Das Solarkraftwerk Phalk Mont-Soleil : Betriebserfahrung und erste Bilanz

Autor(en): **Minder, Rudolf**

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): **84 (1993)**

Heft 10

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902686

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

Ein knappes Jahr nach Inbetriebnahme des Solarkraftwerks auf dem Mont-Soleil kann eine erste Bilanz wie folgt gezogen werden: Das Kraftwerk arbeitet nach Überstehen einiger Kinderkrankheiten – gut. Die spezifischen Leistungswerte werden im wesentlichen erreicht, wobei über den Jahresertrag noch keine definitive Aussage gemacht werden kann. Aus Planung, Bau und Betrieb liegen bereits viele wertvolle Erfahrungen vor, die bei verschiedenen neueren in- und ausländischen Projekten bereits berücksichtigt wurden. Durch den intensiven Kontakt mit anderen Photovoltaik-Fachleuten erfolgt eine rasche Umsetzung der erzielten Resultate.

Das Solarkraftwerk Phalk Mont-Soleil: Betriebserfahrungen und erste Bilanz

■ Rudolf Minder

Vorgeschichte des Projekts

Während mehrerer Jahre arbeitete die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG an einem Konzept für ein photovoltaisches Kraftwerk in der Schweiz. Diese Arbeiten wurden unter dem Arbeitstitel «Phalk 500 – photovoltaisches alpines Kraftwerk mit 500 kW Leistung» durchgeführt.

1988 entschlossen sich die Elektrowatt AG und die Bernischen Kraftwerke AG das Projekt gemeinsam weiter zu verfolgen, wobei die Standortsuche sich auf den Kanton Bern beschränken sollte. Relativ rasch konnte man sich auf den Standort Mont-Soleil im Berner Jura einigen, so dass anschliessend ein Vorprojekt erarbeitet werden konnte.

Am 17. Mai 1989 konnte das Projekt der Öffentlichkeit vorgestellt werden. In der Zwischenzeit formierte sich auch eine breit abgestützte Trägerschaft, indem neun Elektrizitätswerke und ein Industriekonzern sich den beiden Gründungsmitgliedern des Konsortiums Phalk Mont-Soleil anschlossen.

Die heutige Trägerschaft besteht somit aus folgenden Firmen:

EW	Elektrowatt AG, Zürich
BKW	Bernische Kraftwerke AG, Bern
AEW	Aargauisches Elektrizitätswerk, Aarau
EGL	Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG, Laufenburg
EWB	Elektrizitätswerk der Stadt Bern, Bern
AEK	Gesellschaft des Aare- und Emmenkanals, Solothurn
EBM	Elektra Birseck Münchenstein, Münchenstein

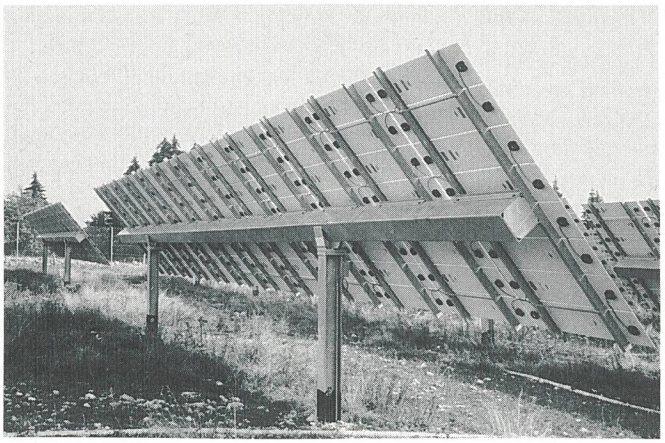


Bild 1 Solarzellen-Tisch auf dem Mont-Soleil, von hinten gesehen

Adresse des Autors:
Dr. *Rudolf Minder*, Vizedirektor,
Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG,
Bellerivestrasse 36, Postfach, 8022 Zürich.

EEF	Freiburgische Elektrizitätswerke, Freiburg
ENSA	Electricité Neuchâteloise SA, Neuchâchtel
EWW	Elektrizitätswerke Wynau, Langenthal
ABB	Asea Brown Boveri AG, Baden
SEG	Société des Forces Electriques de la Goule, Saint-Imier

Der Nationale Energie-Forschungs-Fonds NEFF sowie der Kanton Bern sicherten substantielle Beiträge an die Finanzierung der Anlage zu, und das Bundesamt für Energiewirtschaft bewilligte ein Gesuch um Mitfinanzierung des begleitenden Forschungsprogramms.

Im Sommer 1991 wurde der Bau der Anlage in Angriff genommen. Nach einigen Wochen Testbetrieb konnte die Anlage Ende April 1992 im Beisein des schweizerischen Energieministers, Bundesrat Adolf Ogi, eingeweiht werden.

