäre.

2.2 Performance Ratio

Mit Performance Ratio (PR) wird ein Wert definiert, der einen Systemnutzungsgrad entspricht.

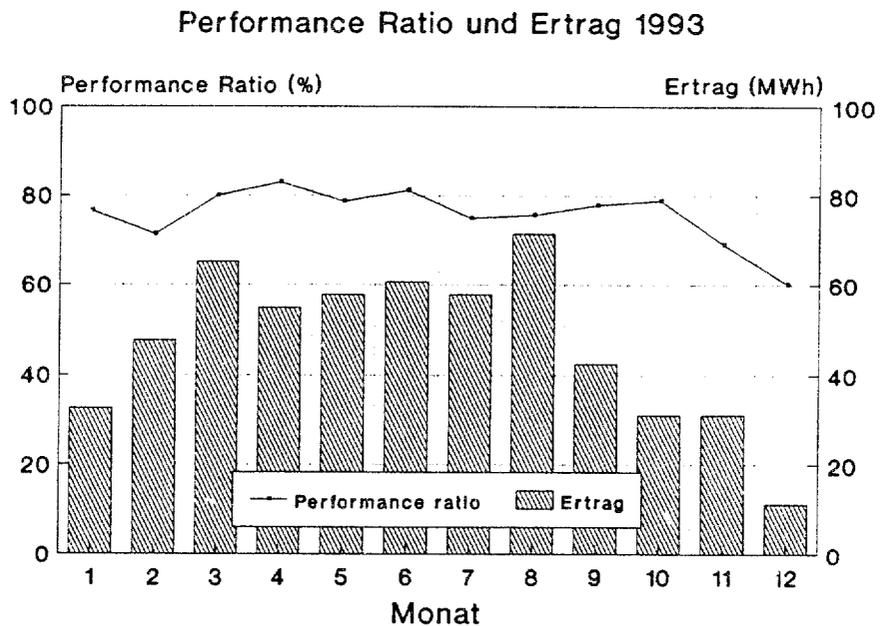
Der PR-Wert kann auf verschiedene Zeiteinheiten bezogen werden (Tag, Monat, Jahr). Er errechnet sich numerisch wie folgt:

$$PR = \frac{\text{Ertrag pro Zeiteinheit (in kWh)}}{\text{Install Leistung (in kWp)} \cdot \text{Einstrahlung pro Zeiteinheit (in kWh/m}^2\text{)}}$$

Der PR Wert wird oft als "standortunabhängiger Parameter" zur Beurteilung der Leistung einer PV-Anlage bezeichnet. Bei näherer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass der PR-Wert sehr wohl standortabhängig ist und somit nur einen sehr groben Vergleich zwischen Anlagen mit verschiedenen Standorten erlaubt. Die hauptsächlichen Gründe für die beschränkte Aussagekraft des PR-Wertes sind die nicht berücksichtigten Temperatureffekte und Nichtlinearitäten des Systemwirkungsgrades.

Nützlich ist der PR-Wert hingegen, wenn es um die Betriebsüberwachung einer bestimmten Anlage geht. Mit einer einfachen Kennzahl können grössere Abweichungen vom Normalverhalten überprüft werden.

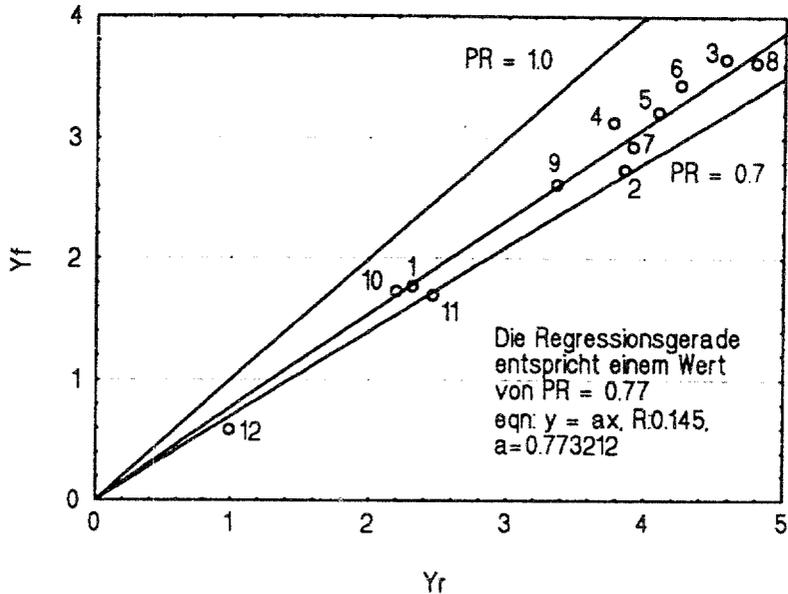
Der Energieertrag des Kraftwerkes PHALK Mont-Soleil sowie die monatlichen PR-Werte sind in Figur 1 dargestellt.



