

Schlussbericht PV P+D, DIS 14578 / 63527, Juli 2002

PV-Anlage Rothorn

Visualisierung der Daten der 4,1kWp-Anlage Rothorn

ausgearbeitet durch:

Schalcher Max**Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur****Ringstrasse, 7004 Chur**

Zusammenfassung

Auf dem Gipfel des Rothorns (2865 m.ü.M.) entstand im Sommer 1994, im Rahmen eines grossen Umbau-Projektes, eine photovoltaische Anlage als Fassadenelement der Bergstation mit einer aktiven Fläche von 27,3m² und einer Leistung von 4,1kWp.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts sind folgende Ziele realisiert worden:

- Durch die Visualisierung in der Mittelstation Scharmoin wird die Photovoltaik einer breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht. Die Besucher und Touristen können sich über die aktuellen Betriebsdaten der attraktiven Anlage direkt informieren.
- Die Rothornbahn AG kann dem Informationsbedürfnis der Besucher Rechnung tragen und gleichzeitig auch auf ihre Anlagen und ihr Angebot aufmerksam machen.
- Die genaue Ausmessung der PV-Anlage und die Auswertung der Messungen erlaubt Rückschlüsse auf den Ertrag von photovoltaischen Zellen in grosser Höhe und rauher Umgebung zu Planungs- und Vergleichszwecken.

Abstract

On top of the Rothorn (2865 m) a photovoltaic power plant was built during summer 1994 in connection with a large reconstruction project. The power plant is part of the front of the building and has an active surface of 27,3 m² and a performance of 4,1kWp.

The following goals have been realised:

- The visualisation at the intermediate stop in Scharmoin provides information to the public. The tourists and visitors can inform themselves about the actual operational data.
- The company Rothornbahn AG can satisfy the information needs of the visitors and at the same time call attention to its installations and what it offers.
- The accurate measuring of the data of the photovoltaic power plant and the analysis and interpretation of the data allows conclusions to be drawn about the yield of photovoltaic cells in high altitude and severe weather conditions for planning and comparison purposes.



Abbildung 0-1-1: Bergstation Rothornbahn

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	I
ABSTRACT	I
INHALTSVERZEICHNIS	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	V
1 VORWORT	1
2 PROJEKTZIELE.....	2
3 BESCHREIBUNG DER ANLAGE.....	3
4 DURCHFÜHRUNG	7
4.1 Planung	7
4.2 Semester- und Diplomarbeiten	7
4.3 Montage und Inbetriebnahme	8
4.4 Messungen.....	8
4.5 Betrieb der Anlage, Zuverlässigkeit	10
4.6 Visualisierung auf dem PC-Bildschirm.....	10
4.7 Visualisierung in der Mittelstation Scharmoin.....	10
4.8 Ausfall der Datenübertragung durch Blitzschlag.....	13
4.9 Gegenwärtiger Betriebszustand der Messung und Visualisierung	14
5 AUSWERTUNG DER MESSUNGEN	15
5.1 Jahresertrag.....	15
5.2 Strahlungsmessungen	18
6 INTERPRETATION DER MESSRESULTATE.....	20
6.1 Erwartungen.....	20
6.2 Einfluss der Exposition.....	20
6.3 Einfluss des Standortes.....	21
6.4 Einfluss der Witterung.....	21
6.5 Schlussfolgerungen.....	22
6.6 Lehren und Erfahrungen	22

7	NUTZEN.....	26
7.1	Semester- und Diplomarbeiten	26
7.2	Ausbildung.....	26
7.3	Akzeptanz beim Publikum	27
7.4	PR-Wirkung für die Rothornbahn AG.....	27
7.5	Perspektiven.....	28
8	SCHLUSSWORT	29
9	ANHANG	30
9.1	Literatur	30
9.2	Monats- und Tagesmessungen.....	32

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 0-9-1: BERGSTATION ROTHORNBAHN.....	II
ABBILDUNG 3-1: MESSKONZEPT.....	4
ABBILDUNG 3-2: ANSICHT DER GIPFELSTATION NACH DER FERTIGSTELLUNG (1995).....	6
ABBILDUNG 3-3: GIPFELSTATION MIT DEN BEIDEN DIPLOMANDEN (1998)	6
ABBILDUNG 4-1: MESSWANDLER UND INTERBUS-S ANSCHLUSS	9
ABBILDUNG 4-2: AUSLEGUNG DER ANZEIGETAFEL IN DER MITTELSTATION SCHARMOIN.....	11
ABBILDUNG 4-3 ANZEIGETAFEL IN DER MITTELSTATION SCHARMOIN	12
ABBILDUNG 4-4: ANZEIGE AUF PC GIPFELSTATION UND HTW CHUR	12
ABBILDUNG 5-1: NORMIERTE JAHRESSTATISTIK VOM DEZEMBER 1998 BIS NOVEMBER 1999 ..	15
ABBILDUNG 5-2: VERZEICHNIS DER VERWENDETEN SYMBOLE.....	16
ABBILDUNG 5-3: DATEN ZUR JAHRESSTATISTIK DEZEMBER 1998 BIS NOVEMBER 1999	17
ABBILDUNG 5-4: DATEN ZUR JAHRESSTATISTIK DEZEMBER 1998 BIS NOVEMBER 1999	17
ABBILDUNG 5-5: STRAHLUNG IN PANELEBENE MÄRZ 1999 FÜR ALLE TAGE.....	18
ABBILDUNG 5-6: STRAHLUNG IN PANELEBENEN AM 15. MÄRZ BEI MAX. EINSTRAHLUNG	18
ABBILDUNG 5-7: STRAHLUNG IN PANELBENE AM 4. MÄRZ BEI MINIMALER EINSTRAHLUNG.....	18
ABBILDUNG 5-8: STRAHLUNG IN PANELEBENE JULI 1999 FÜR ALLE TAGE.....	19
ABBILDUNG 5-9: STRAHLUNG IN PANELEBENE AM 24. JULI BEI MAX. EINSTRAHLUNG	19
ABBILDUNG 5-10: STRAHLUNG IN PANELEBENE AM 6. JULI BEI MINIMALER EINSTRAHLUNG	19

1 Vorwort

Im Sommer 1995 wurde die damalige Ingenieurschule HTL von der Bergbahn Rothornbahn und Scalottas AG angefragt, ob sie bereit sei, die Daten der neu erstellten Photovoltaik-Anlage auf dem Rothorn zu erfassen und zu visualisieren. Nach mehreren Gesprächen mit der Direktion der Rothornbahn und Scalottas AG, mit dem damaligen Betriebsleiter Herrn Roth und mit Herrn Maag von der damaligen Firma FABRIMEX AG kam man überein, die Visualisierung gemeinsam zu realisieren.

Die Zusammenarbeit versprach Vorteile für beide Seiten. Die Rothornbahn war interessiert an der Visualisierung aus Public Relation Überlegungen und auch um den praktischen Einsatz der Photovoltaik möglichst vielen Leuten bekannt zu machen. Für die Ingenieurschule ergab sich die Möglichkeit zur Durchführung interessanter Semester- und Diplomarbeiten und es war auch eine günstige Gelegenheit zum Kompetenzaufbau im Bereich Messungen an PV-Anlagen.

Die Ingenieurschule HTL erklärte sich bereit, die Datenerfassung, -übertragung, und -speicherung zu projektieren und aufzubauen sowie die Daten auszuwerten und zu analysieren. Die Rothornbahn und Scalottas AG übernahm die Montagearbeiten und war besorgt für die Unterbringung der Messeinrichtung sowie für die Verbindung zur Mittelstation bzw. bis zum öffentlichen Telefonnetz.

Es blieb noch das Problem der Finanzierung der nicht unbeträchtlichen personellen und materiellen Aufwendungen. In der Folge wurde auf Anraten von Herrn Maag und der PV-Verantwortlichen des BEW (Bundesamt für Energiewirtschaft) am 27. Juni 1995 ein Antrag für ein P&D-Projekt eingereicht. Um im Herbst 1995 mit dem Projekt anfangen zu können wurde ein Gesuch um vorzeitigen Baubeginn gestellt, dem mit Schreiben vom 9. August 1995 entsprochen wurde.

Am 19. November 1997 erhielten wir vom Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) die Verfügung, dass unser Projekt bewilligt sei. Mit den nun verfügbaren finanziellen Mitteln konnten die bereits getätigten Investitionen bezahlt und das Projekt weiterverfolgt werden.

Nach mehrern Unterbrüchen und Verzögerungen, zur Hauptsache verursacht durch die Turbulenzen im Zusammenhag mit Umstrukturierungen an der HTW Chur, kann nun endlich der Abschlussbericht vorgelegt werden.

Das Projektziel ist mit der erfolgreichen Visualisierung und der einjährigen Messkampagne erreicht worden. Für eine Fortsetzung der Messungen und der Information der Öffentlichkeit sollte sich eine Lösung finden lassen.

2 Projektziele

Im Projektantrag sind folgende **Ziele** explizit aufgeführt:

- Visualisierung der Daten einer netzgekoppelten PV-Anlage
- Fundierte Information der Öffentlichkeit durch eine publikumswirksame Präsentation
- Realisierung eines modernen Konzeptes zur Datenerfassung, Datenübertragung und Datenspeicherung
- Kompetenzaufbau im Bereich PV an der HTL Chur durch Messung und Auswertung
- Einbezug der Erkenntnisse in die Ausbildung der Studenten

Beim vorliegenden Projekt geht es im wesentlichen um folgende Anliegen:

Die Photovoltaik soll einer breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht werden. Viele Besucher und Touristen zeigen Interesse für die attraktiv wirkende Anlage. Die Rothornbahn AG möchte diesem Informationsbedürfnis Rechnung tragen und gleichzeitig auch auf ihre Anlagen und ihr Angebot aufmerksam machen.

Die grosse Höhe, die gute Ausrichtung gegen Süden, die Art der Montage und die rauen Umgebungsbedingungen sind Besonderheiten, welche eine genauere Ausmessung der Anlage rechtfertigen, da es dazu noch nicht viele Informationen gibt.

Die Durchführung der Messung und der Visualisierung sowie die Auswertung Resultate ermöglicht einen sehr erwünschten Kompetenzaufbau im Bereich Photovoltaik und zugehöriger Messtechnik.

Die Photovoltaik ist mit einem Vorlesungsmodul eingebunden in die Ausbildung im Fachbereich Energie der Abteilung Prozess-/Anlagentechnik. Somit ergeben sich für die Ausbildung der Studenten Synergien, die im Rahmen des Technologietransfers sehr erwünscht sind. Nicht zuletzt bestand auch ein Ziel darin, Diplom- und Semesterarbeiten durchzuführen, was bei den Studenten auf reges Interesse gestossen ist.

3 Beschreibung der Anlage

PV-Anlage auf dem Rothorn

Auf dem Rothorn-Gipfel (2865 m. ü. M.) wurde im Sommer 1994, im Rahmen eines grossen Umbau Projekts, eine PV-Anlage errichtet, die damals in verschiedener Hinsicht eine beachtenswerte Neuheit darstellte.

Die PV-Anlage ist Teil der Gebäudefassade. Sie fügt sich optimal ein in die moderne Glas-Architektur des neu erbauten Wintergarten-Restaurants. Dank dem Einsatz von transluziden Laminaten erfüllt sie auch die Aufgabe, die Seilbahn-Einfahrthalle aufzuhellen. Dank einem Abstand der einzelnen Solarzellen von 8mm und Verwendung einer transparenten hinteren Abschlussfolie wird etwa 18% des Lichts zwischen den Zellen durchgelassen. Ein mit einlaminiertes Glasvlies sorgt für eine weiche Streuung der solaren Strahlung. Die senkrechte, genau nach Süden ausgerichtete Fassade mit den PV-Panels umfasst 41 rechteck- und trapezförmige Einzellamine mit einer Gesamtfläche von rund 39m². Die 8mm dicken Panels sind in einem massiven Pfosten-Riegel-System verankert, sodass sie Windgeschwindigkeiten von über 200km/h standhalten können. Die dunkelblaue Farbe der Panels passt sehr gut zum Erscheinungsbild des Gebäudes und in die alpine Umgebung.

Die aktive Zellenfläche beträgt 27m² und entspricht einer nominalen Leistung von 4,1kWp. In die PV-Panels sind monokristalline, texturierte Solarzellen von Siemens Solar eingebaut. Wegen den erwarteten hohen Einstrahlung kamen zwei überdimensionierte TOPCLASS Grid II Wechselrichter zum Einsatz, welche die Energie direkt ins Netz einspeisen. Dies ist deshalb möglich, weil das Gipfel-Restaurant sowie die Kommunikationseinrichtungen auf dem Gipfel (Antennenmast) einen Netzanschluss zwingend erfordert. Die Energieversorgung erfolgt über ein Kabel, welches mit besonderer Sorgfalt tief in der Erde bzw. im Fels verlegt worden ist.

Besondere Bedeutung hat der Blitzschutz. Ein ebenfalls von der HTW Chur installierter Blitzzähler registriert im Jahresdurchschnitt rund 30 Einschläge, hauptsächlich im Bereich der Antenne, welche durch geeignete Blitzableiter gut geschützt ist. Die Anordnung der Panels in der Gebäudefassade hat einen direkten Einschlag in die Panels verhindern können; jedenfalls ist bis jetzt keine Beschädigung durch Blitzeinschläge an den Panels festgestellt worden.

Beteiligte Firmen:

Bauherr	Rothornbahn & Scalottas AG, 7078 Lenzerheide
Projektierung und Ausführung:	Fabrimex AG, 86 Schwerzenbach
Laminatlieferant:	Gebäude Solar Systeme GmbH, Gera (Deutschland)
Mechanischen Konstruktion und Montage:	Geilinger AG, 8400 Winterthur
Architekt:	Hp. Herzog, 7083 Lantsch
Kosten der PV-Anlage:	160'000 SFr.