Projektziele

Die Trägerschaft definierte die Projektziele wie folgt:

Phalk Mont-Soleil ist ein schweizerisches Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekt im Gebiet der photovoltaischen Elektrizitätserzeugung. Das Projekt umfasst die Planung, den Bau und den Betrieb eines nach heutigem Stand technisch und wirtschaftlich optimierten Solarzellen-Kraftwerks mit 500 kW Spitzenleistung. Das Projekt soll ausgedehnte, auch längerfristige Möglichkeiten für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowohl am Gesamtsystem als auch an einzelnen Komponenten bieten. Ebenso soll es für Ausbildungszwecke genutzt werden können. Der gewählte Standort soll repräsentativ für Gebirgsstandorte mittlerer Höhe in der Schweiz sein.

Die Wahl des Standorts Mont-Soleil

Der Entscheid für den Standort Mont-Soleil erfolgte nach umfangreichen Vorarbeiten und sorgfältigen Abklärungen. Mögliche Standorte in verschiedenen Regionen der Schweiz wurden geprüft, wobei folgende wichtigste Auswahlkriterien berücksichtigt wurden:

Höhenlage: Der ausgewählte Standort sollte repräsentativ für Gebirgsstandorte mittlerer Höhenlage sein.

Besonnung: Die lokalen Besonnungsverhältnisse sollten möglichst optimal sein (geringe Beschattung, oberhalb Nebelgrenze).

Infrastruktur: Der Standort sollte möglichst gut erschlossen sein, so dass keine langen Zufahrtsstrassen und Leitungen zum Netz erstellt werden müssen.

Zugänglichkeit: Der Standort sollte während des ganzen Jahres gut zugänglich sein; eine Verbindung mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist wünschenswert.

Akzeptanz: Das Projekt sollte bei der lokalen Bevölkerung sowie bei den Behörden von Standortgemeinde und -kanton positiv aufgenommen werden.

Ästhetik: Die Einbettung der Anlage in die Landschaft sollte gut möglich sein.

Mit dem relativ geringen Platzbedarf von rund 2 ha (20 000 m^2) lassen sich in Gebirgsregionen der Schweiz ohne Zweifel viele günstige Standorte finden. Die Projektträger sind jedoch aufgrund der Erfahrungen bei Planung und Bau überzeugt, dass mit dem Standort Mont-Soleil für eine erste Anlage dieser Art in der Schweiz ein nahezu idealer Standort gefunden wurde.

Erfahrungen bei Planung und Bau

Bewilligungsverfahren und Akzeptanz

Das für das Solarkraftwerk ausgewählte Grundstück auf dem Mont-Soleil liegt in der Landwirtschaftszone der Gemeinde Saint-Imier. Für den Bau der Anlage war deshalb eine Ausnahmebewilligung nach Art. 24 des Eidgenössischen Raumplanungsgesetzes nötig. Unter Berücksichtigung dieses Umstands war der benötigte Zeitraum von etwa einem Jahr für das Baubewilligungsverfahren akzeptabel.

Da das Projekt bereits in einem frühen Stadium mit den lokalen Behörden und interessierten Gruppen, zum Beispiel Heimatschutz, diskutiert wurde, konnte das Verfahren ohne eine einzige Einsprache durchgezogen werden. Auffallend war und ist die ausserordentlich grosse Akzeptanz und das Interesse der lokalen Behörden und der breiten Bevölkerung an diesem Projekt.

Auch von seiten der Besucher, seien es geführte Gruppen oder einzelne Wanderer, wird das Projekt praktisch ausnahmslos mit wohlwollendem Interesse aufgenommen.

Besonders positiv wird die Tatsache aufgenommen, dass das vom Solarkraftwerk beanspruchte Grundstück nach wie vor landwirtschaftlich genutzt werden kann, nämlich als Schafweide!

Neben dem Baubewilligungsverfahren musste ebenfalls die Bewilligung des Eidgenössischen Starkstrominspektorats, ESTI, zum Betrieb der Anlage eingeholt werden. Auch dieses Verfahren konnte dank der kooperativen, unbürokratischen Mitwirkung des ESTI ohne Probleme zügig abgewickelt werden.

Allgemeine Erfahrungen beim Bau der Anlage

Im grossen und ganzen konnte der Bau der Anlage gemäss Planung abgewickelt werden. Nach einem wetterbedingt verspäteten Start im Frühsommer 1991 konnte zügig gearbeitet werden. Eine Verzögerung und unvorgesehene Kosten ergaben sich, als eine durch das Grundstück führende Wasserleitung durch die Bauarbeiten beschädigt wurde und auf einer Länge von 150 m ersetzt werden musste. Im Herbst konnte die Verlegung der Kabelkanäle und der Kabel, wiederum wetterbedingt erst später als geplant in Angriff genommen werden, so dass teilweise bei Temperaturen weit unter Null gearbeitet werden musste.

Die Qualität der Arbeiten der beteiligten, meist aus der Region stammenden Unternehmen, war im allgemeinen gut. Rückblickend ist festzustellen, dass zu viele einzelne Firmen an der Anlage beteiligt waren. Probleme mit Kosten, Terminen und «Reibungsverlusten» hätten durch die Zusammenfassung von Aufträgen zu grösseren Arbeitspaketen vermutlich reduziert werden können. Das Budget von 8,4 Mio. Fr. konnte praktisch eingehalten werden, die effektiven Baukosten betragen 8,69 Mio. Fr.

