

Schlussbericht PV P+D, DIS 32403 / 72280, Juli 2002

Umbau Solaranlage Lindenmatt

Neues Solardach mit SOLRIF

ausgearbeitet durch:
Peter Toggweiler, Jochen Rasmussen
Enecolo AG
Lindhofstrasse 52, 8617 Mönchaltorf



Umbau Solaranlage Lindenmatt

Neues Solardach mit SOLRIF

Enecolo AG
Lindhofstrasse 52
CH-8617 Mönchaltorf
Tel. 01 994 90 01
Fax. 01 994 90 05
info@enecolo.ch
www.solarstrom.ch

Der Schlussbericht besteht aus den folgenden Teilberichten und ist ergänzt mit einigen aktuellen Daten:

- Zwischenbericht nach der Bauphase, November 1999
- Jahresbericht 2000, Dezember 2000

An den jeweiligen Berichten haben folgende Autoren mitgearbeitet:
Jochen Rasmussen, Urs Brügger, Peter Toggweiler, Daniel Ruoss

Verdankung

Das Projekt und die Anlage wurden von folgenden Personen und Institutionen finanziell unterstützt.

BFE
EWZ
Familie P. & C. Toggweiler-Signer
Enecolo AG

Der Dank für das gute Gelingen geht an alle Beteiligten inklusive die Genossenschaft SolVent als Miteigentümerin, vormals SOLCAR.

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	3
2.	Technische Daten	4
3.	Alt und neu in Bildern	4
4.	Projektziele	5
5.	Kurzbeschreibung der Anlage / des Projektes.....	5
5.1.	Ausgangslage.....	5
5.2.	Projektbeschreibung, Aktivitäten.....	6
6.	Durchgeführte Arbeiten	6
6.1.	Demontage der alten Anlage	6
6.2.	Entrahmen der Lamine	6
6.3.	Reinigen der Lamine.....	6
6.4.	Rahmung der Lamine	6
7.	Messungen	7
7.1.	Messungen am einzelnen Modul	7
7.2.	Messungen an der ganzen Anlage	7
8.	Montage der SOLRIF- Module	8
8.1.	Verdrahten der Module	8
8.2.	Verdrahten des Daches	8
8.3.	Setzen der Haltebügel und verlegen der Module.....	8
9.	Zustandsbewertung der alten Anlage.....	9
9.1.	Zustand der Feldverkabelung	9
9.2.	Zustand der Anschlussbox.....	10
10.	Messergebnisse.....	10
10.1.	Leistungsvergleich der gesamte Anlage	10
10.2.	I-U- Kennlinien.....	11
11.	Energieertrag	15
12.	Weitere Erfahrungen.....	16
13.	Schlussfolgerungen.....	17

1. Zusammenfassung

Die erste Solaranlage in der Lindenmatt wurde im Jahr 1988 mit der Unterstützung der Solarmobilgenossenschaft SOLCAR gebaut. Das Solarzellenfeld besteht aus 110 ARCO M55 Modulen, wovon 108 Stück elektrisch in Betrieb stehen. Zwei Wechselrichter vom Typ SI 3000 stellen die Verbindung zum Netz her. Die Performance Ratio lag von Anfang an unter den Erwartungen. Die Nennleistung betrug gemäss Datenblatt 53 Wp pro Modul oder rund 5.8 kW für die ganze Anlage. Bei den damals üblichen +/- 10 % resultierte eine effektive Anlagenleistung von rund 5.3 kWp. Der Jahresertrag lag im Bereich von 3800 bis 4600 kWh. Bis auf einzelne Störungen beim Wechselrichter funktionierte die Anlage zufriedenstellend.

Mit dem Umbau wurde das neue Montagesystem SOLRIF ausprobiert und die genaue Analyse des Anlagezustandes sollte die Störungsursachen aufdecken. Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Anlageleistung verbesserte sich durch den Umbau um ca. 15 %. Dies vor allem aufgrund der Neugruppierung der Module, der Reparatur eines Stringkabels und der Reinigung an der Unterkante. Von den 110 Modulen hatte eines einen Glasbruch und zwei Module lagen unter 50 % vom spezifizierten Wert. Die Degradation der Module wirkt sich vor allem auf die Betriebsspannung aus. Die künftige Dimensionierung der Eingangsspannung beim Wechselrichter muss das berücksichtigen. Eine dauerhafte Verschmutzung war lediglich an der Unterkante der Module sicht- und auch messbar. Der mechanische Zustand der Anlage war gut. Ebenso die Verkabelung, ausser an einer Stelle, wo das einfach isolierte Kabel, aufgrund eines Verlegefehlers, aufgescheuert war. Ein Kurzschluss mit anschliessendem Lichtbogen erzeugte einen Unterbruch.

Summary

The first PV installation in the Lindenmatt was built in 1988 with the support of the Solcar, a solar car user society. The PV array consist of 110 ARCO M55 modules, were of 108 are electrically connected. Two Si 3000 grid connected inverters were installed. The performance ration was, from the beginning, lower as expected. The nominal power according the data sheet was defined as 53 Wp, resulted in 5.8 kWp for the total array. At that time a tolerance of +/-10 % was usual which results in a real nominal power of 5.3 kWp. The annual energy production ranged from 3800 to 4600 kWh. The operation of the plant was satisfying. The only maintenance work was caused by the inverters.

The remount of the PV roof aimed to test the new building integration system SOLRIF and to check the condition of the whole plant.

The results are as follows:

The measured nominal power increased by about 15 %. This was mainly achieved by regrouping modules with bad performance, repairing a string cable and cleaning the low edge part of each module. One module was detected with a broken glass and two samples have less than 50 % of the nominal power. The output voltage of the array is significant lower compared to the specifications on the data sheet. As a consequence, the DC voltage input range of the inverter has to be large enough. The proper match of voltage levels must be considered adequately during array design, including possible deviations. There was no significant soiling on the glass surface except at the lower edge. The mechanical condition of the array and cabling was good. A misplacement of one string cabled caused a short circuit followed by an arc and interruption of the array cable.