Konzept für die Messeinrichtung:

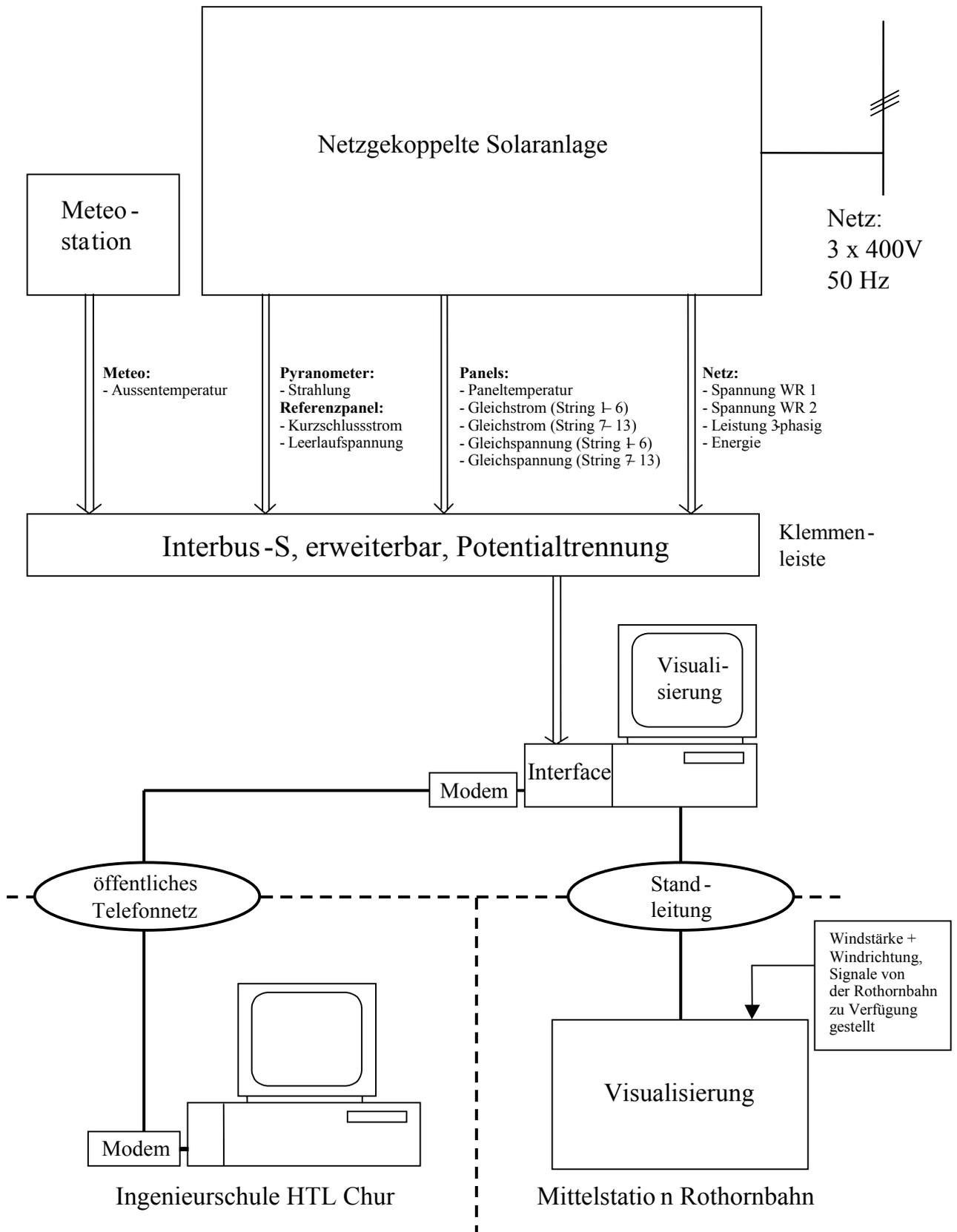


Abbildung 3-1: Messkonzept

Zum Messkonzept

Nachdem die PV-Anlage auf dem Rothorn bereits gebaut und in Betrieb genommen war, kam von Seiten der Rothornbahn AG und von den Lieferanten der Solarzellen der Wunsch auf, Messungen durchzuführen und die Resultate einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Herr Maag, Firma Fabrimex Solar, ergriff die Initiative und wandte sich an die damalige Ingenieurschule HTL. Nach einigen Abklärungen wurde beschlossen, eine Semesterarbeit durchzuführen mit dem Ziel, eine Visualisierung in der Mittelstation Scharmoin und an der HTL Chur zu realisieren.

Bei der Entstehung des Messkonzeptes spielte die geplante Semesterarbeit bzw. die Ausbildung der Studenten eine wesentliche Rolle. Es wurde beschlossen, anstelle des üblichen Datenloggers, einen PC einzusetzen. Die Gründe dafür waren zur Hauptsache folgende: Verwendung von Software mit der die Studenten vertraut waren (im Unterricht behandelt), Flexibilität in der Handhabung (offen für verschiedene Varianten) und gute Möglichkeit zur Visualisierung (PC-Bildschirm, Verwendung von Visual Basic als Programmiersprache). Im weiteren können via Tastatur und Bildschirm vor Ort Änderungen und Anpassungen relativ leicht vorgenommen werden (Diagnose, Inbetriebnahme).

Für die Kopplung der Messwandler an den PC wurde der Interbus-S ausgewählt. Für den Einsatz des Interbus-S sprachen die Potentialtrennung, die einfache Erweiterbarkeit und Montage (Industrietauglich) sowie die Tatsache, dass an der HTL Chur mit dem Bus bereits gute Erfahrungen gemacht worden waren.

Die Daten werden im PC auf dem Rothorn Gipfel gesammelt und auf der Harddisk abgespeichert. Damit können die Aufzeichnung der Daten und die Auswertung voneinander getrennt bearbeitet werden. Die Visualisierung erfolgt an drei Orten: lokal auf dem Bildschirm der Bedienstation auf dem Rothorn Gipfel, auf einer Anzeigetafel in der Mittelstation Scharmoin sowie auf einem PC an der HTW Chur. Daraus ergaben sich interessante Problemstellungen für die Studenten Abteilung Telecom bezüglich des Datentransfers vom Rothorn Gipfel zur Mittelstation und an die HTL Chur über Telefonleitungen.

Somit ist ersichtlich, dass das Messkonzept und die gewählten Lösungsvarianten massgeblich von den Gedanken betreffend die Ausbildung der Studenten und durch die geplanten Semester- und Diplomarbeiten geprägt war. Dies hat sich auch gelohnt, da interessante und lehrreiche Arbeiten durchgeführt werden konnten. Wie sich aber später herausstellte, waren es für den längerfristigen Betrieb nicht unbedingt die besten Lösungen.

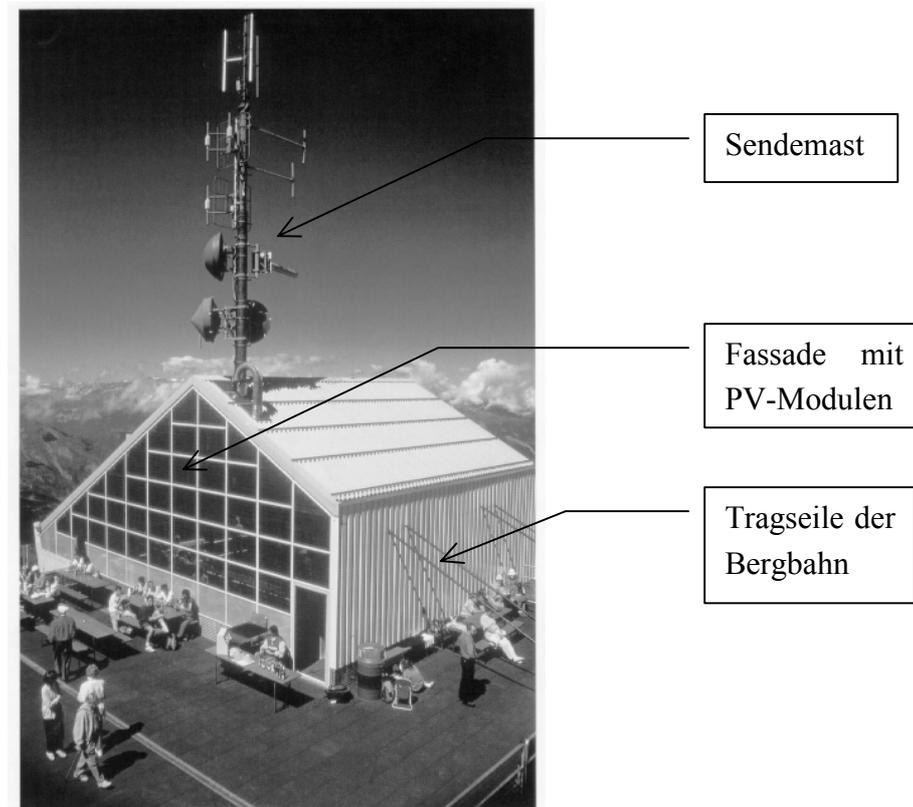


Abbildung 3-2: Ansicht der Gipfelstation nach der Fertigstellung (1995)



Abbildung 3-3: Gipfelstation mit den beiden Diplomanden (1998)

Oben rechts, nahe beim Giebel kann man das auf dem Ortbrett des Daches montierte Pyranometer erkennen. Im Vordergrund sieht man die Aussichtsterrasse mit Tischen und Bänken für die Touristen.

4 Durchführung

4.1 Planung

Die Planung der Messeinrichtung erfolgte an der HTL Chur durch Mitarbeiter der Abteilung Elektrotechnik unter der Leitung des Projektleiters.

Primär ging es um das Messkonzept und um die Auswahl der Messumformer, damit diese in der PV-Anlage auf dem Rothorn Gipfel eingebaut werden konnten. Es wurde entschieden, welche Signale zu messen sind, wie genau die Messumformer zu sein brauchen und was für Messbereiche notwendig sind, um die Betriebsdaten in allen erdenklichen Situationen messtechnisch erfassen zu können.

Messtechnisch erfasste Grössen siehe Tabelle 4-1.

Im weiteren hat man die Wahl getroffen, als Datenlogger einen PC einzusetzen, da sich der PC zu Ausbildungszwecken am besten eignet.

Für die Kommunikation zur Mittelstation hat sich eine RS-232 Verbindung angeboten. Damit lassen sich die Anzeigen in der Mittelstation direkt ansteuern. Von der Rothornbahn AG wurde eine Standleitung offeriert welche die Anzeigen mit dem PC via Glasfaserkabel verbindet.

Die Kommunikation zur HTW Chur erfolgt über eine normale Telefonleitung. Auf beiden Seiten wird ein Modem der Firma ZyXEL eingesetzt. Mit Hilfe der Software PCANYWHERE kann von der HTW Chur aus auf den PC Rothorn direkt zugegriffen werden, wie wenn der Operator den PC Rothorn direkt vor sich hat.

4.2 Semester- und Diplomarbeiten

Mit den Studenten wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

Semesterarbeit "Anwendungssoftware Rothorn"

In der Semesterarbeit geht es um die Ansteuerung des Interbus-S, das Einlesen und Abspeichern der Daten und um die Visualisierung auf dem Bildschirm.

Diplomarbeit "Visualisierung der PV-Anlage „Rothorn“ und Kommunikation zur HTA Chur"

In der Diplomarbeit geht es um die Bedienung der Anlage, die Datenhaltung und die Kommunikation zwischen dem Rothorn Gipfel und der Mittelstation sowie um die Verbindung zwischen dem Rothorn Gipfel und der HTW Chur.

Die durchgeführten Arbeiten waren bei den Studenten sehr beliebt, d.h. es hat keine Probleme gegeben Studenten für Arbeiten im Bereich Photovoltaik zu begeistern. Die Durchführung war praxisbezogen und das Ergebnis hat einen messbaren Nutzen für die Anwendung der erneuerbaren Sonnenenergie gebracht.

4.3 Montage und Inbetriebnahme

Die Montage der Sensoren, Messumformer sowie der elektrischen Anschlüsse erfolgte gemäss unseren Angaben durch Monteure der Rothornbahn AG.