Montage der Solarmodule

Eines der Ziele des Projekts Phalk Mont-Soleil ist es, einen Beitrag zur Weiterentwicklung und Verbilligung der Solarzellen-Anwendungstechnik zu leisten. Für die Montage der rund 10 000 Solarzellen-Module wurde deshalb anstelle der konventionellen Schraubtechnik (40 000 Schrauben!) ein klebetechnisches Verfahren gewählt.

Der Bauablauf für das Solarzellenfeld war wie folgt: zuerst wurden die Betonfundamente für die Tische erstellt. Anschliessend wurden die Tragstrukturen, bestehend aus zwei vertikalen Pfeilern und einem horizontalen Vierkant-Rohr montiert. Parallel zu diesen Arbeiten wurden in einem 500-m^2-Zelt auf der Baustelle die Grossmodule hergestellt. Jeweils acht Laminate wurden auf einen Rahmen aus verzinkten Stahlprofilen aufgeklebt.

Diese Grossmodule mit den Dimensionen von 1,3 m x 2,6 m und einem Gewicht von etwa 80 kg wurden dann in das Feld transportiert, mit einem an einen Traktor gekoppelten kleinen Hydraulikkran auf die Tragstruktur aufgesetzt und mit zwei Bolzen verschraubt.

Aufgrund der Erfahrungen kann heute gesagt werden, dass die klebetechnische Montage insgesamt etwas kostengünstiger ist als die Schraubmontage. Die Kosteneinsparungen ergeben sich vor allem durch grössere

zulässige Toleranzen bei den Tragstrukturen sowie durch geringeren Materialaufwand wegen des wegfallenden Gewichts der Modulrahmen.

Bild 1 zeigt einen der 110 «Tische» des Solarzellenfeldes von hinten. Die einfache mechanische Struktur der Tische ist das Resultat von umfangreichen Versuchen und statischen und dynamischen Berechnungen. Die wesentliche mechanische Belastung der Solarzellen und der Montagestrukturen ist durch die relativ hohen auf dem Mont-Soleil auftretenden Windgeschwindigkeiten gegeben.

Als vorläufige Bilanz der verwendeten Klebetechnik können folgende Vor- und Nachteile aufgelistet werden:

Vorteile:
- Einfache, schnelle und kostengünstige Montage
- Keine Korrosionsprobleme Alurahmen/Stahl
- Gute Spannungsfestigkeit Modul/Erde
- Leichte, einfache und kostengünstige Tragstruktur
- Verbesserter Erntefaktor wegen Wegfall von rund 15 t Aluminium
- Ansprechende Ästhetik

Nachteile:
- Beschädigungsgefahr bei Montage und Unterhalt grösser
- Grösserer Aufwand beim Auswechseln eines defekten Laminats (etwa 0,5–1 Monteurstunde pro Laminat)
- Grössere Empfindlichkeit bei Blitzeinschlag

Zum letzten Punkt wurden an der Ingenieurschule Burgdorf (ISB) im Rahmen von verschiedenen Semester- und Diplomarbeiten umfangreiche Versuche gemacht. Dabei zeigte es sich, dass ein Stossstrom in der Tragstruktur, der bezüglich Steilheit und Scheitelwert einem natürlichen Blitz entspricht, beim geklebten Modul Schäden bewirken kann. Offenbar entstehen auf der Zellenoberfläche (Frontkontakt) Induktionsströme, welche die Sammelelektroden der Zelle thermisch zerstören können, was beim betreffenden Modul zu einer Abnahme des Füllfaktors führt.