Figur 1: Monatliche Performance Ratio PR und Energieertrag des Solarkraftwerkes PHALK Mont-Soleil im Jahr 1993

Wesentlich aussagekräftiger als der PR-Wert ist die Gegenüberstellung des theoretischen, verlustfreien Ertrages (Y_r , reference yield) mit dem effektiv erreichten Ertrag (Y_f , final yield). Die monatlichen Werte dieser Grössen sind in Figur 2 zusammen mit der im Nullpunkt fixierten Regressionsgeraden dargestellt.

Yf in Funktion von Yr fuer Jan - Dez 1993

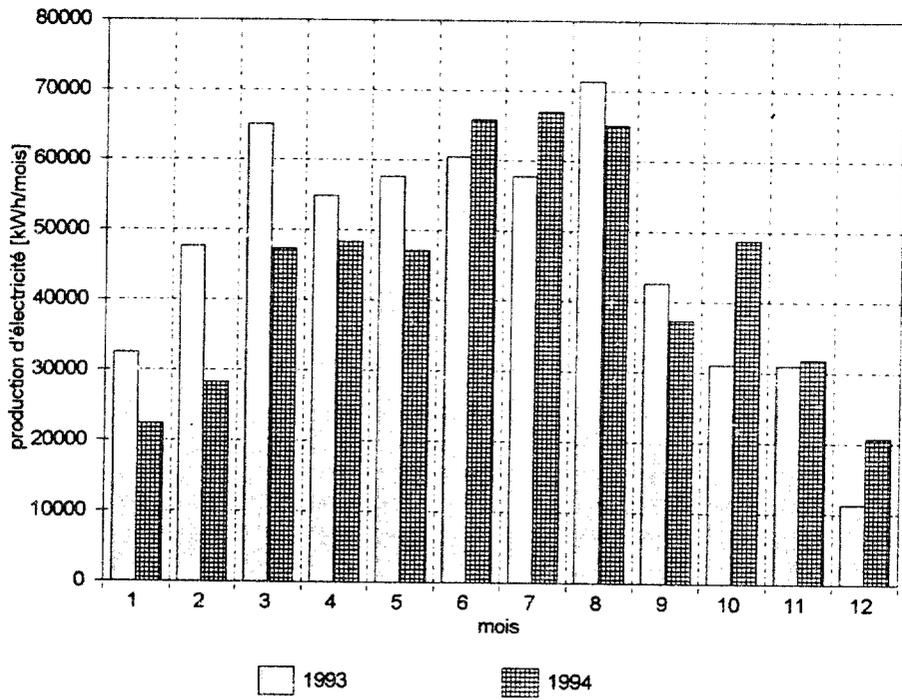


Figur 2: Effektiver Ertrag Yf im Vergleich zum Referenzertrag Yr für die Monate 1-12 des Jahres 1993

Interessant ist zum Beispiel der Vergleich der Monate Februar (2) und Juli (7). Bei nahezu gleichem Yr-Wert ergibt sich ein deutlich höherer Yf-Wert für den Juli, obwohl auf Grund der tieferen Temperatur im Februar ein umgekehrtes Verhalten zu erwarten wäre. Der Grund liegt bei diesem Beispiel in einem geplanten Betriebsunterbruch im Februar (Änderungen am Wechselrichter), welcher eine Ertragseinbuße bewirkte.