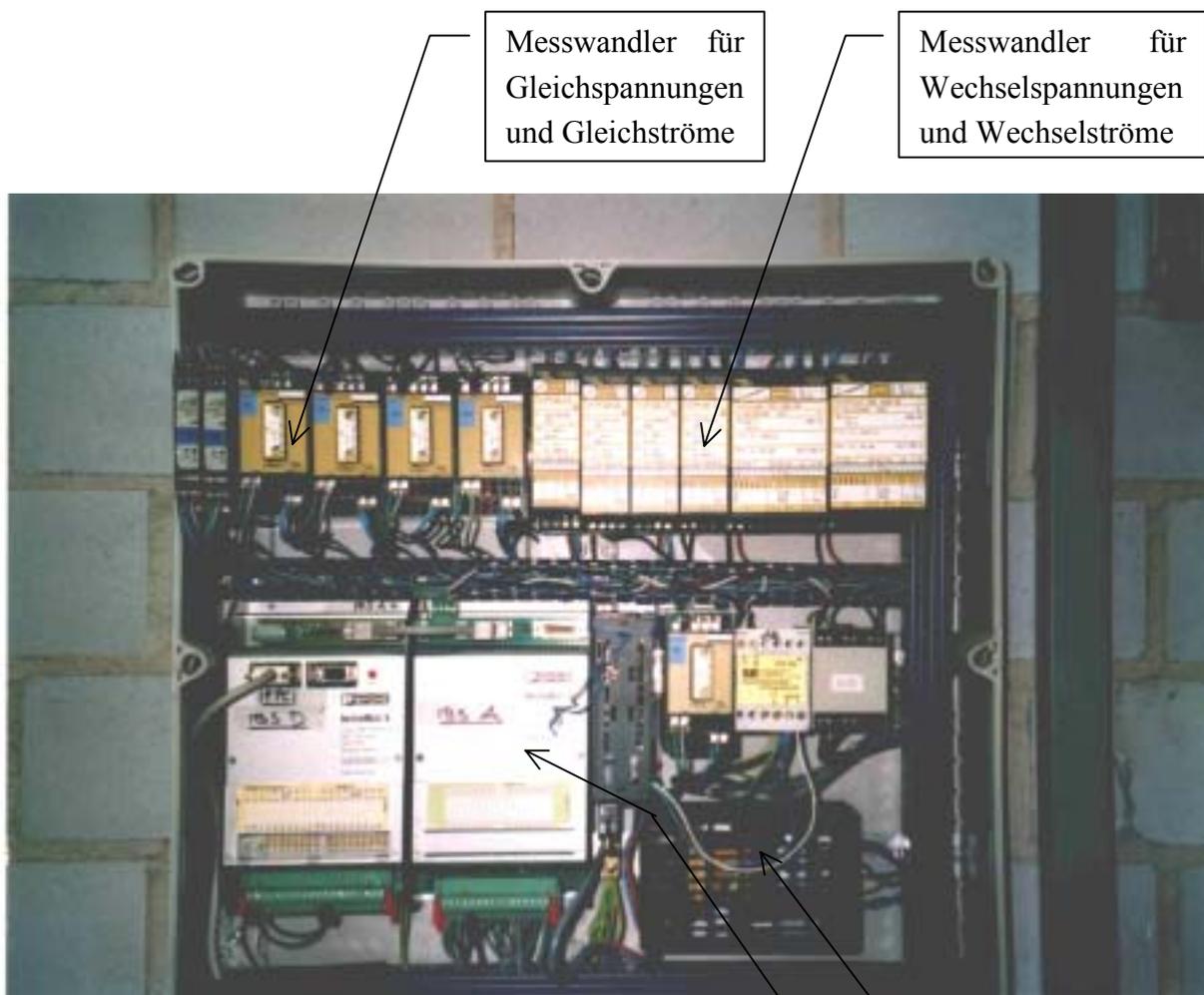
Bei der Inbetriebnahme waren wir von der HTL Chur dabei. Ausser einigen kleineren Korrekturen bei der Verdrahtung verlief die Inbetriebnahme problemlos.

4.4 Messungen

Es werden folgende Grössen gemessen:

Messgrösse	Einheit
Pyranometer	
Strahlung	Watt/m ²
Meteo	
Ausstemperatur	Grad C
Referenzpanel:	
Kurzschlussstrom	mA
Leerlaufspannung	mV
Paneltemperatur	Grad C
Panels:	
Paneltemperatur	Grad C
Gleichstrom: String 1 bis 6	A
Gleichstrom: String 7 bis 13	A
Gleichspannung: String 1 bis 6	Volt
Gleichspannung: String 7 bis 13	Volt
Netz:	
Wechselspannung	Volt
Wechselstrom	Ampère
Leistung	Watt
Energie	Impulse pro kWh

Tabelle 4-1: mit Messumformern gemessene Signale



Messwandler für
Gleichspannungen
und Gleichströme

Messwandler für
Wechselspannungen
und Wechselströme

Abbildung 4-1: Messwandler und Interbus-S Anschluss

Die Elektronik ist sehr kompakt und gut geschützt in einem Kasten untergebracht, der an der Wand des Serviceraumes befestigt ist. Im gleichen Raum unmittelbar daneben ist auch der zugehörige PC stationiert.

Netzgerät für
die Heizung des
Pyranometers

Interbus-S
Interface

4.5 Betrieb der Anlage, Zuverlässigkeit

Der Betrieb der Anlage hat keine nennenswerten Probleme bereitet. Der PC auf dem Rothorn Gipfel ist in einem abgeschlossenen Raum aufgestellt und nur dem Betriebspersonal zugänglich. Die Messung läuft vollautomatisch, der PC ist immer in Betrieb. Nach einem allfälligen Stromausfall startet der PC wieder selbständig (via "Watchdog", eine elektronische Schaltung für den Wiederanlauf) und fährt mit der Messung weiter. Für die Betrachtung der Visualisierung muss man lediglich den Bildschirm einschalten. Eingriffe ins Programm, z.B. Änderung der Parametrierung, Starten oder Stoppen der Messung sind geschützt durch ein Passwort. Das Passwort kennt nur der Betriebsleiter der Rothornbahn AG sowie die zuständigen Mitarbeiter der HTW Chur. Während der gesamten Messkampagne ist nur ein Ausfall aufgetreten aufgrund eines sehr massiven Blitzeinschlages, der grössere Schäden an den Anlagen der Swisscom und der Bergbahn verursacht hat. Die PV-Anlage und die Messeinrichtung wurde nicht beschädigt. Der Ausfall der Stromversorgung für den PC und für die Messwandler hat leider trotzdem zu einem längeren Unterbruch der Messungen geführt.

4.6 Visualisierung auf dem PC-Bildschirm

Ein Vorteil der Datenerfassung mit Hilfe eines PC's besteht darin, dass die Visualisierung der Messwerte auf dem Bildschirm relativ einfach ist. Bereits in einem frühen Projektstadium entstand der Entwurf einer solchen Visualisierung. Dieser wurde bis jetzt fast unverändert beibehalten und bildet die Grundlage für die Anzeige der Daten auf dem Bildschirm.

4.7 Visualisierung in der Mittelstation Scharmoin

Das Kernstück der Visualisierung ist die Anzeigetafel in der Mittelstation Scharmoin. Im Aufbau ist sie ähnlich wie die Visualisierung auf dem PC-Bildschirm. Mit dem PC auf der Gipfelstation ist sie verbunden über eine Standleitung welche von der Rothornbahn AG zur Verfügung gestellt und von der SWISSCOM AG betrieben wird. Es handelt sich um eine störungsunempfindliche Glasfaserverbindung. Übertragen werden ASCII-Zeichen über eine RS-232 Schnittstelle. Jedes Anzeigeinstrument besitzt eine Adresse. Wird es angesprochen, übernimmt es den gesendeten Wert und zeigt ihn solange an, bis er von einem neuen Wert überschrieben wird. Die gesendeten Daten werden immer zurückgelesen, sodass man eine Kontrolle darüber hat, ob die Verbindung zur Mittelstation funktioniert. Falls ein falscher Wert zurückkommt, wird er automatisch nochmals gesendet. Nach mehreren vergeblichen Versuchen erfolgt eine Fehlermeldung.

Anzeigetafel:

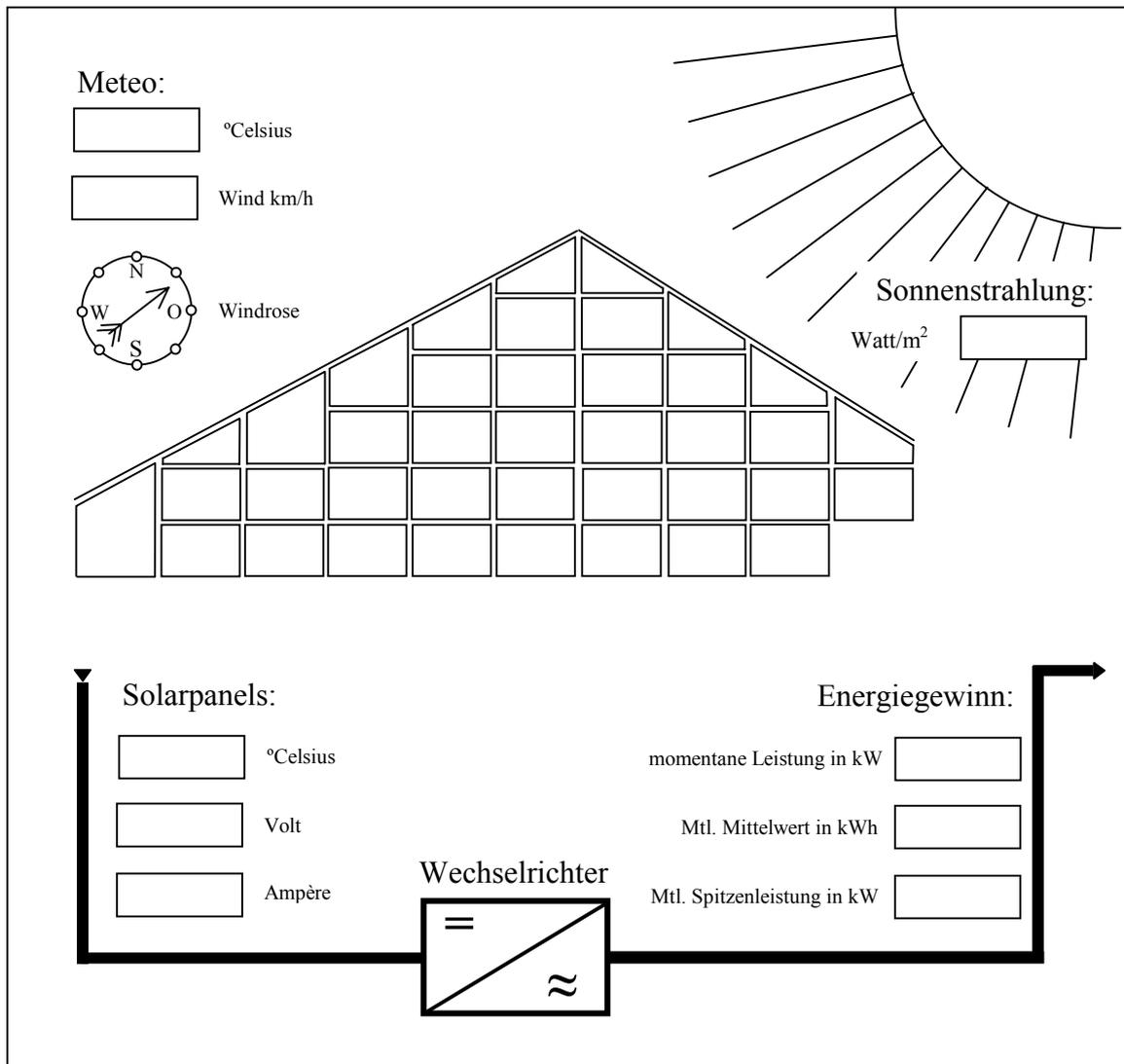


Abbildung 4-1: Auslegung der Anzeigetafel in der Mittelstation Scharmoin

Durch eine klare Gliederung wurde versucht, dem interessierten Betrachter in übersichtlicher Form möglichst eindeutige Informationen mitzuteilen. Die Beschriftung gab Anlass zu Diskussionen darüber, wieviel Informationen der Betrachter braucht, um einen guten Eindruck von der Anlage im Betrieb zu erhalten. Am unklarsten sind die Mittelwerte, da sie sich auf verschiedene Art und Weise berechnen lassen. Wir haben uns für einen gleitenden Mittelwert über die letzten 30 Tage (entspricht einem Monat) entschieden. Unter monatlich könnte man jedoch auch den vorherigen ganzen Monat verstehen. Ausserhalb der Anzeigetafel sind links Angaben über die Erbauer und Betreiber der Anlage und der rechts technische Daten der Anlage sowie über ihren Bau zu finden.

Die Kombination mit den Meteo-Daten erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die Anzeige beachtet wird, da für Touristen und Gleitschirmflieger die Wetterdaten wichtig sind.

Visualisierung in der Mittelstation:

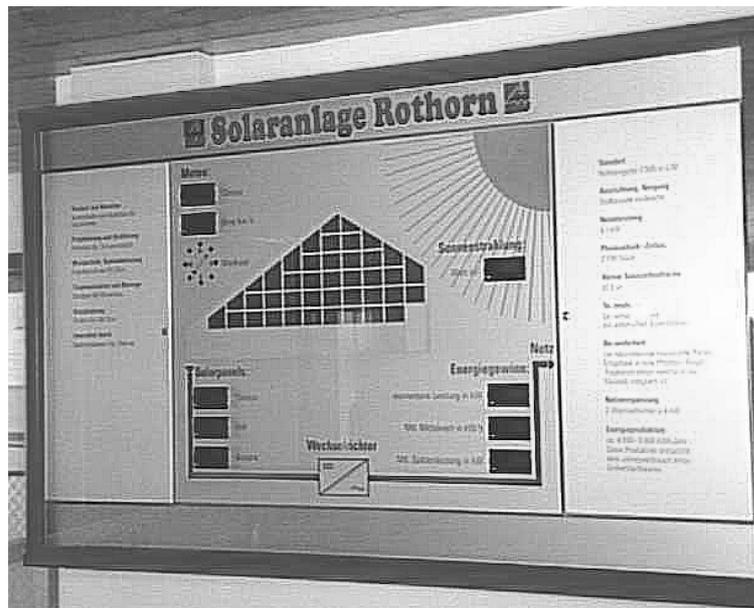


Abbildung 4-3 Anzeigetafel in der Mittelstation Scharmoin

Visualisierung auf dem Bildschirm (Gipfelstation und HTW Chur)