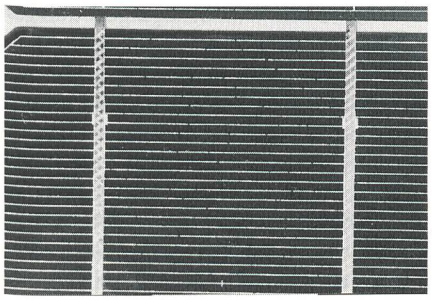


Bild 2 Durch Stossströme in der Montagestruktur beschädigte Solarzelle

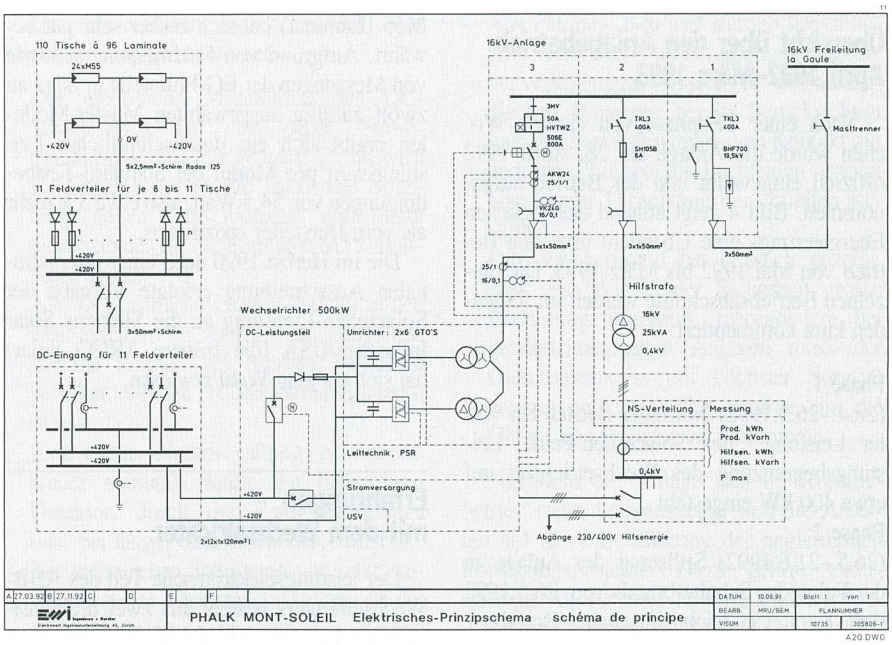


Bild 3 Elektrisches Prinzipschema der Anlage

Bild 2 zeigt eine vergrösserte Aufnahme einer derart behandelten Zelle, wo die Unterbrüche in den Leiterbahnen deutlich sichtbar sind.

Insgesamt kann aber gesagt werden, dass die Empfindlichkeit von Solarzellen-Modulen bei Stromstössen in der Montagestruktur gering ist. Über die Wirkung eines direkten Überschlags auf den Zellen-Stromkreis ist damit natürlich noch nichts ausgesagt.

Zusammengefasst darf die vorläufige Bilanz über die angewandte Klebetechnik als positiv beurteilt werden. Nach dem zweiten Winter kann über das Langzeitverhalten noch wenig ausgesagt werden, auch wenn bisher keinerlei Anzeichen von Alterung der Klebefugen zu beobachten sind. Aufgrund von Erfahrungen mit der Klebetechnik in anderen Bereichen, zum Beispiel Fassadenbau («structural glazing»), werden auch längerfristig keine grösseren Probleme erwartet.

Betriebserfahrungen

Anlagekonzept

Da sich die Betriebserfahrungen mit der Anlage Phalk Mont-Soleil vorwiegend auf den elektrotechnischen Teil beziehen, sei zunächst das technische Konzept vorgestellt. Bild 3 zeigt das Übersichtsschema des gesamten Kraftwerks.

Das Solarzellenfeld besteht aus 10 560 Modulen des Typs Siemens M55 mit je 53 Watt Nennleistung. Jeweils 96 Module sind zu einer mechanischen und elektrischen Einheit verbunden, die im folgenden «Tisch» genannt wird (Bild 1).

Jeder der 110 Tische enthält zwei elektrische Stränge (Strings) mit je 48 in Serie geschalteten Modulen. Die Verschaltung ist gegenüber dem Erdpotential symmetrisch, das heisst die Betriebsspannung der Stränge von 840 Volt teilt sich auf einen positiven und einen negativen Pol auf mit +420 bzw. –420 V Spannung. Jeder Tisch weist eine Nennleistung von etwa 5 kW auf.

Jeweils acht bis elf Tische werden elektrisch zu einem Teilfeld von rund 50 kW Leistung zusammengefasst. Die Kabel von den entsprechenden Tischen führen zu einem Feldverteil-Kasten, der die Strangdioden, Sicherungen, Überspannungsableiter sowie Lasttrennschalter enthält. Von den insgesamt elf Feldverteilern führt je ein Leistungskabel zur Zentrale.

Diese Kabel (3 x 50 mm^2) werden zunächst auf einen Klemmenkasten im Untergeschoss des Technikgebäudes geführt. Dieser enthält wiederum Überspannungsableiter sowie Messwandler, die für die Fehlerstrom-Detektion benötigt werden.

Im Erdgeschoss direkt oberhalb des Klemmenkastens ist der DC-Eingangsschrank montiert. Er enthält Strom- und Spannungswandler für die Messung der einzelnen Teilfelder, die entsprechenden Anzeigegeräte sowie Lasttrennschalter, welche mit denen in den Feldverteilern identisch sind. Vom DC-Eingangsschrank wird die Energie dem DC-Hauptschaltschrank zugeführt und von dort zum Wechselrichter. Der Wechselrichter arbeitet auf zwei Transformatoren, die über eine standardmässige 16-kV-Schaltanlage mit dem Netz gekoppelt sind.