2. Technische Daten

Verfügbare Dachfläche	Total	ca. 80	m ²
Fläche Solarmodule alt		48	m ²
Fläche Solarmodule neu		42	m ²
Neigung aus der Horizontalen		32	Grad
Verwendete Module		ARCO M55	
Anzahl Module (2 nicht angeschlossen)		108(110)	
Verwendete Wechselrichter		Topclass 2500	
Anzahl Wechselrichter		2	
Nennleistung DC initial Datenblatt		5.7	kWp
Nennleistung DC initial, gemäss Messung		5.3	kWp
Nennleistung DC nach 11 Jahren (heute)		4.8	kWp

3. Alt und neu in Bildern



Bild 1: Gesamtansicht Lindenmatt (mit SOLRIF, ohne Seitenabschluss)



Bild 2: Solaranlage Lindenmatt vor dem Umbau



Bild 3: Solaranlage nach dem Umbau mit dem System SOLRIF

4. Projektziele

Das Ziel des Projektes ist die Erprobung des neuen Profilsystems betreffend Verschmutzungs- und Reinigungsverhalten, und die damit verbundene Ertragsbeeinflussung und andere Faktoren. Gleichzeitig soll der Umbau einer 11-jährigen Anlage aufschlussreiche Informationen über mögliche Veränderungen an der Anlage geben. Im ersten Betriebsjahr werden neben dem Ertrag auch andere Beobachtungen wie dem Verhalten bei Schnee und die Wasserdichtheit notiert.

Weiterhin beinhaltet das P+D- Projekt die Umsetzung der Verbesserungen, die im Rahmen des BFE R+D- Projektes `SOLRIF` gemacht wurden. Das neue Dachintegrationssystem soll ausprobiert und getestet werden. Dazu eignet sich der Standort Lindenmatt ausgezeichnet weil unter anderem das Dach gut zugänglich ist, gegen die Hauptwindrichtung offen und kein Unterdach vorhanden ist. Damit kann allfälliges Wassereindringen jederzeit beobachtet werden.

5. Kurzbeschreibung der Anlage / des Projektes

5.1. Ausgangslage

Die erste Solaranlage in der Lindenmatt wurde im Jahr 1988 mit der Unterstützung der Solarmobilgenossenschaft SOLCAR gebaut. Das Solarzellenfeld besteht aus 110 ARCO M55 Modulen, wovon 108 Stück elektrisch in Betrieb stehen. Zwei Wechselrichter vom Typ SI 3000 stellen die Verbindung zum Netz her. Vor etwa einem Jahr wurde ein Gerät gegen ein Topclass 2500 ausgetauscht. Die gerahmten Module sind auf Alu-Trapezbleche geschraubt und ergeben so ein dichtes Dach. Der mechanische Zustand der Anlage ist gut. Hingegen sind bei den Elektroinstallationen gewisse Mängel bekannt und zum Teil zu vermuten. Wie damals üblich, wurden noch einfach isolierte Kabel verwendet. Ein Modul hat seit mehreren Jahren ein zerbrochenes Glas, funktionierte aber dennoch. Seit drei Monaten ist ein String ausgefallen. Die Performance Ratio lag von Anfang an unter den Erwartungen. Die Nennleistung betrug 53 Wp pro Modul oder rund 5.8 kW für die ganze Anlage. Bei den damals üblichen +/- 10 % resultierte eine effektive Anlagenleistung von rund 5.3 kWp. Der Jahresertrag lag im Bereich von 3800 bis 4600 kWh. Der Ertrag seit Inbetriebnahme bis zum Zeitpunkt des Umbaus beträgt 43.5 MWh, was ca. 4100 kWh / Jahr bedeutet.

5.2. Projektbeschreibung, Aktivitäten

Ein Team von vier bis fünf Personen demontierten das Solarzellenfeld und erledigten die Folgearbeiten. Gleichzeitig wurde die Verkabelung erneuert und der alte SI 3000 gegen einen neuen Topclass 2500 ausgetauscht.

Begleitend erfolgte die Beurteilung des Anlagenzustandes und die Zeiterfassung bei Vorbereitung und Montage der SOLRIF – Komponenten. Insgesamt dauerte der Umbau rund fünf Tage.

6. Durchgeführte Arbeiten

6.1. Demontage der alten Anlage

Einheiten à 10 Module wurden durch Dachdecker demontiert. Die einzelnen Module mussten von den Alu-Trapezblechen abgeschraubt werden.

6.2. Entrahmen der Lamine

Zum Entrahmen der Lamine musste teilweise sehr viel Kraft aufgebracht werden, da das Dichtungsband sich im Laufe der Zeit mit dem Rahmen „verschweißte“.

6.3. Reinigen der Lamine

Das Dichtungsband konnte unter der Verwendung von Messer, Spachtel und Brennsprit von den Laminen abgelöst werden. Dieser Teil der Arbeiten war sehr zeitaufwendig. Die Reinigung der Oberfläche war mit Glasreiniger problemlos möglich.

6.4. Rahmung der Lamine

Das Rahmen der Lamine ist zu einer Routinearbeit geworden die sich wie folgt einteilen lässt.



Vormontage

Das linke Profilstück wird durch den linken Montagewinkel mit dem oberen Profilstück verbunden und zusätzlich verklebt.

Der rechte Montagewinkel wird im rechten Profilstück vormontiert.

Weiter werden die Nutsteine am unteren U-Profil vorgeschraubt.

Silikonieren

Die Nuten der Profile, sowie die Oberseite des U-Profiles, werden mit Silikon versehen.

Bild 4

Silikonisieren mit einer pneumatischen Pistole

6.5. Montage der Profile



Das Laminat wird in das vorbereitete „L“ - bestehend aus Seitenprofil und Profil oben - eingesetzt. Anschliessend wird das rechte Profil angesetzt und verschraubt.

Zum Schluss wird das U- Profil durch die Nutsteine verschraubt.

Bild 5:
Einsetzen des Laminates in die SOLRIF-Profile

Der Zeitaufwand ist für alle drei Arbeitsschritte gleich, so ergeben sich nur minimale Leerzeiten für die einzelnen Arbeiter.