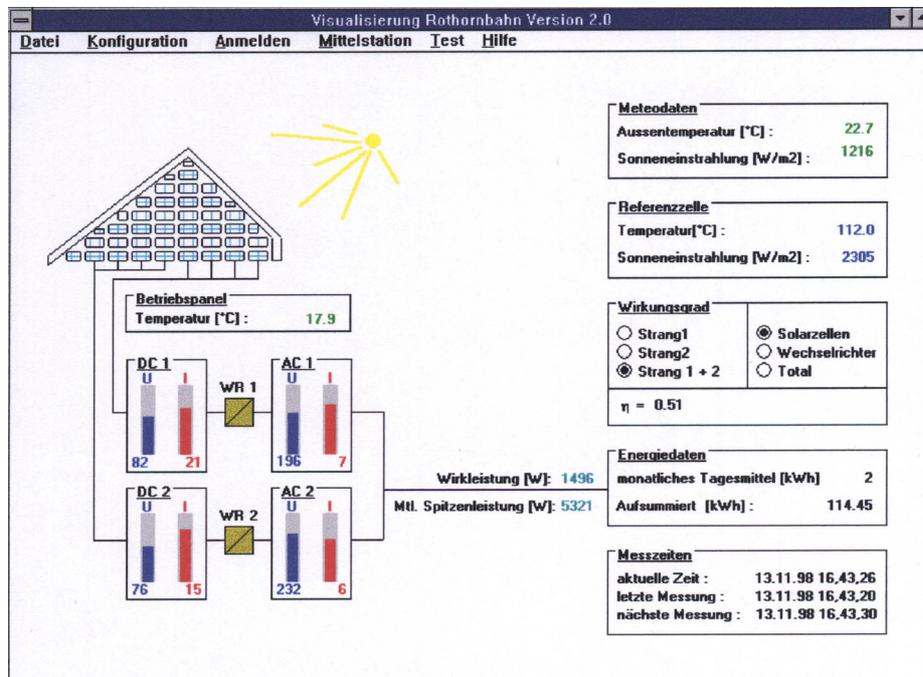


Abbildung 4-4: Anzeige auf PC Gipfelstation und HTW Chur

4.8 Ausfall der Datenübertragung durch Blitzschlag

Am 9. August 1999 hat ein Blitzschlag die gesamte Kommunikation und teilweise auch die Anlagen der Bergbahn auf dem Gipfel des Rothorns ausser Betrieb gesetzt. Als Folge davon konnten keine Daten mehr in die Mittelstation und zur HTA Chur mehr übertragen werden. Eine Kontrolle hat dann zu unserer Erleichterung ergeben, dass die Messung der PV-Daten und deren Abspeicherung auf der Harddisk nach wie vor einwandfrei funktionierten. Vom Schaden betroffen waren auch Teile der Hardware für die Datenübertragung zur Mittelstation. Nach der Reparatur durch die SWISSCOM (Ersatz der schadhaften Einschübe) funktionierte aber unsere Datenübertragung noch immer nicht. Eine eingehende Überprüfung vor Ort führte zum Entscheid, den PC nach Abschluss der einjährigen Messkampagne an die HTA Chur zu nehmen zur genauen Untersuchung des Fehlers. Diese hat dann ergeben, dass die RS-232 Schnittstelle auf dem Motherboard defekt war, und zwar genau die Schnittstelle, welche an der durch den Blitz zerstörten SWISSCOM Hardware angeschlossen war. Leider hatten wir es versäumt, an dieser Stelle eine Potentialtrennung einzubauen. Wie eine nachträgliche Abklärung ergeben hat, ist diese für wenig Geld auf dem Markt erhältlich.

Unglücklicherweise hat der Vorfall zu einem Unterbruch der Messungen bis Anfang September geführt. Gründe dafür waren erstens ein Missverständnis (der Betriebselektriker hatte irrtümlicherweise die Stromversorgung des PC's abgehängt) und zweitens unsere Ferienabwesenheit während der niemand bemerkte, dass die Messungen auf dem Gipfel nicht funktionierten. Die Angestellten der Bergbahn schöpften keinen Verdacht weil sie wussten, dass in der Mittelstation keine Messwerte angezeigt werden konnten.

Für eine Reparatur stehen grundsätzlich **drei Optionen** offen:

- Ersatz des Motherboards. Da es sich um einen älteren PC mit 486-Prozessor der Firma Siemens handelt, ist dies eine relativ teure Lösung, falls das Ersatzteil überhaupt noch erhältlich ist. Das Motherboard kostet fast gleich viel wie ein neuer PC.
- Kauf einer RS-232 Schnittstellen – Karte (mit bis zu vier RS-232 Anschlüssen). Diese Lösung erfordert Änderungen bzw. Anpassungen in der Software, die nach einem ersten Augenschein offenbar nicht so einfach sind wie man zunächst annehmen könnte (Änderungen an alter Software!).
- Ersatz des PC's mit 486 Prozessor durch einen andern 486 PC. Davon raten uns Informatikspezialisten eher ab, da es einerseits nicht sinnvoll ist, alte Hardware durch neue „alte“ zu ersetzen und weil möglicherweise auch noch Kompatibilitätsprobleme auftreten könnten.

4.9 Gegenwärtiger Betriebszustand der Messung und Visualisierung

Zur Zeit ist die Messeinrichtung und die Visualisierung nicht in Betrieb und der PC befindet sich nach wie vor an der HTW Chur. Die Reparatur scheiterte bisher an folgenden Problemen:

- **Reparaturvarianten:** Von den möglichen Optionen für eine Reparatur hat man sich noch nicht für eine davon entschieden. Um dies zu entscheiden, müsste man noch weitere Abklärungen treffen.
- **Geld:** Die Reparatur erfordert den Ersatz oder Zukauf von Hardware. Bei der angespannten finanziellen Lage ist bisher noch kein Budgetposten für die Reparatur eingerichtet oder vorgesehen.
- **Manpower:** Zur Zeit stehen an der HTW Chur keine Leute zur Verfügung, welche für die Reparatur eingesetzt werden könnten. Dafür lässt sich aber eine Lösung finden, indem ein Projekt gestartet wird im Rahmen des Technologietransfers. Dazu gehört dann auch eine entsprechende Planung (Finanzen, Personal, Zeiten, Ziele usw.).

An sich wäre es wünschenswert, die Anzeige in der Mittelstation wieder in Betrieb zu nehmen und auch die Visualisierung an der HTW Chur zu aktivieren. Dazu müsste aber ein Grundsatzentscheid gefällt werden (siehe Kapitel 7.5: Perspektiven).

5 Auswertung der Messungen

5.1 Jahresertrag

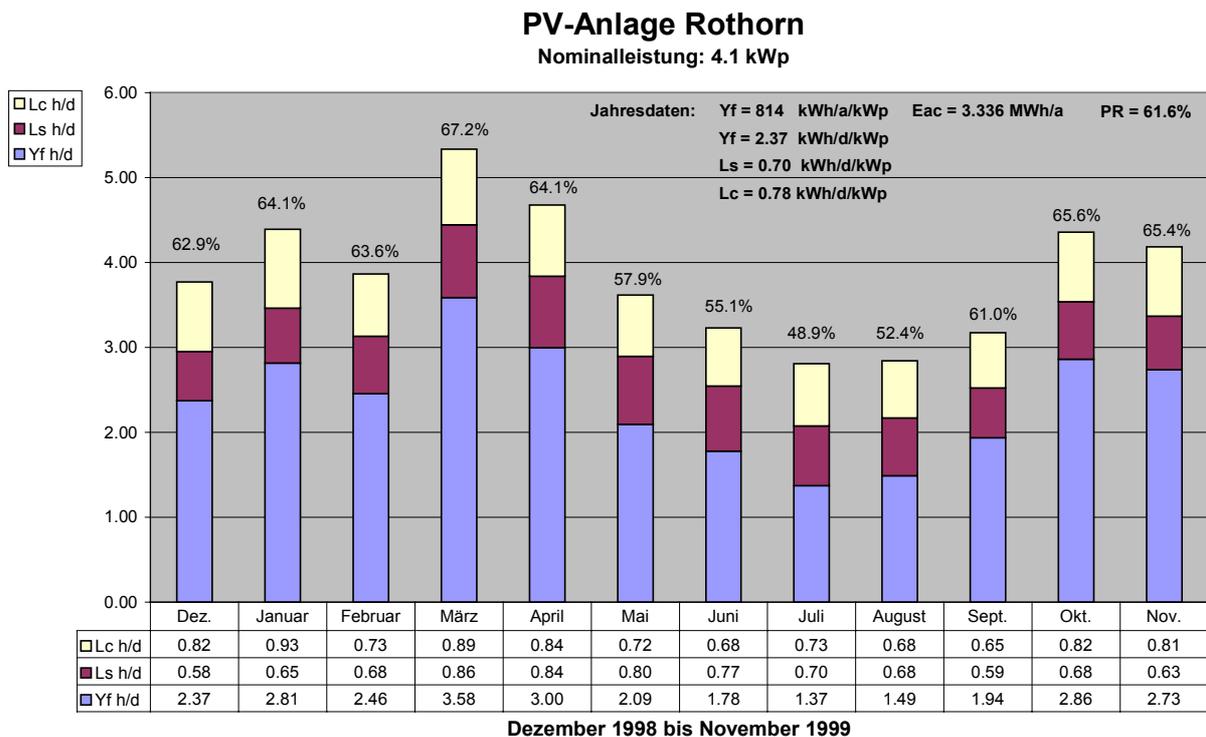


Abbildung 5-1: Normierte Jahresstatistik vom Dezember 1998 bis November 1999

Erläuterungen zu den Jahresdaten:

Die 4,1kWp PV-Anlage hat während der einjährigen Messkampagne vom Dezember 1998 bis und mit November 1999 eine Energie von $E_{ac} = 3336 \text{ kWh/a}$ ins Netz eingespielen. Berücksichtigt man die Tatsache, dass die Anlage nur während 333 Tagen in Betrieb war (Ausfall wegen Blitzschlag von 32 Tagen), kommt man mittels linearer Hochrechnung auf einen **korrigierten Jahresertrag von 3657 kWh/a**.

Der Endertrag beträgt $Y_f = 814 \text{ kWh/a/kWp}$. Umgerechnet mittels linearer Hochrechnung wie im obigen Abschnitt ergibt sich ein **korrigierter Endertrag von 892 kWh/a/kWp** oder **2,44 kWh/d/kWp**.

Die mittlere Nutzungsziffer (Performance Ratio) beträgt **PR = 61,6%**.

Die maximale Energieproduktion trat auf im Frühjahr (März) und im Herbst (Oktober), wobei das Maximum im Frühjahr grösser ist als im Herbst. Der Monat März war gekennzeichnet durch überdurchschnittlich viele wolkenfreie Tage. Auch im Herbst ist das Wetter in Graubünden oft schön, unterstützt durch den Föhn, der die Wolken vertreibt und für gute Fernsicht und damit klare und trockene Luft sorgt.

Die minimale Energieproduktion trat auf im Sommer, wenn der Einstrahlwinkel für die senkrecht montierten Panels am ungünstigsten ist und wenn die Einstrahlung nicht durch reflektierende Schneeflächen verstärkt wird. Ein weiterer Grund war auch das relativ schlechte Wetter. Der Rothorn Gipfel ist bei schlechtem Wetter oft in dichte Wolken gehüllt, was sich aus den Messwerten des Pyranometers ablesen lässt (siehe 5.2 Strahlungsmessungen).

Im Winter ist der Einstrahlungswinkel für die senkrecht montierten Panels am günstigsten. Trotzdem gab es auch da ein Minimum für die Energieproduktion, das allerdings nicht so tief ist wie dasjenige im Sommer. Der günstige Einstrahlwinkel wird teilweise kompensiert durch die kürzeren Tage bzw. durch die geringere Sonnenscheindauer.

Übersicht der verwendeten Definitionen:

Symbol	Bezeichnung / Bedeutung	Einheit
G_z	Strahlungsertrag pro Tag, eingestrahlte Energie	kWh/m ² / d
T_{amb}	Umgebungstemperatur	°C
T_{zmax}	Solarpaneltemperatur	°C
P_0	Nennleistung des Solargenerators bei Standard-Testbedingungen	kWp
Y_r	Strahlungsertrag, Referenzertrag (Reference Yield)	kWh/m ² / d / 1kWh/m ²
L_c	Generatorverluste, Feldverluste (Capture Losses) $L_{CT} + L_{CM}$, temperaturbedingte und übrige nicht temperaturbedingte Verluste	kWh / d / kWp
Y_a	Generator-Ertrag; entspricht dem Verhältnis E_{DC} / P_0 (Array Yield)	kWh / d / kWp
L_s	Systemverluste, Wechselrichter-Umwandlungsverluste (System Losses)	kWh / d / kWp
Y_f	Endertrag; entspricht dem Verhältnis E_{AC} / P_0 (Final Yield)	kWh / d / kWp
PR	Performanz, Nutzungsziffer; entspricht dem Verhältnis Y_f / Y_r (Performance Ratio)	
E_{DC}	Abgegebene Generator-DC-Energie nach Berücksichtigung der Solarpanelverluste	kWh
E_{AC}	AC-Energie, die der Wechselrichter ins Netz abgibt nach Berücksichtigung der WR-Verluste	kWh