Übersicht über den Anlagebetrieb April 1992–März 1993

Nach einer Testphase von einigen Wochen wurde die Anlage am 28. April 1992 offiziell eingeweiht und der Betrieb aufgenommen. Bild 4 zeigt anhand des täglichen Energieertrags eine Übersicht über den Betrieb von Mai 1992 bis März 1993. Die einzelnen Betriebsabschnitte werden im folgenden kurz kommentiert:

Phase 1:
(28.4.–26.5.1992) Normaler Betrieb bei voller Leistung des Solarzellen-Felds, Leistungsbegrenzung des Wechselrichters auf etwa 400 kW eingestellt
Phase 2:
(26.5.–21.6.1992) Stillstand der Anlage in der Folge des Schalterbrands vom 26.5.1992 (vgl. Kapitel «Gleichtromschalter-Brand»)
Phase 3:
(22.6.–12.10.1992) Betrieb mit reduzierter Leistung (18% der Nennleistung bzw. 2 von 11 Teilfeldern)
Phase 4:
(12.–21.10.1992) Stillstand wegen Montagearbeiten zur Wiederinbetriebnahme
Phase 5:
(ab 22.10.1992) Betrieb bei voller Leistung

Infolge der Stillstandsperioden bzw. der Periode mit reduzierter Leistung kann heute noch keine definitive Aussage über den erzielbaren Jahresenergie-Ertrag gemacht werden. Erste Abschätzungen zeigen jedoch, dass die ursprünglich berechnete Zahl von 720 000 kWh voraussichtlich etwas zu optimistisch ist.

Erfahrungen mit dem Solargenerator

Der aufgrund der günstigsten Systemkosten ausgewählte Solarmodultyp Siemens M55 (Laminat) hat sich bisher sehr gut bewährt. Aufgrund von Feldmessungen sowie von Messungen der EG-Prüfstelle in Ispra an zwölf zufällig ausgewählten Muster-Modulen ergibt sich ein durchschnittlicher Leistungswert pro Modul bei Standard-Testbedingungen von 54,5 Watt, also etwa 3% mehr als vom Hersteller spezifiziert.

Die im Herbst 1990 nach einer internationalen Ausschreibung erfolgte Vergabe der Solarzellen-Lieferung an die Siemens Solar Industries/USA (die frühere ARCO Solar) hat sich als gute Wahl erwiesen.

Erfahrungen mit dem Wechselrichter

Der leistungselektronische Teil des ABB-Wechselrichters besteht aus zwei dreiphasigen Brücken mit je sechs GTOs. Diese sind auf der Gleichstromseite parallel geschaltet und arbeiten wechselstromseitig auf zwei separaten Transformatoren, welche sekundärseitig in Serie geschaltet sind und damit die erforderliche Spannung von 16 kV erreichen.

Die GTOs arbeiten mit einer fünffachen Taktung, das heisst einer Schaltfrequenz von 250 Hz. Durch die Wahl eines geeigneten Taktmusters kann ein relativ verzerrungsarmer Strom erzeugt werden; auf passive Filterung wurde deshalb zunächst verzichtet.

Das Leitsystem des Wechselrichters basiert auf einem programmierbaren schnellen Rechner (PSR) der von ABB bei vielen grösseren Umrichtern eingesetzt wird. Damit ist der Wechselrichter sehr flexibel und kann bei Vorliegen neuer Erkenntnisse leicht nachoptimiert werden. Eine Änderung des «Maximum Power Tracking»-Algorithmus zum Beispiel kann rein softwaremässig erfolgen.

In der ersten Zeit nach der Inbetriebnahme ergaben sich einige Wechselrichter-Ausfälle wegen Störimpulsen auf der Hilfsenergie-Versorgung. Durch Einbau von Filtern und verbesserter Erdung konnten diese Fehlerquellen eliminiert und ein zuverlässiger Betrieb des Wechselrichters erreicht werden.

Der Wirkungsgrad des Wechselrichters ist sehr gut und entspricht innerhalb der Messgenauigkeit den spezifizierten Werten. Bild 5 zeigt den Verlauf des Wirkungsgrads in Funktion der DC-Leistung.

Der Gleichstromschalter-Brand vom 26. Mai 1992

Am 26. Mai 1992 ereignete sich auf der Anlage Mont-Soleil ein Schalterbrand im DC-Teil, der zwar nicht einen sehr grossen Schaden bewirkte, hingegen dazu führte, dass die Anlage eine gewisse Zeit ausser Betrieb genommen und anschliessend während einer längeren Periode nur mit einem Teil der Leistung betrieben werden konnte.

Um die aus diesem Ereignis gewonnenen Erfahrungen weiterzugeben, soll im folgenden etwas ausführlicher über dessen Hintergründe und die daraus gezogenen Lehren berichtet werden.

Bereits während des Testbetriebs im März/April 1992 wurde festgestellt, dass die Leistungsschalter, mit welchen manuell einzelne Teilfelder von je etwa 50 kW zu- bzw. weggeschaltet werden können, unter ungünstigen Umständen den Stromkreis nicht zu unterbrechen vermögen.