Bemerkungen

Für die Arbeitsschritte Silikonieren und Montieren wurden die vormontierten Profilstücke zwischen zwei festmontierte Holzbalken im Abstand von ca. 18 mm eingeklemmt.

Silikonieren mit einer pneumatischen Dosierkartusche

Die einzelnen Profile sollten sauber sein - frei von Öl und Spänen - , da ansonsten der Silikon schlecht haftet.

400ml Silikon reichten für ca. 15 Module.

Mit 4 Arbeitern konnten ca. 33 Module pro Stunde gerahmt werden, d.h. theoretisch könnte ein Arbeiter ein Modul in ca. 7.5 min rahmen.

Verwendeter Silikon

FD-plast F transparent / 400ml 06 99 / Karochemie, Karoplast, 6341 Baar

7. Messungen

Die durchgeführten Messungen liefern Ergebnisse zur Gesamtanlage, wie auch zu einzelnen Modulen.

7.1. Messungen am einzelnen Modul

Mittels Ladung eines Kondensators wurde bei natürlichem Licht die Strom/ Spannungskennlinie sowie Bestrahlungsstärke erfasst, und anschliessend auf Normwerte umgerechnet. Die Strahlungsintensität lag jeweils im Bereich von 500 bis 750 W/m². Die Oberflächentemperatur der Module wurde mittels Umgebungstemperatur und Einstrahlung ermittelt.

7.2. Messungen an der ganzen Anlage

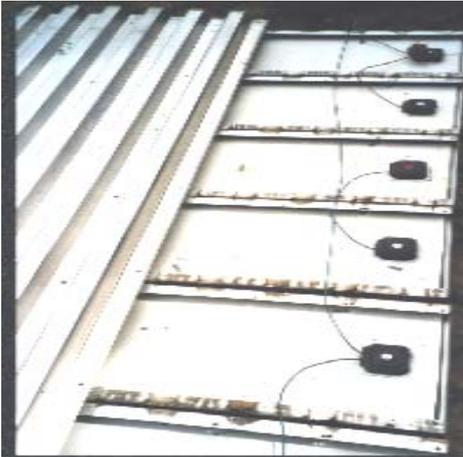
Die Messung der Gesamtanlage beschränkte sich auf das zeitgleiche Erfassen von Strom, Spannung, Leistung – Werte am Wechselrichter und Globalstrahlung. Letztere wurde mit dem gleichen Messgerät wie bei der Einzelmodulmessung erfasst (Kipp & Zonen, Pyranometer).

9. Zustandsbewertung der alten Anlage

Der Gesamtzustand der alten Anlage kann mit gut beschrieben werden.

9.1. Zustand der Feldverkabelung

Die Verkabelung zwischen den einzelnen Modulen, sowie zu den Klemmenkästen wurde mit einfach isoliertem Solarkabel durchgeführt.



Das Kabel wurde durch die Lage zwischen Trapezblech und Modul ablaufendem Regenwasser und Bewegung ausgesetzt. Trotzdem sind kaum Verschleisserscheinungen zu erkennen. Die Oberfläche der Isolation wirkt matt und porös. Dadurch ist die Litze nicht mehr optimal gegen Umwelteinflüsse geschützt. Die Folge ist Korrosion und somit verminderte Leitfähigkeit.

Bild 7:
Rückansicht der Module mit dem alten Einbausystem

Die Anschlussboxen sind zumeist direkt verdrahtet ohne Stecker, was auf die Montageart zurückzuführen ist, da die Module auf dem Trapezblech vor montiert wurden. Die Kabel zwischen den einzelnen Blechabschnitten waren durch Stossverbinder verbunden, was



sich als mangelhafte Lösung herausgestellt hat. Beim ausgefallenen String war die Verbindung beim Stossverbinder unterbrochen. Vermutlich hat ein Kurzschlussstrom die Überhitzung verursacht. Die Isolation befindet in guten Zustand. Aufgrund nicht fachgerechter Verlegung, ist es zu einzelnen Kabelquetschungen zwischen Modulrahmen und Trapezblech gekommen.

Bild 8:
Kabelquetschung durch nicht fachgerechte Verlegung

9.2. Zustand der Anschlussbox



Die Anschlussboxen weisen keinerlei Spuren von Feuchtigkeit oder gar Korrosion auf.

Die Schraubbefestigungen der Kabel haben sich als sehr zuverlässig erwiesen. Auch die Dioden und deren Befestigung zeigen keinerlei Degradationserscheinungen.

Bild 9: Offene Anschlussbox

10. Messergebnisse

10.1. Leistungsvergleich der gesamte Anlage

	Anlage alt		Anlage neu	
	gemessen	String korrigiert	1. Messung	2. Messung
Einstrahlung	1015	1015	938	664
Zellen-Temperatur	55	55°C	55°C	35°C
Gemessene Leistung	2710	2710	2980	2630
Normierte Gesamtleistung ¹	2670	2830	3466 W	4140 W
Anzahl der angeschl. Module	102	108	108	108
Leistung pro Modul	26	26 W	32 W	38 W

¹ 1000W/m² ; T_{cell}=25°C

Um zur normierten Gesamtleistung zu gelangen, wurde mittels eines Solarimeters die aktuelle Globalstrahlung in der Modulebene gemessen. Die vom Wechselrichter angezeigte Leistung wurde auf 1000 W/m² Einstrahlung und 25° Zelltemperatur normiert.

Zur besseren Übersicht beim Leistungsvergleich wurde die Messung an der alten Anlage umgerechnet auf die gleiche Anzahl angeschlossener Strings, resp. Module. Bei der Modulleistung ist deutlich eine Steigerung zu erkennen, die auf das Reinigen der Module und Auswechseln des zweiten Wechselrichter zurückzuführen ist. Diese Erkenntnis spiegelt sich auch im Kennlinienvergleich, vor und nach der Reinigung, wieder (siehe Kapitel 5.2.1). Klar ist aber auch, dass noch andere Faktoren eine Rolle spielen. Auffällig ist ein Messdifferenz der STC umgerechneten Modulleistung, bei zweifacher Messungen an der neuen Anlage. Die Ursache liegt im nach unten begrenzten Arbeitsbereich des Wechselrichter. Bei Höheren Temperaturen – und damit kleineren Spannungen - ist der Gleichrichter nicht in der Lage, den MPP ausreichend nachzuführen. Der Wechselrichter arbeitet nur bis ca. 85 V Eingangsspannung. Bei neuen Modulen genügt das, hingegen ist dies bei der alterungsbedingten Spannungsreduktion nicht mehr genügend. Im Datenblatt geht der Bereich bis 72 V. Zurzeit kann der WR das nicht erfüllen. Weitere Untersuchungen in Absprache mit dem Wechselrichterhersteller erfolgen.