Abbildung 5-2: Verzeichnis der verwendeten Symbole

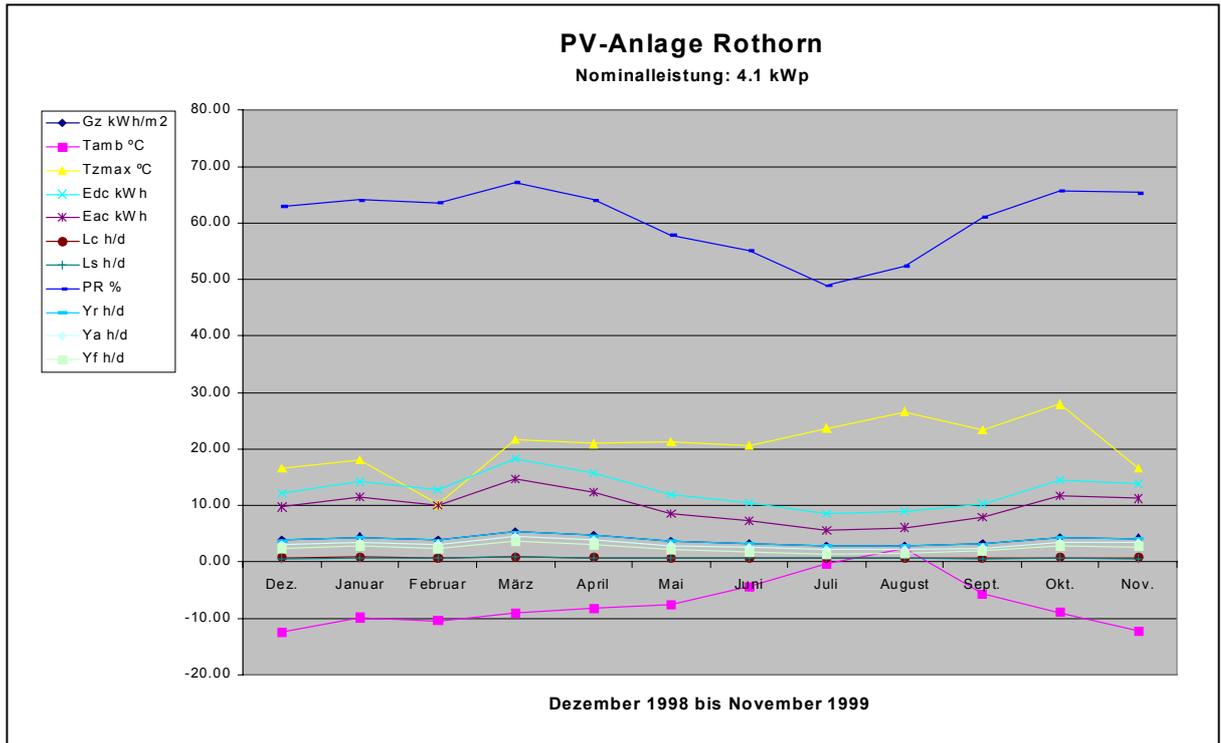


Abbildung 5-3: Daten zur Jahresstatistik Dezember 1998 bis November 1999

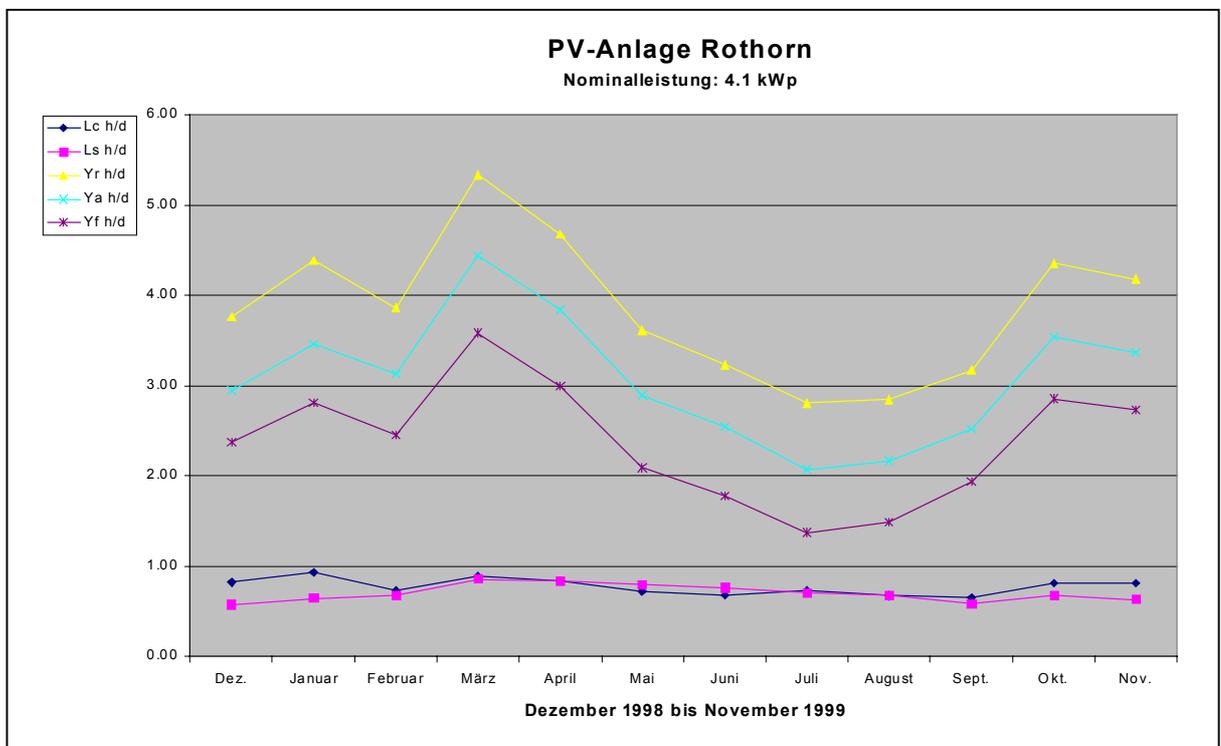


Abbildung 5-4: Daten zur Jahresstatistik Dezember 1998 bis November 1999

5.2 Strahlungsmessungen

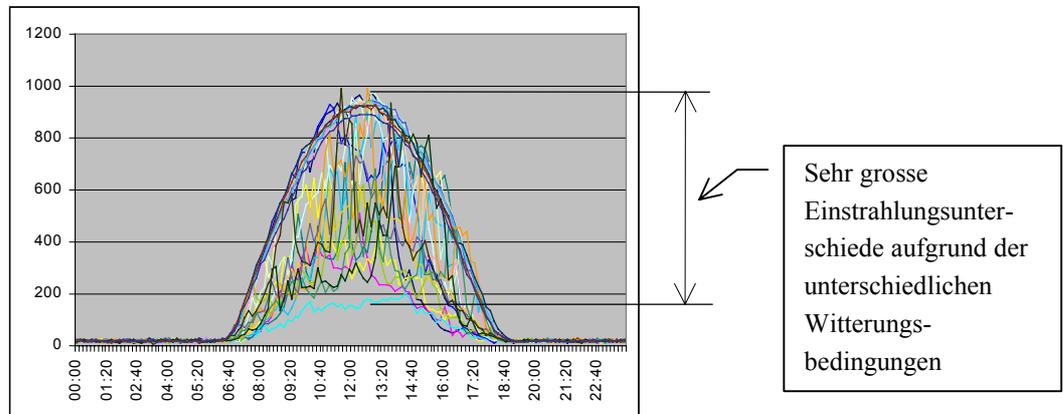


Abbildung 5-1: Strahlung in Panelebene März 1999 für alle Tage

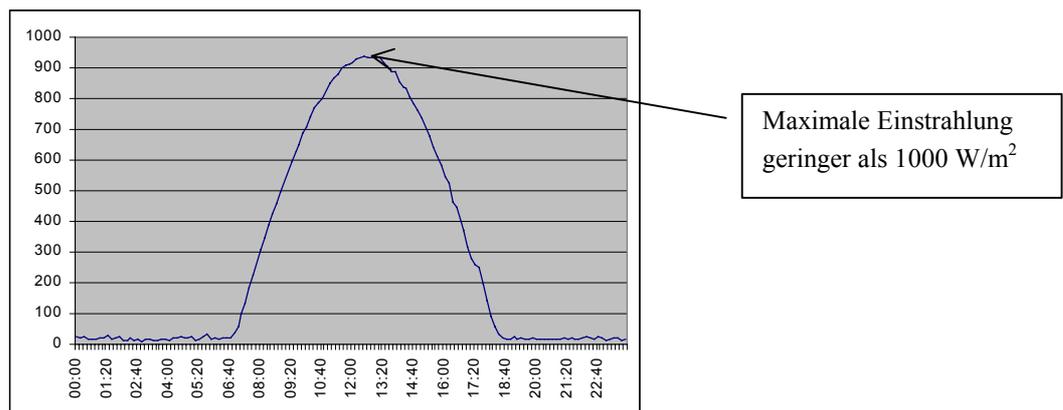


Abbildung 5-2: Strahlung in Panelebene am 15. März bei max. Einstrahlung

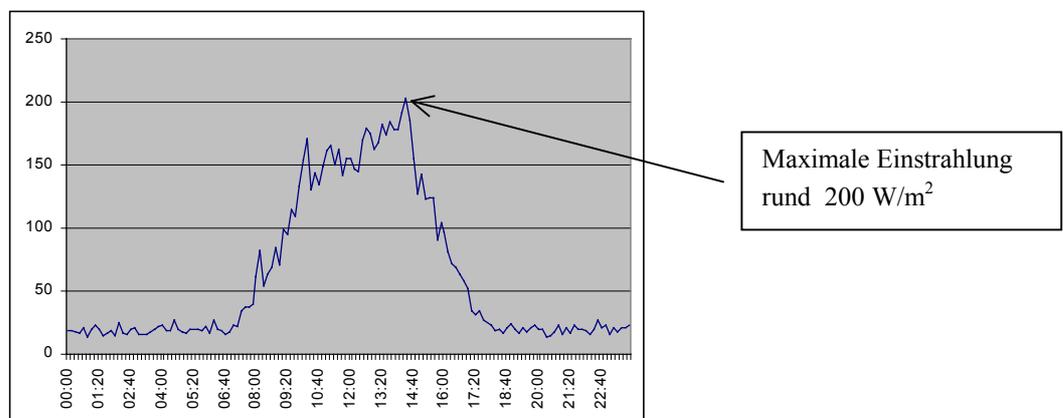


Abbildung 5-3: Strahlung in Panelbene am 4. März bei minimaler Einstrahlung

Juli 1999: im Bezug auf die Einstrahlung und den Ertrag der schlechteste Monat im Jahr

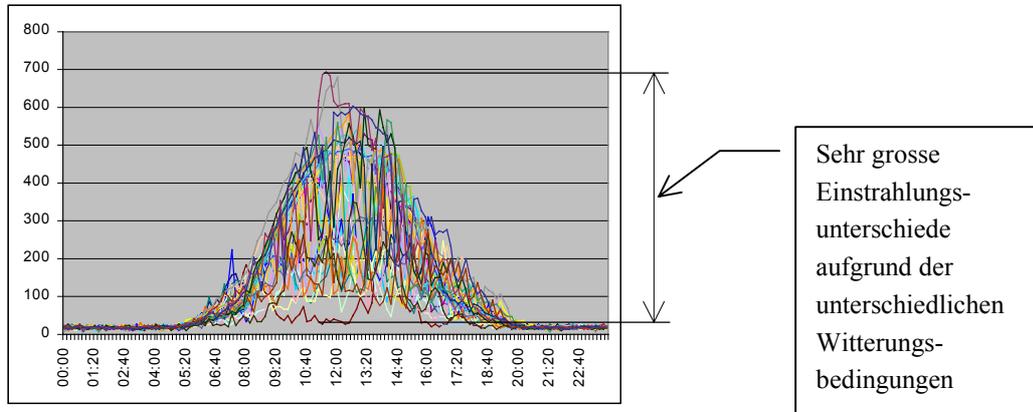


Abbildung 5-4: Strahlung in Panelebene Juli 1999 für alle Tage

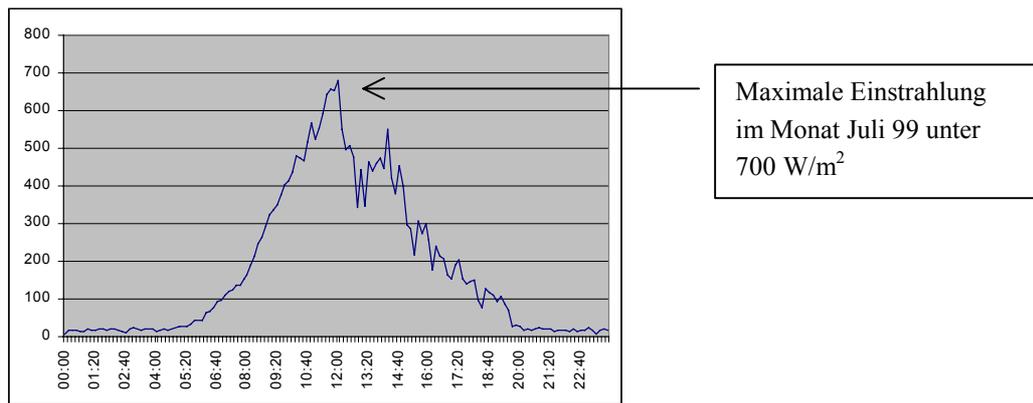


Abbildung 5-5: Strahlung in Panelebene am 24. Juli bei max. Einstrahlung

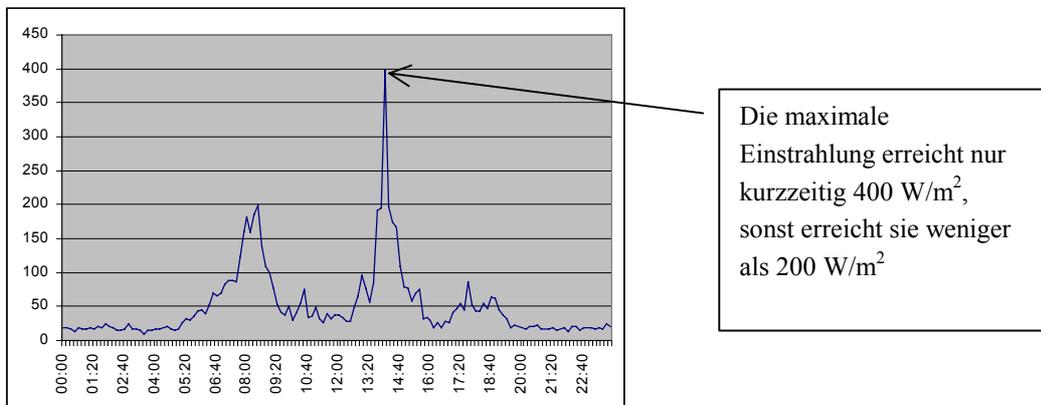


Abbildung 5-6: Strahlung in Panelebene am 6. Juli bei minimaler Einstrahlung

6 Interpretation der Messresultate

Die Resultate hängen ab von vielen Einflussgrössen mit unterschiedlicher Gewichtung. Wenn im Folgenden versucht wird eine Interpretation vorzunehmen, so erfolgt diese aufgrund der Kenntnisse der Anlage, der Messeinrichtung und der örtlichen Gegebenheiten. Die Interpretation kann aber nicht den Anspruch erheben im wissenschaftlichen Sinne genau zu sein, da dazu umfangreiche Versuche und Abklärungen notwendig wären die den Rahmen des Projektes sprengen würden.