Um die Anlage trotz dieser erkannten Schwachstellen bis zu deren Behebung weiter betreiben zu können, wurde eine provisorische Bedienungsvorschrift erlassen, gemäss welcher diese Schalter nur in stromlosem Zustand betätigt werden sollten. Gleichzeitig wurde das Problem dem Lieferanten unterbreitet und ein Vorschlag zur Nachbesserung verlangt. Ebenfalls wurden nochmals verschiedene Schaltertypen, die als Ersatz für die eingebauten Typen dienen könnten, evaluiert. Im weiteren wurde beschlossen, vor dem Einsatz neuer Schalter dieselben auf der Anlage zu testen.

Diese Arbeiten waren im Gange, als am 26. Mai 1992 – einem sehr sonnigen Tag – eine Ingenieurequipe Einstellungsarbeiten am Wechselrichter vornahm. Die Anlage wurde dazu abgeschaltet und das Solarzellenfeld aus Sicherheitsüberlegungen kurzgeschlossen.

Nach etwa einer Stunde Kurzschlussbetrieb hörte einer der anwesenden Ingenieure einen Zischton aus dem Schalterschrank, in dem die Feldschalter installiert waren. Als Ursache wurde sofort ein Lichtbogen in einem Schalter vermutet. Durch Öffnen des Kurzschliessers wurde versucht, den Stromkreis zu unterbrechen. Da der Lichtbogen zu diesem Zeitpunkt aber nicht mehr nur im Kontaktbereich des Schalters, sondern be-

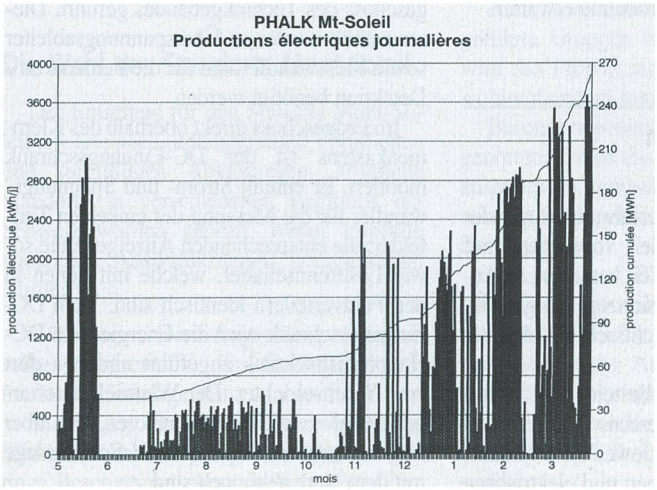


Bild 4 Tageserträge des Kraftwerks Mai 1992–März 1993

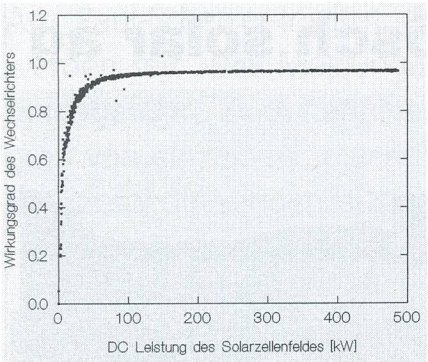


Bild 5 Wechselrichter-Wirkungsgrad (Messwerte vom März 1993)

reits zwischen Plus- und Minuspol der Sammelschiene brannte, hatte das Öffnen des Kurzschliessers nicht den gewünschten, sondern einen gegenteiligen Effekt. Anstelle eines Stroms von rund 50 A, mit dem der primäre Lichtbogen gespiesen wurde, flossen nach Öffnung des Kurzschliessers der volle Anlagestrom von über 500 A über den Lichtbogen. Natürlich wurde daraufhin der Kurzschliesser sofort wieder eingeschaltet, worauf der Lichtbogen nach kurzer Zeit verlöschte. Das ganze Ereignis spielte sich innerhalb weniger Minuten ab, hatte aber zur Folge, dass der betroffene Schaltschrank vollständig verrusst war. Wegen dieser Verschmutzung und der durch die Verbrennung von Kunststoffen entstandenen korrosiven Gase war eine Reparatur dieses Schranks nicht möglich.

Eine sorgfältige Analyse des Schadenfalls ergab, dass das Ereignis vermutlich wie folgt abgelaufen war:

Die eingesetzten Feldschalter verfügten über eine thermische Auslösung, die auf 80 A eingestellt war. Bei einem Schalter löste dieser Leitungsschutz aus, obwohl nur ein Strom von maximal 60 A floss. Offenbar war das Thermopaket defekt. Da der von Kurzschluss auf Leerlauf schaltende Schalter die dabei entstandene Spannungsdifferenz von rund 1000 V nicht abzuschalten vermochte, entstand zunächst in den Kontaktkammern ein Lichtbogen mit den oben beschriebenen Folgen.

Aufgrund des beschriebenen Ereignisses wurde beschlossen, den DC-Teil der Anlage und insbesondere das Schutzkonzept genau zu überprüfen und Massnahmen zu ergreifen, die einen ähnlichen Zwischenfall in Zukunft ausschliessen sollten. Die Priorität wurde dabei bewusst auf die Verbesserung der Anlagensicherheit und nicht auf eine möglichst rasche Wiederinbetriebnahme gelegt.