Unter Berücksichtigung der Leitungs- und Wechselrichterverluste von 10% resultiert eine mittlere normierte Modulleistung von 42.6W. Der Wert bestätigt damit die Kennlinienmessung, welche eine mittlere Modulleistung von 44 W ermittelt haben (siehe Kapitel 5.2.2 Alterungserscheinungen)

10.2. I-U- Kennlinien

10.2.1. Einfluss der Verschmutzung auf die Leistung

Das Diagramm zeigt zwei Kennlinien des selben Moduls, im ungereinigten und gereinigten Zustand. Deutlich zu erkennen ist der niedrigere Strom beim verunreinigten Modul.

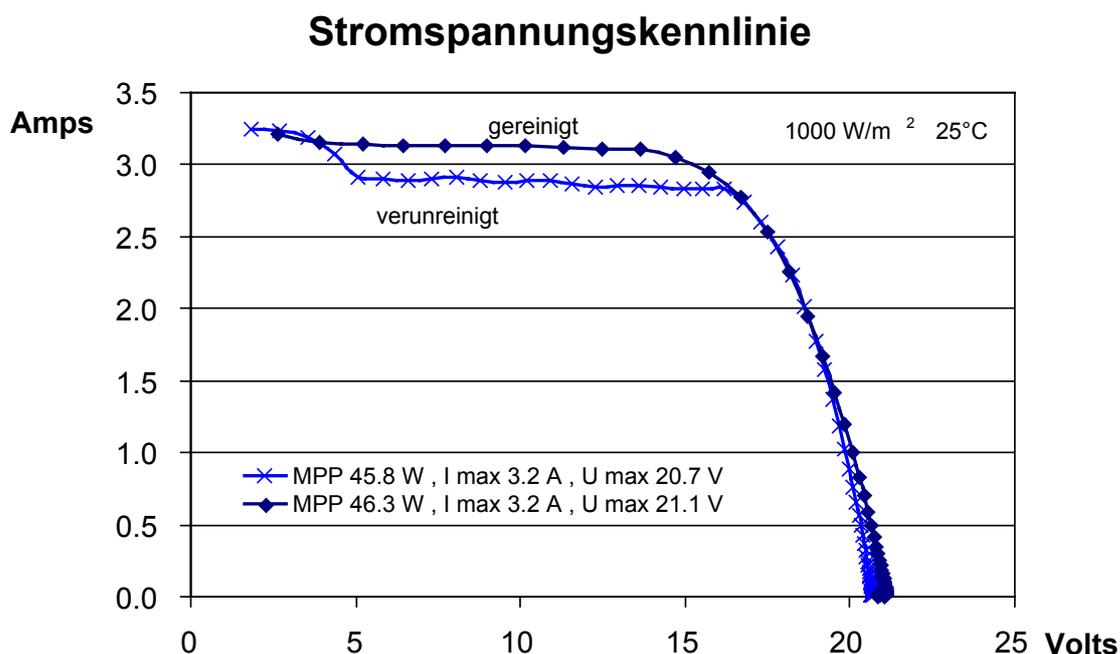


Bild 10: I-U- Kennlinie eines Modules, ungereinigt und nach der Reinigung

Deutlich zu erkennen, dass der Einfluss der Verschmutzung sich hauptsächlich auf den Strom auswirkt. Die Spannung ist erwartungsgemäss wenig betroffen. Die Leistung im MPP ist deshalb weniger beeinflusst, weil die Spannung etwas höher liegt. Die Stromdifferenz liegt bei etwa 8 %, die Leistung bei ca. 2%. Auf das ganze Feld bezogen dürfte die Verschmutzung höher sein, weil der Modulmismatch zunimmt. Auffällig ist weiterhin der Kurvenverlauf im linken Kennlinien- Bereich. Zurückzuführen ist dieses Phänomen auf die starke Verschmutzung im unteren Modulbereich, hervorgerufen durch Ablagerungen am unteren Rahmenprofil. Die restliche Laminatoberfläche weist keine Spuren von dauerhafter Verschmutzung auf. Die untere Zellenreihe liefert wegen der Verschmutzung nicht den gleichen Strom. Bei tiefer Ausgangsspannung, wie das im linken Teil der Kennlinie der Fall ist, liefert die unverschmutzte obere Reihe den vollen Strom via die Bypassdiode (Bild 12). Bei höherer Spannung reicht die obere Zellenreihe nicht mehr, es braucht auch den Spannungsbeitrag von den anderen Zellenreihen, allerdings mit reduziertem Strom als Folge der Verschmutzung.