6.1 Erwartungen

Bei der Planung der PV-Anlage und der dazu notwendigen Messeinrichtung bestanden bezüglich der Einstrahlung und der daraus resultierenden Erträge hohe Erwartungen. Man sprach von Einstrahlungswerten die dank der Reflexion, insbesondere von schneebedeckten Berghängen, bis zu 150% der direkten Sonneneinstrahlung betragen sollten.

Begründet wurde dies hauptsächlich wie folgt:

- grosse Höhe über Meer mit entsprechend starker Einstrahlung (Rothorn Gipfel 2865 m.ü.M.).
- günstige Exposition (die Gebäudefassade weist gegen Süden)
- günstige Wetterbedingungen (Gipfel über den Wolken)
- im Winter: Reflexionen der Schneedecke der umliegenden Berghänge verstärken die Einstrahlung

Die hohen Erwartung führten auch dazu, dass z.B. die zwei Wechselrichter überdimensioniert wurden. Die relativ hohen Wechselrichterverluste sind vermutlich auf diese Überdimensionierung zurückzuführen.

Die Messungen haben nun aber ergeben, dass die maximale Einstrahlung in Panelebene deutlich unter 1000W/m^2 blieb und die zugehörigen Erträge dementsprechend geringer ausgefallen sind als erwartet.

6.2 Einfluss der Exposition

Die Solarpanels sind senkrecht an der gegen Süden ausgerichteten Fassade montiert. Die senkrechte Montage erklärt die Tatsache, dass die Einstrahlung im Winter (bei tiefem Sonnenstand) grösser ist als im Sommer (bei hohem Sonnenstand).

Der Einfluss der Reflexion von benachbarten schneebedeckten Berghängen im Winter ist wesentlich geringer als ursprünglich angenommen. Der Standort auf der Bergspitze mit rundum abfallenden Flanken verunmöglicht ein Zurückwerfen der Sonnenstrahlen von nahegelegenen Berghängen. Auch trägt die vorgelagerte Terrasse im Winter kaum etwas zur Erhöhung der Einstrahlung bei, da sie nach einem Schneefall sofort vom Schnee geräumt wird, um von den Touristen als Aussichtsplattform genutzt zu werden.

6.3 Einfluss des Standortes

Mit 2865 m.ü.M ist der Standort bezüglich der maximalen Strahlungsintensität günstig. Die ausgesetzte Lage mit extremen Windgeschwindigkeiten von bis zu 200km/h (Maximalwert nach Auskunft der Rothornbahn AG) und Umgebungstemperaturen von bis zu minus 25°C stellen harte Anforderungen an die PV-Panels. Da die PV-Panels Teil der Gebäudefassade sind, traten keine Probleme auf bezüglich Bedeckung mit Schnee.

6.4 Einfluss der Witterung

Als Witterungseinflüsse kommen folgende Wetterelemente in Frage

Wolken: Auch bei schönem Wetter treiben sich ab und zu Wolken um den Gipfel des Rothorns. Meist sind es harmlose Quellwolken welche die Sonne abdecken. Bei schlechtem Wetter steckt der Gipfel oft im dichten Nebel, was die diffuse Strahlung erhöht, aber die Energieproduktion dennoch reduziert.

Temperatur: Die mittlere Umgebungstemperatur ist durchwegs tief

Belag durch Reif, Schnee oder Eis: Die Bedeckung mit Reif, Schnee oder Eis kann die Energieproduktion stark beeinträchtigen. Das Beispiel vom 6. Juli zeigt, dass auch im Sommer starke Einbrüche auftreten können, die sich am plausibelsten erklären lassen durch schlechtes Wetter, verbunden mit z.B. einem Reifbelag. Am 6. Juli 1999 stieg die Temperatur nie über minus 5 Grad, sodass ein solcher Belag durchaus im Bereich des Möglichen lag.

Grosser Schneefall Ende Februar 1999: Die guten Strahlungswerte vom März 1999 wurden dadurch unterstützt, dass im ganzen Gebiet überdurchschnittlich viel Schnee lag, der die Sonnenstrahlen nach allen Seiten reflektierte. Ob ein solcher Effekt wirksam war und wenn ja wie stark ist schwer abzuschätzen. Tatsache jedoch bleibt, dass der Monat März der ertragreichste war im Jahr 1999.

6.5 Schlussfolgerungen

Die Messungen haben gezeigt, dass das lokale Wetter (Wolken über dem Gipfel) einen grossen Einfluss auf den Ertrag hat. Die positive Wirkung von reflektierenden Schneeflächen darf nicht überschätzt werden. Sie liefert auf einem Gipfel kaum einen nennenswerten Beitrag.

Interessant ist, dass die maximale Energieproduktion im Frühjahr und im Herbst erfolgt (mit einem Maximum im Frühjahr), eine Tatsache, die auch auf dem Jungfraujoch festgestellt worden ist. Möglicherweise sind im Frühjahr und Herbst die atmosphärischen Bedingungen besser als im Sommer, wenn gelegentlich eine Dunstschicht einen Teil des Sonnenlichtes abdeckt und dadurch die längere Sonnenscheindauer offenbar mehr als kompensiert.

Obwohl die hochgesteckten Erwartungen bezüglich Ertrag nicht erfüllt worden sind, kann eine positive Bilanz gezogen werden. Der Nutzen solcher Anlagen besteht nicht nur in der Anzahl produzierter kWh, sondern auch darin, dass Erfahrungen und Erkenntnisse gewonnen werden. Die PV-Anlage auf dem Rothorn ist zwar technisch interessant und architektonisch gefällig realisiert, aber in Bezug auf die produzierte Energie bestimmt kommerziell nicht lohnend. Wenn man bedenkt, dass in der Küche der Bergrestaurants vier Friteusen à je 10kW Leistung installiert sind, um im Winter eiligen Skifahrern in wenigen Minuten heisse Pommes-Frites servieren zu können, dann muten die vier kWp der Gebäudefassade äusserst bescheiden an. Trotzdem lohnt sich der Aufwand, da von solchen Anlagen eine Signalwirkung ausgeht für die nachhaltige Entwicklung der Nutzung der Sonnenenergie.

6.6 Lehren und Erfahrungen

Das vorliegende Projekt darf in mehrfacher Hinsicht als ein spezielles Projekt betrachtet werden. Wenn im Folgenden ausschliesslich kritische Punkte angesprochen werden bei denen Probleme aufgetaucht sind, darf daraus nicht der Schluss gezogen werden, es seien überwiegend negative Erfahrung gemacht worden. Im Gegenteil, vor allem im Bereich Kompetenzaufbau konnten viele wertvolle Erfahrung gemacht werden. Auch machte die Zusammenarbeit mit positiv motivierten Mitarbeitern von Behörden und Firmen Spass und brachte wertvolle Kontakte.

- **Lange Projektdauer mit vielen Verzögerungen:** Das Projekt hat gelitten unter vielen Verzögerungen, verursacht teilweise extern durch einen verspäteten Beginn und teilweise intern durch viele personelle und organisatorische Veränderungen. Der schleppende Verlauf und auch finanzielle Beschränkungen (es war nicht möglich, zusätzliche Leute einzustellen oder Arbeiten auszulagern) haben die Arbeit erschwert und sogar zu Mehrarbeit geführt.

Konsequenz: Projekte realistischer planen und konsequenter durchziehen.

- **Einbindung von Semester- und Diplomarbeiten:** Der Nutzen von Semester- und Diplomarbeiten bei solchen Projekten ist unbestritten. Wie fast immer bei solchen Arbeiten benötigen sie eine umfassende Nachbearbeitung, wenn sie in der Praxis verwendet werden sollen. Wir haben diese Nachbearbeitung eindeutig unterschätzt. Natürlich waren die von den Studenten eingebrachten Ideen kreativ und gut zu gebrauchen. Aber das Einbinden in ein grösseres Projekt erfordert eine umfassende Überarbeitung, vor allem wenn zusätzlich noch Assistenten und auch externe Personen (z.B. Rothornbahn AG für die Montage) beteiligt sind.

Konsequenz: Mehr Zeit einplanen für die Nachbearbeitung

- **Projektmanagement:** Das Projektmanagement war ungenügend. Es wurde zuwenig Zeit aufgewendet für die Planung und Koordination der Arbeiten. Hauptsächlicher Grund dafür war die Überlastung mit anderen Tätigkeiten (Unterricht, administrative Arbeiten, grosser Aufwand im Zusammenhang mit den vielen Änderungen an der HTW Chur).

Konsequenz: bei zukünftigen Projekten muss dem Projektmanagement mehr Beachtung geschenkt werden. Die für das Projekt aufzuwendende Zeit darf nicht zu optimistisch eingeschätzt werden.

- **Veränderungen an der HTW Chur:** Die damalige HTL hat sich in der Zwischenzeit gewandelt via **Hochschule für Technik und Architektur Chur** in die **Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur**. Diese Umwandlungen haben schulintern sehr viel Zeit und Kraft gekostet. Auch wurden die Zuständigkeiten und Kompetenzen teilweise neu verteilt, was dazu geführt hat, dass in den Übergangszeiten kaum mehr Zeit übrig blieb für das vorliegende Projekt.

Konsequenz: Gegen solche Veränderungen gibt es kein Rezept. Je rascher ein Projekt durchgezogen wird, desto weniger können sich solche Veränderungen auswirken.

- **Veränderungen bei der Rothornbahn AG:** Auch die Rothornbahn AG blieb von Veränderungen nicht verschont. Schon bald nach Projektbeginn hat Herr Roth, Betriebsleiter bei der Rothornbahn AG und treibende Kraft seitens der Bergbahn für die Belange der Photovoltaik, seine Stelle gekündigt. Auch der Direktor der Rothornbahn AG, Herr Tischhauser, mit dem wir die Zusammenarbeit vereinbart haben, hat nach Turbulenzen im Zusammenhang mit der Fusion mit andern Bergbahnen der Region Lenzerheide (Stätzerhornbahnen) seinen Platz geräumt. Um die Zusammenarbeit mit den neuen Verantwortlichen zu verbessern müsste unsererseits erneut und vermehrt informiert und Überzeugungsarbeit geleistet werden. Für den Zugang zu den Installationen und für eine allfällige Mithilfe bei Montagearbeiten ist man auf das Wohlwollen der Betreiber angewiesen. So ist beispielsweise auch nicht geregelt, wer letztlich für den Schaden durch Blitzschlag an unserem PC aufkommen soll (SWISSCOM über deren Schnittstelle unser

PC beschädigt wurde, die Bergbahn in deren Gebäude der Blitz eingeschlagen hat oder die HTW Chur deren Projekt es ist).

Konsequenzen: Die Zusammenarbeit ist mittels Absichtserklärungen geregelt worden. Dies funktioniert nur solange gut als die zuständigen Personen an den betreffenden Stellen tätig sind. Besser wäre ein Vertrag gewesen der die strittigen Fragen klar regelt. In Zukunft werden an der HTW Chur solche Projekte im Rahmen des Technologie Transfers über ein Institut abgewickelt. Dazu gehört auch der Abschluss von entsprechenden Verträgen.

- **Technische Probleme:** Das Projekt hat technisch gesehen keine grösseren Probleme bereitet. Trotzdem waren bei der Datenübertragung einige Knackpunkte zu lösen. Die Hauptschwierigkeit bestand darin, mit der SWISSCOM zusammen die korrekte Parametrierung ihrer Hardware einzustellen für den Betrieb der Standleitung über Glasfaserkabel und RS-232 Schnittstelle vom Rothorn Gipfel zur Mittelstation.

Verwendung eines PC's anstelle eines Datenloggers: Für die Durchführung der Semester- und Diplomarbeiten war die Verwendung eines PC's eine gute Wahl. Auch hat sich die Warnung, der PC falle im Schnitt alle Jahre einmal aus, zum Glück nicht bewahrheitet. Der einzige Ausfall den wir zu beklagen hatten war ein PC-Netzteil, das wir problemlos ersetzen konnten. Aber eine andere Schwierigkeit hat uns mehr Sorgen bereitet als erwartet. Während der langen Projektdauer hat das Betriebssystem Windows gewechselt von Version 3.11 bis zu Windows 2000. Auch die Rechnerhardware entwickelte sich vom Intel Prozessor 386 bis zum Pentium III Prozessor. Die HTW Chur hat diese Entwicklung mitgemacht. Wenn nun am bestehenden Rothorn-PC etwas zu ändern ist oder wenn Ersatzteile gebraucht werden, beginnen die Probleme. Auf der alten Maschine läuft nur die alte Software und niemand möchte sich mit dem alten Gerät noch abmühen. Zudem sind die alten Softwareversionen teilweise nicht mehr verfügbar und werden auch nicht mehr unterstützt. Somit müsste man eigentlich den Rechner samt Software ersetzen, was aber wieder ein finanzielles Problem darstellt, ganz zu schweigen von den Problemen die zu lösen wären bis die alte Software umgeschrieben ist auf den neuen Rechner.