2.3 Ergebnisse aus den Auswertungen des Betriebsjahrs 1994

Das vom BEW unterstützte Forschungsprojekt umfasste die Auswertung der Messdaten bis Ende 1993. Die Messkampagne wurde jedoch von der Projektträgerschaft auch während des Jahres 1994 weitergeführt. Im folgenden sollen deshalb die Energieproduktionszahlen 1994 dargestellt werden. Figur 3 zeigt eine Gegenüberstellung der monatlichen Energieerträge der Jahre 1993 und 1994. Wie daraus ersichtlich ist, lag die Produktion 1994 mit 529'000 kWh um 6 % tiefer als 1993. Dies hängt im wesentlichen mit dem geringen Strahlungsangebot in den ersten Monaten des Jahres 1994 zusammen. Wie eine Analyse der horizontalen Globalstrahlung der SMA - Station La Chaux-de-Fonds ergibt, lag die Einstrahlung 1994 um 5 % unter den Werten von 1993, wobei 1993 bereits ein unterdurchschnittliches Jahr war.



Figur 3: Monatliche Werte der Elektrizitätsproduktion des Solarkraftwerks PHALK Mont-Soleil für die Jahre 1993 und 1994

2.4 Zusammenfassende Beurteilung

Insgesamt arbeitete die Anlage im Jahr seit Ende 1992 bis heute mit grosser Zuverlässigkeit. Betriebsunterbrüche beschränkten sich auf wenige geplante Unterbrüche im Zusammenhang mit Modifikationen am Wechselrichter sowie auf einzelne Störungen im 16 kV-Netz, welches aus geographischen Gründen viel exponierter ist als ein Mittelspannungsnetz in einem Ballungsraum. Der Energieertrag liegt zwar unter den ursprünglich prognostizierten Werten. Der spezifische Ertrag liegt jedoch gut 20% über dem Durchschnitt der statistisch erfassten schweizerischen PV-Anlagen, was angesichts der Optimierung auf Winter-Ertrag als gut bezeichnet werden darf.

3. Zusammenarbeit mit anderen schweizerischen Institutionen, internationale Kontakte und Zusammenarbeit

Im Jahr 1994 wurde die Zusammenarbeit mit verschiedenen Institutionen fortgeführt:

- ABB Industrie AG: Optimierung des Wechselrichters bezüglich Oberwellen und DC-Regelung
- Ingenieurschule Burgdorf (Datenaustausch)

Ebenfalls fortgeführt wurde die Mitwirkung im IEA-Programm "Photovoltaic Power Systems". Im weiteren konnten die Arbeiten im Rahmen des Joule II - Projekts CT92-0152 "Comparative Review of design Criteria for Multi-Megawatt PV-Plants" fortgesetzt werden.

4. Transfer von Ergebnissen in die Praxis

Die Umsetzung von Ergebnissen in die Praxis erfolgt einerseits in den in 3. erwähnten internationalen Projekten. Andererseits wurde eine Anzahl von direkten Anfragen von PV-Anwendern beantwortet, insbesondere betreffend der Erfahrungen mit der Modulklebetchnik und den DC-Leistungsschaltern (vgl. auch Publikationsliste).

5. Perspektiven für 1995

Die Forschungsarbeiten im Rahmen des Projekts PHALK Mont-Soleil finden ihre Fortsetzung 1995 mit einem neuen von BEW mitfinanzierten Forschungsprojekt, das sich mit neuartigen, hocheffizienten Solarzellen befasst. Im Rahmen dieses Projekts, das von der Ingenieurschule St-Imier geleitet wird, wird auch die weitere Auswertung der vom Kraftwerksbetrieb anfallende Daten vorgenommen.

6. Publikationen 1994

1. Analysis of Energy Flow and Losses in a large PV-System

R. Minder

Proc. IEA Task VI Workshop on Modular PV-Plants,

Paestum (Italy) July 1994

2. Das Löschverhalten von Gleichstromschaltern

T. Kälin

SOFAS-Workshop "Sicherheit und Zuverlässigkeit von Photovoltaik-Anlagen"

Burgdorf, 15. November 1994