Bild 11: Detailansicht der Verschmutzung an der Modulkante

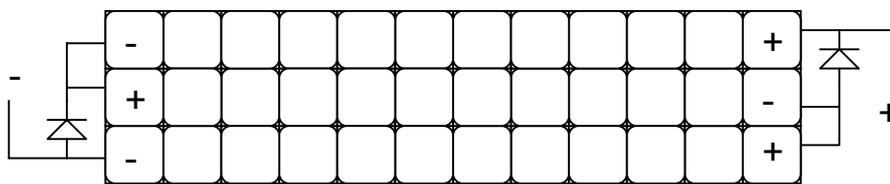


Bild 12: Verschaltung eines ARCO M55 Solarmodul

10.2.2. Alterungserscheinungen

Stromspannungskennlinie

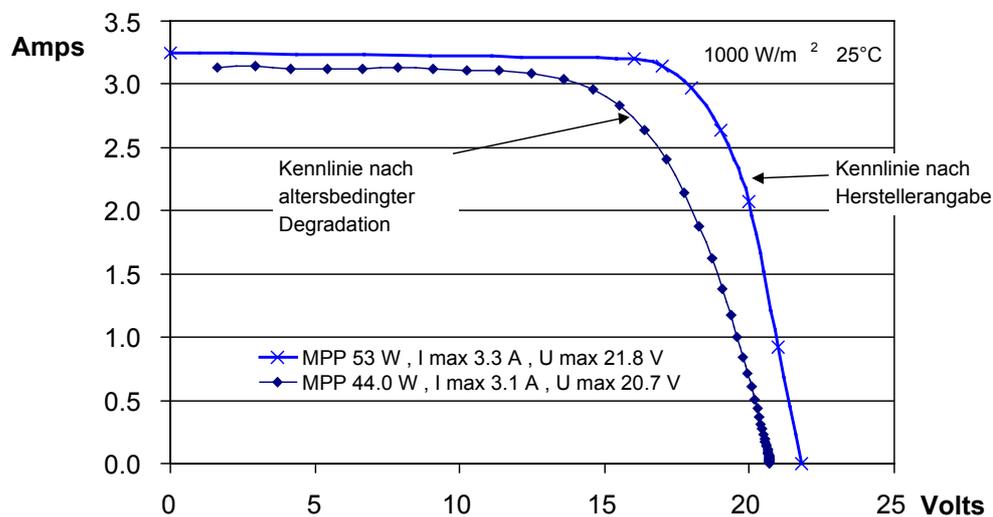


Bild 13: Darstellung der Degradation anhand der Modulkennlinie

Die Auswertung der Alterungserscheinung wurde über die gemessene I-U- Kennlinie durchgeführt, die mit der vom Hersteller angegebenen Kennlinie verglichen wurde. Im Bild 10 sehen wir die I-U-Kennlinie eines Moduls mit mittlerer Leistungs-Degradation. Unter Berücksichtigung der angegebenen Toleranz des Herstellers, beträgt die Reduktion der auf Normwerte umgerechneten Leistung 9.8%.

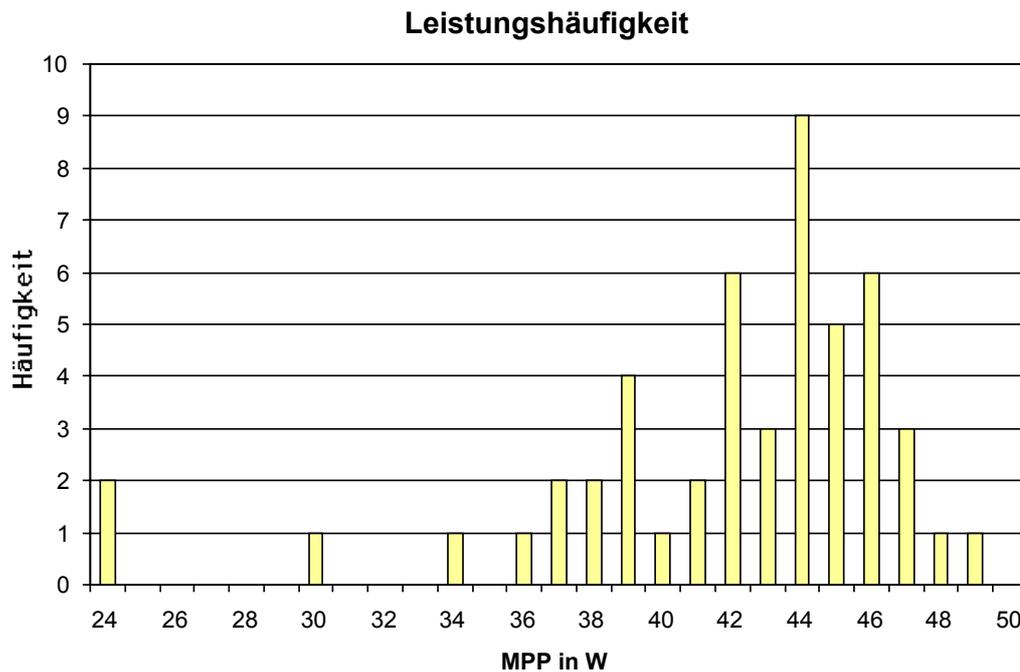


Bild 14: Häufigkeit der Leistung im MPP, bei fünfzig gemessenen Modulen

Bei fünfzig willkürlich gemessenen Modul ergab sich die im oberen Diagramm gezeigte Verteilung der maximalen Leistung unter Normbedingungen.

10.2.3. Temperaturabhängigkeit der I-U- Kennlinie

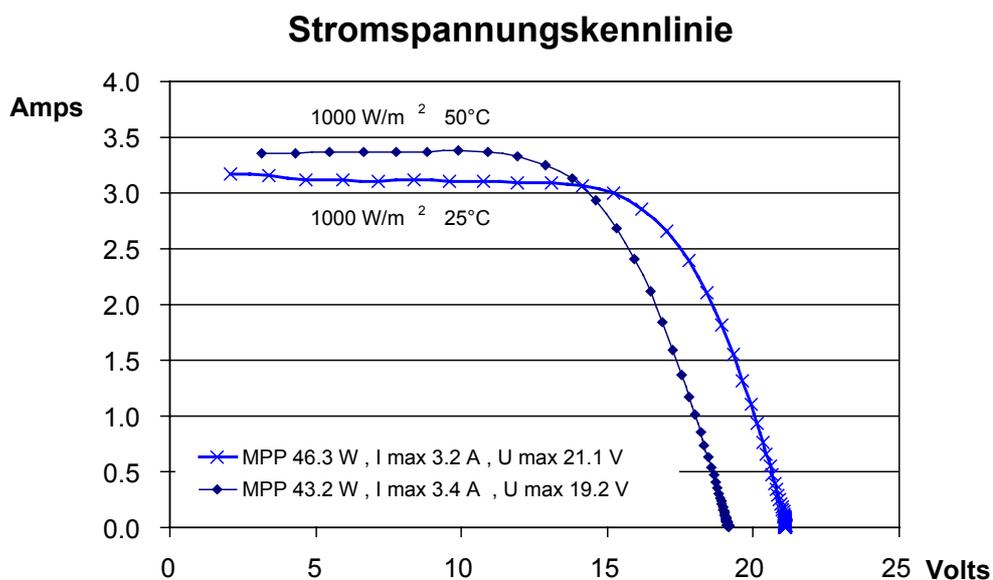


Bild 15: Einfluss der Temperatur auf die I-U-Kennlinie

Zur Bestimmung des Temperatureinflusses auf den Energieertrag wurden Messungen bei ca. 25 und 50°C durchgeführt. Für die Umrechnung der Leistungswerte auf Normbedingungen wird weiterhin mit den Herstellerangaben gerechnet.