Konsequenz: Beim Einsatz eines PC's als Datenlogger muss sehr sorgfältig in Erwägung gezogen werden wie vorzugehen ist, wenn Änderungen zu machen sind oder wenn der PC einen Defekt erleidet. Für einen Langzeiteinsatz dürfte der gute alte Datenlogger die bessere Lösung sein.

Blitzschlag: Ein Blitzschlag hat über die Kommunikationseinrichtung von SWISSCOM die RS-232 Schnittstelle auf dem Motherboard unbrauchbar gemacht. Wir waren von der Annahme ausgegangen, die SWISSCOM schütze ihre Anlagen und wir hätten somit von der Seite nichts zu befürchten.

Konsequenz: In blitzschlaggefährdeter Umgebung ist für alle Verbindungen Potentialtrennung zwingend notwendig.

- **Zusammenarbeit mit Dritten:** Bei der Zusammenarbeit mit Firmen die finanziell nicht auf Rosen gebettet sind (Bergbahnen, Solarbranche) ist eine klare offene Absprache darüber wer welche Leistungen erbringt sehr wichtig. Wie haben die Erfahrung gemacht, dass gelegentlich die Meinung vorherrscht, die Fachhochschulen hätten viel freie Kapazität (unterrichtsfreie Zeit = Freizeit) und da sei vieles gratis zu haben.

Konsequenz: Karten offen auf den Tisch legen, faire Lösungen suchen, klare Abmachungen treffen. Durch den neuen Institutsbetrieb sind unsererseits die Voraussetzungen dafür geschaffen.

7 Nutzen

Wir sind überzeugt, dass das vorliegende Projekt für die HTW Chur, für die Rothornbahn AG und für die interessierte Öffentlichkeit einen Nutzen gebracht hat, der den Aufwand rechtfertigt. Im folgenden werden die wichtigsten Punkte aufgeführt welche zum Nutzen beigetragen haben.

7.1 Semester- und Diplomarbeiten

An der Abteilung Prozess-/Anlagentechnik konnten im Zusammenhang mit der Visualisierung je eine Semester- und eine Diplomarbeit durchgeführt werden.

- **Semesterarbeit 1996** der Klasse EEA9
Anwendungssoftware Rothorn (Lit. [2])
- **Diplomarbeit 1998** von Herrn Michael Stang und Herrn Roman Hepberger:
Visualisierung der PV-Anlage „Rothorn“ und Kommunikation zur HTA Chur (Lit. [1])

Die Studenten bzw. Diplomanden machten begeistert mit, da ein praktischer Nutzen ersichtlich war und weil die erneuerbare Sonnenenergie ein aktuelles Thema ist.

Wie das bei den Semester- und Diplomarbeiten üblich ist, konnten die Resultate nicht ohne Nachbearbeitung für das vorliegende Projekt übernommen werden. Trotzdem bildeten die erarbeiteten Resultate einen wertvollen und substantiellen Beitrag.

7.2 Ausbildung

Im Rahmen des Faches „Systeme der Energiewandlung“ wird unter anderem die Umwandlung von Strahlungs- in elektrische Energie behandelt. Eine praktische Anwendung bildet die Photovoltaik. Sie ist Teil eines Moduls in der Ausbildung der Studenten an der Abteilung Prozess-/Anlagentechnik, Fachbereich Energie.

Durch die Bearbeitung des vorliegenden Projektes konnten wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich als Anwendungsbeispiel nutzbringend verwenden für den Unterricht.

7.3 Akzeptanz beim Publikum

Die Reaktionen bei den Touristen lassen auf ein reges Interesse der Besucher an der Anlage schliessen. Die Visualisierung wurde von vielen beachtet, besonders während den Wartezeiten bis zur Abfahrt der nächsten Gondel. Die Angestellten der Rothornbahn berichteten, sie seien ab und zu um Auskunft über die PV-Anlage gebeten worden. Darunter gab es Personen mit Sachkenntnis, deren technisch detaillierten Fragen nicht immer vollumfänglich beantwortet werden konnten. Die Mehrzahl der Fragesteller allerdings hatte wenig Ahnung über die Grössenordnungen. Einige waren enttäuscht, dass die Leistung nicht ausreicht für den Antrieb der Bergbahn oder für den Betrieb des Gipfelrestaurants.

Alles in allem kann gesagt werden, dass die Anzeigetafel beim Publikum gut ankommt. Gemessen an den Gesamtkosten für die PV-Anlage ist die Visualisierung ein relativ kleiner Budgetposten und somit eine lohnende Investition im Hinblick auf die Wirkung bei den interessierten Besuchern. Es darf davon ausgegangen werden, dass etliche erst durch die Visualisierung auf die Anlage aufmerksam geworden sind und dass sich der eine oder andere Gedanken über die Sonnenenergie gemacht hat.

7.4 PR-Wirkung für die Rothornbahn AG

Die Mitarbeit der Rothornbahn AG am vorliegenden Projekt war von Anfang an geleitet vom Wunsch, durch die PV-Anlage das Interesse des Publikums zu wecken und dadurch die Rothornbahn bekannt zu machen. Dies ist ohne Zweifel auch gelungen. Zum einen fühlen sich interessierte Besucher angesprochen durch die angezeigten Werte welche die (quantitative) Arbeitsweise der PV-Anlage zeigt. Zum anderen kann die Rothornbahn geltend machen, etwas für die Umwelt zu tun indem sie Sonnenenergie praktisch nutzt.

7.5 Perspektiven

Zur Zeit ist die Visualisierung nicht in Betrieb weil der durch den Blitzschlag entstandene Schaden am PC noch nicht behoben ist. Es wäre wünschenswert, die Messungen wieder aufzunehmen und die Messwerte anzuzeigen, vor allem auch deshalb, weil die Investitionen dafür bereits geleistet worden sind (Hardware + Software) und die Alternative nur ein Abbruch der bereits installierten Mess- und Visualisierungseinrichtung bedeuten würde.

Die Visualisierung gibt keinen Eindruck für die Grössenordnungen. Viele Leute können sich nichts vorstellen unter einer Kilowattstunde und was es bedeutet, wenn an einem Tag z.B. zehn Kilowattstunden Energie erzeugt worden sind. Auch haben die wenigsten eine Ahnung, in welchem Verhältnis die photovoltaisch erzeugte Energie steht zum Energieverbrauch der Bergbahn oder des Gipfelrestaurants. Einerseits ist das gut so, weil sonst der Eindruck aufkommen könnte, der Beitrag der Photovoltaik sei nicht mehr als ein Tropfen auf den heissen Stein (was nicht falsch ist). Andererseits wäre es aber wünschenswert, die Leute zu sensibilisieren dafür, wieviel Energie die selbstverständlich gewordenen Freizeitaktivitäten erfordern.

Aus diesem Grund wäre es sinnvoll, weniger Informationen anzuzeigen und dafür die Bedeutung der angezeigten Informationen hervorzuheben. So würde es unserer Meinung nach genügen, **Temperatur, Strahlung, Leistung und erzeugte Energie** anzuzeigen. Temperatur und Strahlung interessieren allgemein, evtl mit zusätzlichen Meteo-Informationen wie Windstärke, Windrichtung (für Gleitschirmflieger) oder Bewölkung (für Sonnenhungrige). Die momentane Leistung sagt etwas aus über das was sich gerade tut bezüglich Sonnenschein. Sie kann mit der Strahlung in Watt pro Quadratmeter des Pyranometers in Beziehung gebracht werden. Die Energie (z.B. erzeugte Energie in den vergangenen 7 Tagen und/oder am aktuellen Tag) gibt einen Hinweis auf die Produktion oder den Monats- bzw. Jahresertrag.

Wir würden es als sinnvoll erachten, wenn ausgewählte, attraktive und touristisch bekannte Anlagen nicht nur eine lokale Visualisierung erhielten, sondern auch über das **Internet** zugänglich gemacht würden. Es müsste geprüft werden wieviel so etwas kostet und wer für den Internetauftritt verantwortlich zeichnen könnte. Die Kosten dafür müssten die Betreiber der Anlagen, Tourismuskreise, die PV-Industrie, das Bundesamt für Energie und gegebenenfalls andere Nutzniesser unter sich aufteilen.

Visualisierung nicht nur vor Ort, sondern auch im Internet, aber koordiniert, d.h. einheitliches Erscheinungsbild, Vergleichsmöglichkeiten und Zusatzinformationen für die interessierte Öffentlichkeit als Gegenstück zum heute immer mehr ausufernden Informations-Dschungel im Internet, in dem sich nur noch Fachkundige auskennen! Die Voraussetzungen an der HTW Chur für Arbeiten in dieser Richtung wären gegeben durch die enge Zusammenarbeit der Abteilungen Telecom, Information und Dokumentation und Prozess-/Anlagentechnik, Fachbereich Elektrotechnik.

8 Schlusswort

Das Projekt hat sich in die Länge gezogen und war deshalb nicht immer einfach zu leiten. Personelle Wechsel (Studenten, Assistenten und Dozenten) und die Umstrukturierung der Ingenieurschule zur Fachhochschule HTW Chur haben zu Verzögerungen geführt. Vor allem nach längeren Stillstandszeiten brauchte es jeweils eine besondere Anstrengung, um die Arbeiten wieder in Gang zu bringen.

Trotz allen Schwierigkeiten kann eine positive Bilanz gezogen werden. Die nachhaltige Wirkung des Projektes wird sich bestimmt über längere Zeit bemerkbar machen. Befriedigend und motivierend waren die Erfolgserlebnisse, wenn wieder ein Projektteil funktioniert hat. Anregend waren auch die Kontakte zu aufgestellten Personen und engagierten Firmen die mit Ideen und Vorschlägen mitgeholfen haben bei der Realisierung.

Studenten, Assistenten, Dozenten und Mitarbeiter der Rothornbahn AG haben viele wertvolle Beiträge geleistet. Bei allen die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben möchte ich mich ganz herzlich bedanken.

Ich bedanke mich insbesondere auch bei der Programmleitung Photovoltaik für das Vertrauen, und die Geduld die uns stets entgegengebracht worden sind. Dank der finanziellen Unterstützung durch das Bundesamt für Energie und der Ermutigung und tatkräftigen Unterstützung durch Herrn Gnos konnte das Projekt erfolgreich zu Ende gebracht werden.

M. Schalcher

Chur, 3. Juni 2002

9 Anhang

9.1 Literatur

- [1] Michael Stang, Roman Hepberger
Diplomarbeit, HTA Chur, Herbst 1998
Visualisierung der PV-Anlage „Rothorn“ und Kommunikation zur HTA Chur
Abteilung Prozess /Anlagentechnik, Fachbereich Energie
- [2] Autorenkollektiv: Jochberg, Fuhrer, Segrada, Alig, Selias, Collenberg, Knobel
Semesterarbeit, HTL Chur, Frühjahr 1995
Anwendungssoftware Rothorn
Abteilung Elektrotechnik, Fachbereich Energietechnik/Leittechnik
- [3] TNC Consulting AG, 8708 Männedorf
Normierte Datenauswertung von Photovoltaik-Netzverbundunterlagen
Tagungsunterlagen vom 17. Mai 1994 an der Ingenieurschule Burgdorf
Förderprogramm Energie 2000
- [4] L. Clavadetscher, A. Frölich, Th. Nordmann, TNC Consulting AG, 8708 Männedorf
Normierte Auswertungen, Messdaten von PV-Netzverbundanlagen
PV-Förderprogrammleitung, Stand 13. Januar 1995 / Vers. 1.03
- [5] Dr. H. Häberlin, dipl. El. Ing. ETH, Professor, Ing. Schule HTL Burgdorf
Ch. Beutler, El. Ing. HTL, Assistent, Ing. Schule HTL Burgdorf
Analyse des Betriebsverhaltens von Photovoltaikanlagen durch normierte
Darstellung von Energieertrag und Leistung (Teil 1 und 2)
Zeitschrift "elektrotechnik", Nr. 6/7 1995
- [6] Dr. H. Häberlin, dipl. El. Ing. ETH, Professor, Ing. Schule HTL Burgdorf
Ch. Beutler, El. Ing. HTL, Assistent, Ing. Schule HTL Burgdorf
Energieertrag hochalpiner, netzgekoppelter Photovoltaikanlagen
Zeitschrift "elektrotechnik", Nr. 9 1996
- [7] Dr. H. Häberlin, dipl. El. Ing. ETH, Professor, Ing. Schule HTL Burgdorf
Ch. Beutler, El. Ing. HTL, Assistent, Ing. Schule HTL Burgdorf
Analyse des Betriebsverhaltens von Photovoltaikanlagen durch Darstellung
von Energieertrag und Leistung
Bulletin SEV/VSE 4/95

- [8] Dr. Heinrich Häberlin, dipl. El. Ing. ETH
Photovoltaik
AT Verlag Aarau, Schweiz, 1991
ISBN 3-85502-434-0
- [9] H. Prinz, dipl. El. Ing. ETH, M. Real, dipl. El. Ing. ETH,
S. Kessler, Dipl. Masch. Ing. ETH
Alpha Real AG, 8008 Zürich
Photovoltaik - Grundlagen, Montage und Einspeisung
Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, Juni 1991