Um während der Reparaturzeit die Anlage dennoch betreiben zu können, wurden zwei der elf Teilfelder provisorisch direkt auf den DC-Hauptschalter geschaltet.

Das nun realisierte Schutzkonzept weist folgende Hauptelemente auf:

- Der elektrische Mittelpunkt des DC-Stromkreises ist nun (über Stromtransformatoren) fest geerdet. Damit wird im Erdschluss-Fall die maximale Spannung gegen Erde reduziert und bleibt unterhalb des für die Laminate M55 zulässigen Werts.
- Alle DC-Lasttrennschalter, sowohl in den Feldverteilern als auch im DC-Eingangsschrank können bei Störung elektrisch geöffnet werden (Unterspannungsauslösung).
- Eine solche «Notabschaltung» erfolgt entweder manuell, durch den Erdschluss-Detektor, durch die Feuermeldeanlage oder bei länger dauerndem Stromausfall.
- Bei technischen Störungen und/oder Ansprechen der Feuermelde-Anlage erfolgt eine Alarmierung der für den Betrieb verantwortlichen Elektrizitätsgesellschaft (La Goule).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Ein knappes Jahr nach Inbetriebnahme des Solarkraftwerks auf dem Mont-Soleil kann eine erste Bilanz wie folgt gezogen werden:

- Das Kraftwerk arbeitet – nach Überstehen der beschriebenen Kinderkrankheiten – gut. Die spezifischen Leistungswerte werden im wesentlichen erreicht, wobei über den Jahresertrag noch keine definitive Aussage gemacht werden kann.
- Aus Planung, Bau und Betrieb liegen bereits viele wertvolle Erfahrungen vor, die bei verschiedenen neueren in- und ausländischen Projekten bereits berücksichtigt wurden. Durch den intensiven Kontakt mit anderen Photovoltaik-Fachleuten erfolgt eine rasche Umsetzung der erzielten Resultate.
- Der Schalterbrand hat deutlich gezeigt, dass dem Aspekt der Sicherheit grosse Bedeutung zukommt. Insbesondere bei gebäudeintegrierten Anlagen muss der Gleichstromkreis mit höchster Sorgfalt geplant und ausgeführt werden, um die Gefahr von Bränden zu minimieren.

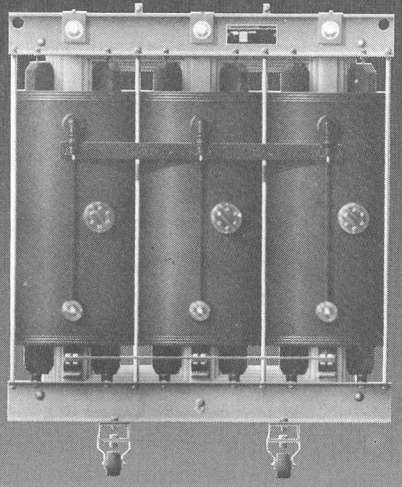
Nachdem die Anlage nun im Routinebetrieb steht, konzentrieren sich die Arbeiten auf die Durchführung der begleitenden Forschungsprojekte. Dazu gehört einerseits die Auswertung der anfallenden Messdaten, andererseits die Planung und Ausführung neuer Forschungsvorhaben. Die als Experimentierfeld reservierte Fläche im Kraftwerksareal soll mit neuwertigen, hocheffizienten Solarzellensystemen bestückt werden, um die Verbesserungsmöglichkeiten durch neue Technologien im Feldversuch zu prüfen. Ebenso sind verschiedene spezielle Studien an der laufenden Anlage im Gang oder geplant mit dem Ziel, Möglichkeiten zur Verbesserung der Kosteneffizienz zu finden. Das Projekt Phalk Mont-Soleil ist also keineswegs abgeschlossen, sondern soll in den folgenden Jahren noch viele weitere wertvolle Forschungsergebnisse und praktische Erfahrungen vermitteln.

La centrale solaire Phalk Mont-Soleil: expériences opérationnelles et premier bilan

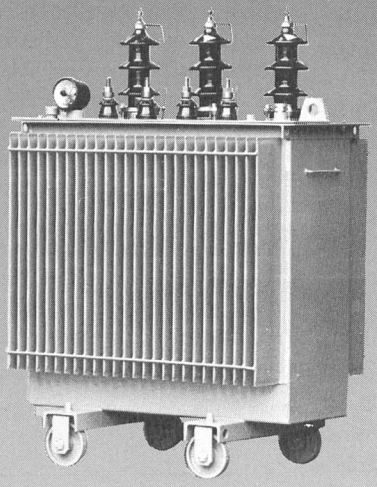
Une année à peine après la mise en exploitation de la centrale solaire de Mont-Soleil, il est possible de tirer le premier bilan suivant: à part quelques vices de mise en train, la fiabilité de la centrale est bonne. Les valeurs de puissance spécifiques sont en grande partie atteintes; un calcul définitif du rendement annuel ne peut toutefois pas encore être présenté. De nombreuses et intéressantes expériences concernant la planification, la construction et l'exploitation ont déjà été faites, expériences qui ont été prises en considération pour de nouveaux projets suisses et étrangers. Grâce aux contacts étroits avec d'autres professionnels du photovoltaïque, les résultats obtenus peuvent être mis rapidement en pratique. L'installation étant maintenant normalement opérationnelle, les travaux portent dès à présent sur la réalisation des projets de recherche complémentaires tels que le dépouillement des données de mesure enregistrées ainsi que la planification et la concrétisation de nouveaux projets de recherche.