	ermittelt aus Messung	Herstellerkennlinie ²
Δ Leerlaufspannung	0.36 %/K	0.32 %/K
Δ Kurzschlussstrom	0.24 %/K	0.09 %/K
Δ MPP	0.3%/K	0.45%/K

² Die angegebenen Werte wurden aus der vom Hersteller angegebenen Kennlinie entnommen, unterliegen also einer gewissen Toleranz.

10.2.4. Defekte Module

Stromspannungskennlinie

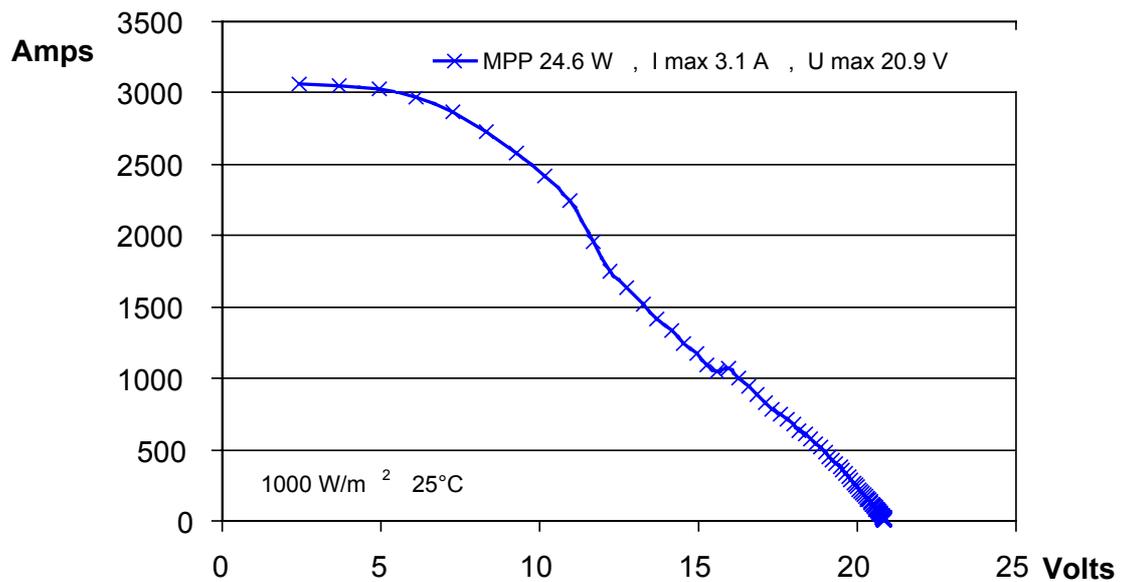


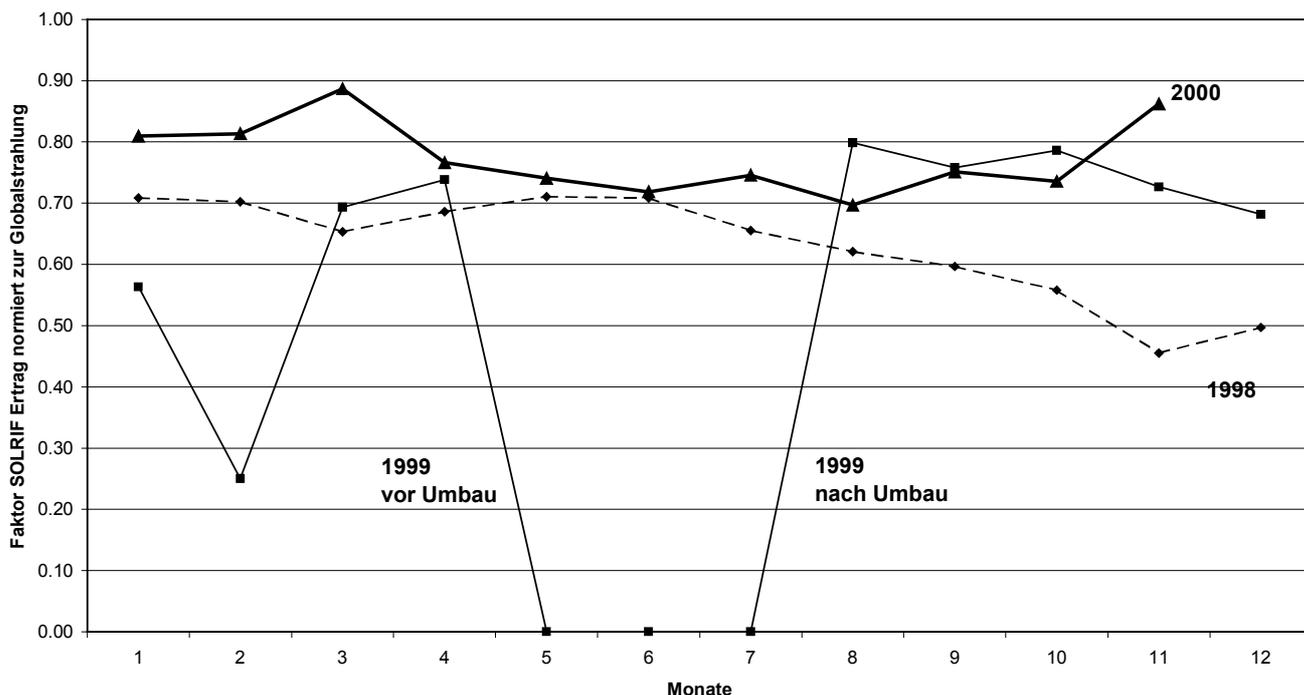
Bild 16: I-U- Kennlinie eines defekten Moduls

In dem Diagramm sehen wir die I-U- Kennlinie eines defekten Moduls, das wir nach Bewertung der Kennlinie aussortiert haben. Nach Abschluss der Messungen zeigten zwei Module die angegebene Charakteristik.

11. Energieertrag

Wichtiges Kriterium für den Umbauentscheid war die zu erwartende Mehrproduktion. Die nachstehenden Figuren 17 & 18 zeigt den Vergleich zwischen dem alten und dem neuen Zustand der Anlage. Es geht nicht um absolute Zahlen, sondern um den relativen Vergleich von vor und nach Umbau. Der Ertrag liegt nach dem Umbau deutlich höher.

Bild 17: Ertragsverhältnis SOLRIF zur Globalstrahlung SMA Zürich, umgerechnet auf geneigte Fläche (Arrayfläche)



Im Jahresmittel beträgt der Mehrertrag über 16 %.

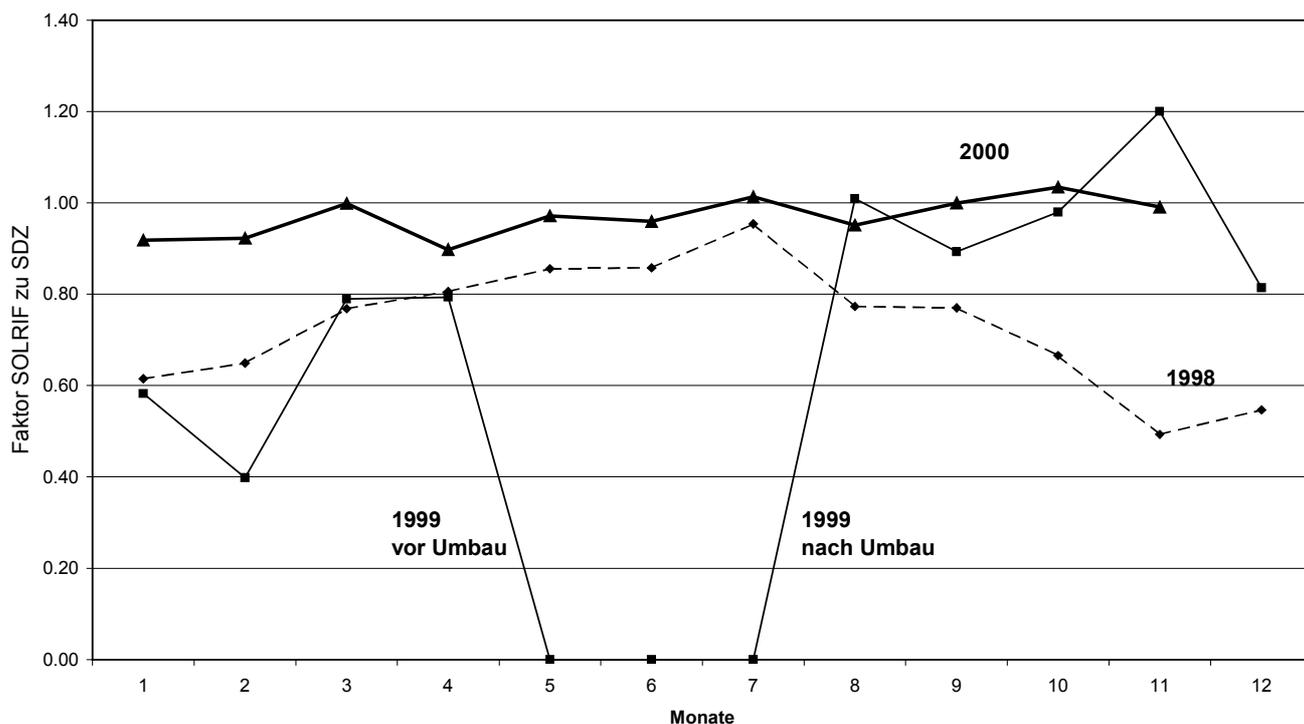
Der Faktor SOLRIF zur Globalstrahlung entspricht ungefähr der Performance Ratio (PR). In Bild 1 ist der Einbruch der PR während der Sommermonate deutlich zu sehen. Der Grund liegt im erwähnten Inverterproblem. In den Wintermonaten ist ein Teil des Feldes von einer südlich stehenden Linde beschattet.

Tabelle 1: Einzelablesung, 1/2 vom Feld:

	Strom A	Spannung V	Leistung W	Einstr. W/m ²	Lufttemp. ° C	Zellentemp. ° C , ungef.
Normalbetrieb gemessen	12	90	1080	420	12	27
Sommerbetrieb Soll	25	75	1875	950	28	63
Sommerbetrieb IST	14.5	85	1230	950	28	63
Differenz Soll/ Ist		10	645			

Die obigen Werte sind Mittelwerte aus zwei Ablesungen. Der Sommerbetrieb wurde an mehreren Tagen mit ungefähr den obigen Werten abgelesen. Die Hochrechnung aus diesen Werten auf ein ganzes Jahr ergibt ein Ertragsverlust von etwa 12 %.