Unsere Transformatoren

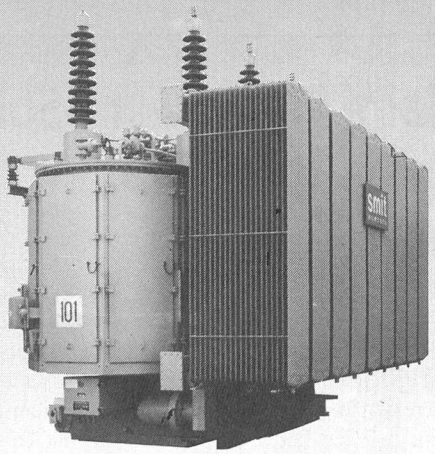
Giessharz-Netztransformatoren



Oel-Netztransformatoren



Grosstransformatoren

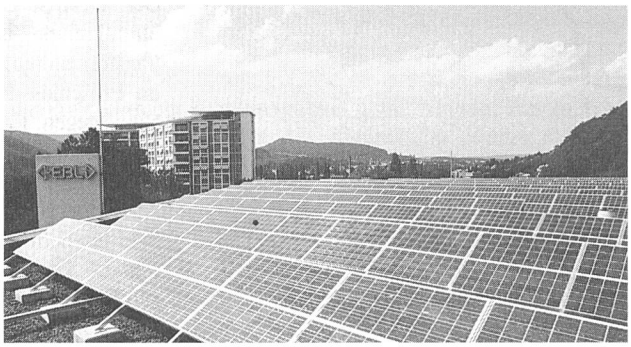


Unsere Produkte sind nicht nur preisgünstig, auch die Verluste werden optimiert. Wir unterbreiten Ihnen gerne ein Angebot.

ELTAVO Walter Bisang AG
Elektro- und Industrieprodukte
CH-8222 Beringen/Schaffhausen
Tel. 053/35 31 81/Fax 053/35 31 52

eltavo

glaströsch solar ag



18-kWp-PV-Anlage in Liestal (Flachdachmontage)

Ihr Spezialist für Planung und Realisierung von Photovoltaikanlagen

- Optimierte Flachdach-Systeme
- Modular aufbaubare Schrägdach-Systeme
- Dachintegrierte Solarzellenfelder
- Fassadenintegration: Die neue energiebewusste Architektur mit unbegrenzten Möglichkeiten

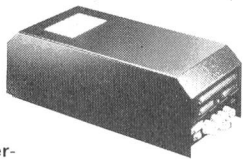
Verlangen Sie weitere Unterlagen bei:
Glas Trösch Solar AG, 4937 Ursenbach
Tel. 063 56 38 56 Fax 063 56 32 31

STROM VOM HAUSDACH

Qualitäts- und Hochleistungskomponenten einzeln oder im Set bei

SOL Lucet omnibus
Die Sonne scheint für alle.

HOLINGER SOLAR AG
CH-4410 LIESTAL
Rheinstrasse 17, Telefon 061/921 07 57
Fax 061/921 07 69



Netzverbundwechselrichter
SMA PV-WR «SUN-KING»:
Power-Mosfet-Technik für maximale Erträge; Mikroprozessor und LCD-Anzeige für höchsten Bedienungskomfort und präzise Ertragskontrolle; **Master-Slave-Funktion** für Parallel-Schaltung von 2–4 Geräten, RS232 für Auswertungssoftware PV-Data, u. v. m.
SUN-KING 1000 für Anlagen bis 1,3 kWp + 15%: 3900.– exkl. Wust
SUN-KING 1800 für Anlagen bis 2,3 kWp + 15%: 5000.– exkl. Wust
SUN-KING 5000 für Anlagen bis 6,4 kWp + 15%: 9950.– exkl. Wust
SUN-KING PV-Data Auswertungssoftware: 800.– exkl. Wust

Photovoltaik-Solarmodule:
monokristallin, 10 Jahre Garantie, Leistungstoleranz 5%

BP 270	70 Wp	17,0 Vmpp	1188 × 530 mm
BP 275	75 Wp	17,0 Vmpp	1188 × 530 mm
BP 495	95 Wp	30 Vmpp	1188 × 530 mm
GPV 110M	110 Wp	33 Vmpp	1300 × 650 mm

BP SOLAR

Verlangen Sie Datenblätter, Set-Preise, Referenzliste, Fragebögen und/oder eine konkrete Offerte.