Bild 18: Ertragsverhältnis SOLRIF zur Anlage SDZ



Erläuterungen zu Bild 18:

Gegenüber Bild 17 wurde die Bezugsgrösse von der Sonneneinstrahlung auf der Ertrag der nebenstehenden PV-Anlage mit Solardachziegeln gewechselt. Dabei wird vor allem die Verbesserung mit dem Umbau auf SOLRIF deutlich. Dies kommt nicht nur wegen SOLRIF zustande, sondern wegen diversen anderen Mängeln und Defekten bei der Anlage vor dem Umbau. Der Ertragseinbruch im Februar 1999 entstand, weil der Schnee länger liegen blieb als auf den Solardachziegeln. Im November 1999, nach dem Umbau, rutschte der Schnee bei der SOLRIF-Anlage besser ab, daher der höhere Ertrag. Auffallend ist ferner, dass die Sommererträge bei diesem Vergleich bei der umgebauten Anlage nicht schlechter sind. Das deutet darauf hin, dass die SDZ-Anlage mit dem SOLCON-Wechselrichter im Sommer ebenfalls nicht mehr im MPP arbeitet. Dieser Umstand soll im nächsten Jahr im Rahmen eines langfristigen Untersuchungsprogramms der Fachhochschule Burgdorf weiter untersucht werden.

Allgemeine Erfahrungen

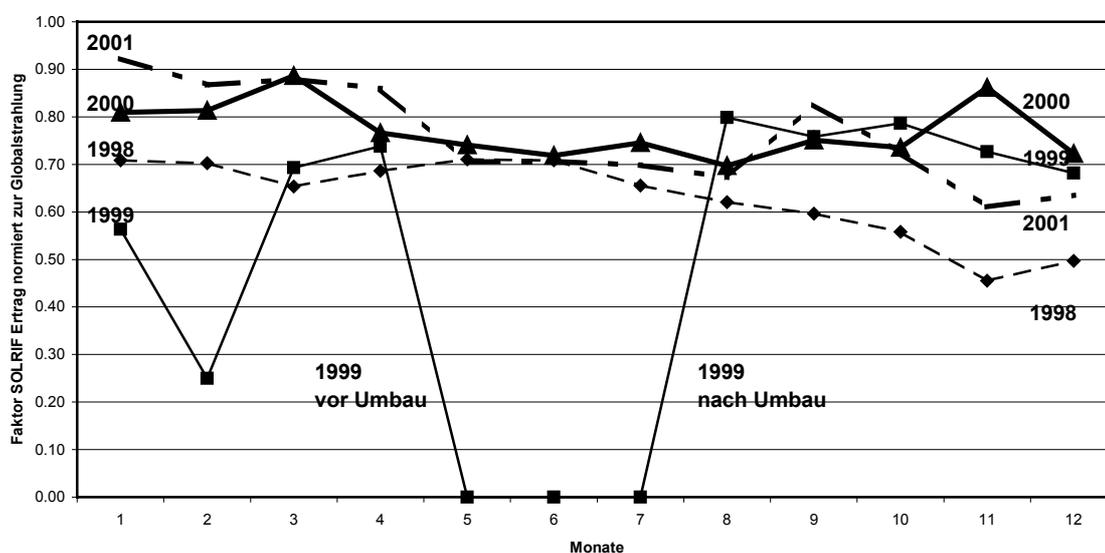
Der Umbau von der alten aufwendigen zum einfachen und gefälligen Montagesystem SOLRIF hat sich in verschiedener Hinsicht gelohnt und bewährt. Das Dach sieht wesentlich besser aus als zuvor. Der Schnee rutscht besser ab und es entsteht keine Verschmutzung mehr an der Unterkante. Die Regendichtheit ist voll gewährleistet. Einzig bei starkem Schlagregen kann Wasser eindringen wie dies erwartet wurde. Innerhalb vom Beobachtungszeitraum von 15 Monaten ist das zweimal aufgetreten. Das erste mal beim Sturm Lothar und das zweite Mal bei einem aussergewöhnlichen Gewittersturm im August 2000. Bei beiden Situationen ist auch Wasser bei den Ziegeldächern eingetreten. An den Elementen wie auch an der Befestigung sind keine Sturmschäden aufgetreten. Bei Wohnhäusern muss SOLRIF immer in Kombination mit einem Unterdach verwendet werden.

12. Weitere Erfahrungen

Auch in Jahr 2001 sind keine unerwarteten Probleme mit SOLRIF aufgetaucht. Anlässlich von einem starken Windregen war nur ein kleiner Wassereintritt beim Abschlussblech in Firstbereich zu verzeichnen.

Gleich blieb das Problem mit dem Wechselrichter. Das ungenügende Spannungsfenster nach unten und die gegenüber dem Datenblatt reduzierte Modulspannung führen im Sommer zu einer schlechten Ertragsbilanz. Inzwischen wurde versuchsweise ein SOLCON HE 3400 eingesetzt, welcher in der Betriebsspannung bis hinunter auf 70 V geht, zumindest gemäss Datenblatt. Im Sommer 2002 werden einige Einzelmessungen durchgeführt. Die relativ niedrigen Werte im Oktober und November 2001 sind auf die Beschattung und einen Wechselrichterausfall zurück zu führen. Die relativ grossen Schwankungen in den Wintermonaten entstehen aufgrund der teilweisen und zeitweisen Schneebedeckung.

Bild 19: Ertragsverhältnis SOLRIF zur Globalstrahlung SMA Zürich, umgerechnet auf geneigte Fläche (Arrayfläche)



Insgesamt bestätigt sich die Ertragsverbesserung durch den Umbau mit 14 % Mehrertrag im Jahr 2001 bezogen auf das Referenzjahr 1998 vor dem Umbau. Im Jahr 2000 waren es 16 % Ertragssteigerung.

13. Schlussfolgerungen

Der Umbau hat sich in verschiedener Hinsicht gelohnt:

- Für SOLRIF konnten viele Praxiserfahrungen gesammelt werden
- Die Anlage produziert 15 % mehr Energie
- Es konnten wichtige Erkenntnisse für die PV-Planung gewonnen werden
- Die Ästhetik der Anlage ist deutlich besser

Als Konsequenz der gemachten Erfahrungen muss davon ausgegangen werden, dass auch andere, ältere PV-Anlagen eine Generalrevision nötig haben. Es muss nicht gleich ein Umbau in der vorliegenden Grössenordnung sein. Der Entscheid ob eine Wartung sinnvoll ist, kann aufgrund der Jahreproduktion entschieden werden. Sobald der Ertrag ungenügend ist, sollte die Anlage überprüft werden. Die Erkenntnisse sollen vermehrt in der Branche publiziert werden.