9.2 Monats- und Tagesmessungen

PV-Anlage ROTHORN

Monat: Dezember

Jahr: 1998

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m ²	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	6.95	-12.7	34.3	22.21	18.94	1.54	0.80	66	6.95	5.42	4.62
2	4.86	-13.1	20.8	16.56	13.76	0.82	0.68	69	4.86	4.04	3.36
3	3.61	-13.1	16.2	12.60	10.13	0.54	0.60	68	3.61	3.07	2.47
4	5.85	-13.6	27.5	18.93	16.01	1.23	0.71	67	5.85	4.62	3.90
5	1.70	-15.4	-5.0	5.38	3.42	0.39	0.48	49	1.70	1.31	0.83
6	1.54	-15.5	-10.5	4.82	3.07	0.36	0.43	49	1.54	1.18	0.75
7	1.77	-15.7	-13.3	5.85	3.90	0.35	0.48	54	1.77	1.43	0.95
8	7.06	-16.3	23.1	23.48	20.03	1.33	0.84	69	7.06	5.73	4.89
9	4.83	-16.0	24.1	16.09	13.32	0.91	0.68	67	4.83	3.93	3.25
10	1.37	-9.0	7.6	4.53	2.96	0.27	0.38	53	1.37	1.10	0.72
11	1.38	-8.4	3.5	4.69	3.02	0.24	0.41	53	1.38	1.14	0.74
12	2.95	-13.0	16.9	9.13	6.92	0.73	0.54	57	2.95	2.23	1.69
13	3.60	-11.9	25.7	10.42	8.42	1.06	0.49	57	3.60	2.54	2.05
14	1.59	-11.8	6.3	4.88	3.09	0.40	0.44	48	1.59	1.19	0.75
15	4.49	-11.5	31.9	14.53	11.97	0.95	0.62	65	4.49	3.54	2.92
16	3.94	-11.0	29.5	12.61	10.13	0.87	0.60	63	3.94	3.07	2.47
17	5.01	-10.8	25.1	17.23	13.82	0.81	0.83	67	5.01	4.20	3.37
18	4.89	-9.9	35.0	14.82	12.33	1.27	0.61	62	4.89	3.61	3.01
19	2.12	-10.0	16.0	6.31	4.38	0.58	0.47	50	2.12	1.54	1.07
20	2.01	-11.4	5.4	5.89	4.34	0.58	0.38	53	2.01	1.44	1.06
21	0.97	-12.3	-9.5	2.05	0.91	0.47	0.28	23	0.97	0.50	0.22
22	3.83	-14.1	16.1	12.69	10.18	0.73	0.61	65	3.83	3.10	2.48
23	6.55	-13.8	34.4	20.58	17.47	1.53	0.76	65	6.55	5.02	4.26
24	1.05	-13.1	-3.3	2.35	0.92	0.48	0.35	21	1.05	0.57	0.22
25	6.68	-13.3	32.3	21.25	18.06	1.50	0.78	66	6.68	5.18	4.41
26	3.40	-12.9	24.1	11.15	8.97	0.68	0.53	64	3.40	2.72	2.19
27	3.31	-12.0	19.8	10.51	8.33	0.75	0.53	61	3.31	2.56	2.03
28	5.58	-11.3	22.6	18.32	15.35	1.11	0.72	67	5.58	4.47	3.74
29	5.00	-11.4	21.1	16.40	13.71	1.00	0.66	67	5.00	4.00	3.34
30	6.80	-11.4	31.9	21.79	18.53	1.49	0.80	66	6.80	5.31	4.52
31	2.16	-12.4	3.0	6.87	5.01	0.48	0.45	57	2.16	1.68	1.22

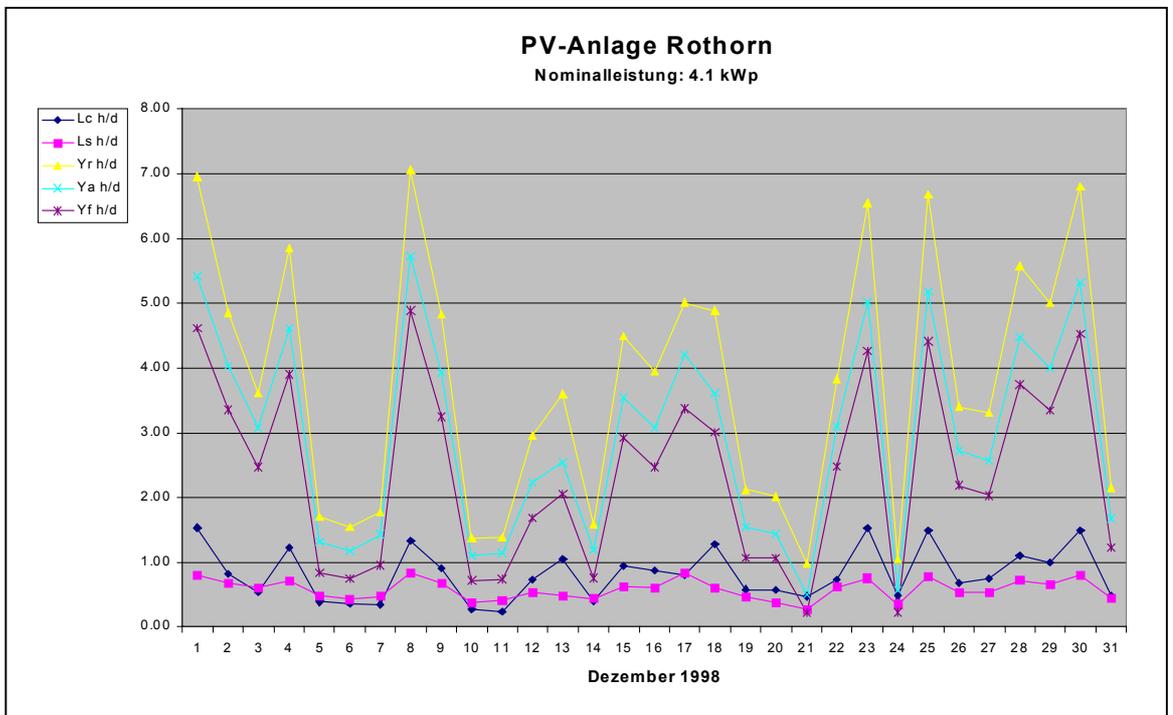
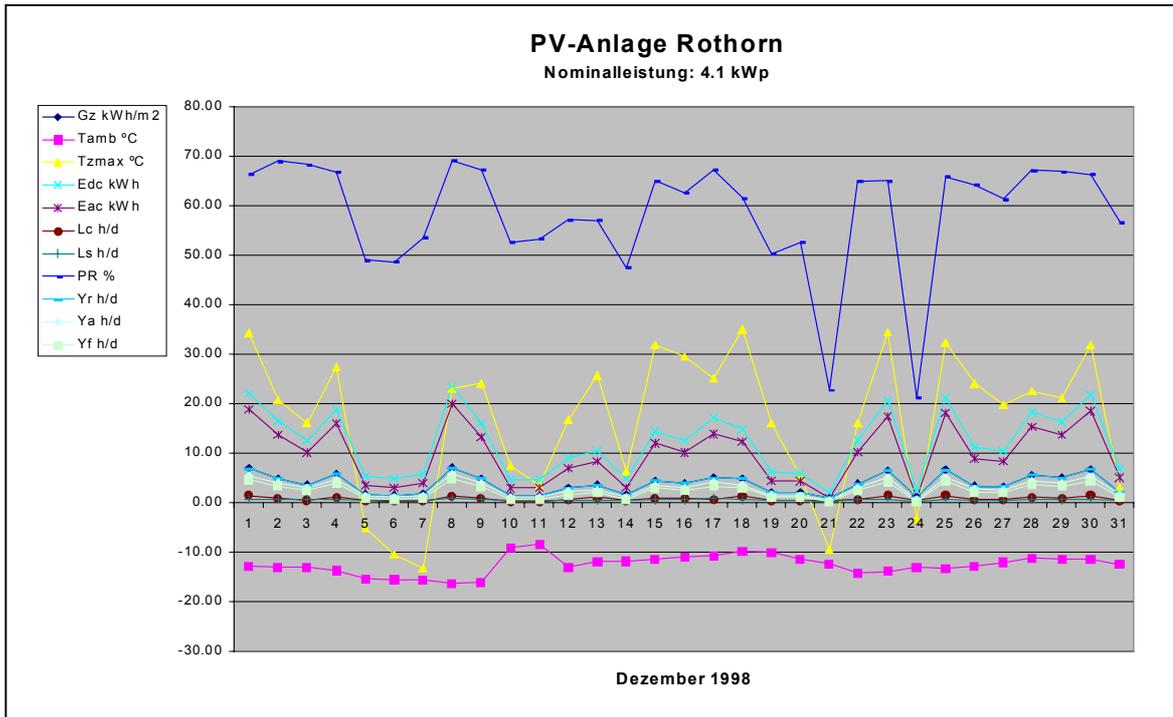
Monatsdaten:

mw	3.77	-12.52	16.54	12.09	9.72	0.82	0.58	62.9	3.77	2.95	2.37
----	------	--------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------

Total

301.40 kWh/mt

73.511 kWh/mt/kWp



PV-Anlage ROTHORN

Monat: Januar

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m2	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	2.11	-10.4	4.3	6.61	4.67	0.50	0.47	54	2.11	1.61	1.14
2	2.98	-10.3	14.6	9.59	7.46	0.64	0.52	61	2.98	2.34	1.82
3	4.72	-10.6	25.5	15.75	13.06	0.88	0.66	67	4.72	3.84	3.18
4	4.35	-9.2	30.7	13.72	11.24	1.01	0.61	63	4.35	3.35	2.74
5	4.10	-8.2	35.0	13.19	10.60	0.88	0.63	63	4.10	3.22	2.59
6	6.48	-8.2	37.0	20.58	17.42	1.47	0.77	66	6.48	5.02	4.25
7	5.43	-8.1	32.5	17.64	14.68	1.12	0.72	66	5.43	4.30	3.58
8	2.04	-7.9	8.6	6.53	4.61	0.44	0.47	55	2.04	1.59	1.12
9	2.04	-7.9	8.6	6.53	4.61	0.44	0.47	55	2.04	1.59	1.12
10	2.02	-10.0	6.0	6.33	4.46	0.48	0.45	54	2.02	1.54	1.09
11	1.15	-10.4	-5.9	2.96	1.38	0.43	0.38	29	1.15	0.72	0.34
12	4.06	-10.5	11.9	14.13	11.49	0.61	0.64	69	4.06	3.45	2.80
13	2.89	-10.5	-0.5	9.81	7.58	0.50	0.54	64	2.89	2.39	1.85
14	2.81	-9.2	15.6	9.37	7.06	0.52	0.56	61	2.81	2.29	1.72
15	6.71	-10.2	23.1	22.70	19.26	1.18	0.84	70	6.71	5.54	4.70
16	4.82	-11.0	18.8	16.15	13.35	0.88	0.68	68	4.82	3.94	3.26
17	7.09	-11.1	15.8	24.25	20.60	1.18	0.89	71	7.09	5.92	5.02
18	6.13	-10.0	29.2	20.14	16.93	1.22	0.78	67	6.13	4.91	4.13
19	6.95	-9.2	25.4	22.92	19.47	1.36	0.84	68	6.95	5.59	4.75
20	6.97	-8.9	24.3	23.07	19.59	1.34	0.85	69	6.97	5.63	4.78
21	7.11	-8.9	31.2	22.92	19.49	1.52	0.84	67	7.11	5.59	4.75
22	7.11	-8.7	39.6	22.18	18.86	1.70	0.81	65	7.11	5.41	4.60
23	6.19	-8.7	38.1	19.54	16.45	1.43	0.75	65	6.19	4.77	4.01
24	6.08	-9.0	38.3	19.66	16.50	1.29	0.77	66	6.08	4.79	4.02
25	5.76	-9.3	35.9	18.09	15.17	1.35	0.71	64	5.76	4.41	3.70
26	1.89	-9.6	9.6	5.92	3.84	0.45	0.51	50	1.89	1.45	0.94
27	1.84	-10.7	7.0	5.95	4.05	0.39	0.46	54	1.84	1.45	0.99
28	1.24	-11.6	-9.5	3.61	1.83	0.36	0.43	36	1.24	0.88	0.45
29	3.95	-11.7	6.2	11.52	9.00	1.14	0.61	56	3.95	2.81	2.19
30	1.77	-12.3	-17.7	5.14	3.21	0.52	0.47	44	1.77	1.25	0.78
31	7.28	-12.0	19.5	23.40	19.81	1.57	0.87	66	7.28	5.71	4.83

Monatsdaten:

mw	4.39	-9.82	18.02	14.19	11.54	0.93	0.65	64.1	4.39	3.46	2.81
----	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

Total

357.74 kWh/mt

87.254 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN

Monat: Februar

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m ²	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	5.56	-11.6	18.5	18.81	15.68	0.97	0.76	69	5.56	4.59	3.83
2	3.07	-10.3	20.2	10.22	7.85	0.58	0.58	62	3.07	2.49	1.91
3	4.82	-10.5	26.0	15.92	13.07	0.93	0.70	66	4.82	3.88	3.19
4	4.94	-10.9	25.2	16.90	13.89	0.82	0.73	69	4.94	4.12	3.39
5	1.51	-10.8	-6.2	4.84	2.85	0.33	0.48	46	1.51	1.18	0.70
6	1.42	-10.9	-13.2	4.46	2.55	0.33	0.47	44	1.42	1.09	0.62
7	1.73	-11.0	-7.5	5.84	3.70	0.30	0.52	52	1.73	1.42	0.90
8	2.95	-11.1	0.7	10.57	8.00	0.37	0.63	66	2.95	2.58	1.95
9	1.53	-10.9	-11.1	5.35	3.18	0.22	0.53	51	1.53	1.30	0.78
10	3.40	-8.9	7.9	12.09	9.38	0.45	0.66	67	3.40	2.95	2.29
11	2.76	-9.3	-1.7	10.18	7.64	0.28	0.62	68	2.76	2.48	1.86
12	6.56	-9.6	17.8	23.14	19.44	0.91	0.90	72	6.56	5.64	4.74
13	6.68	-9.7	21.3	23.72	19.94	0.89	0.92	73	6.68	5.79	4.86
14	5.41	-9.8	27.7	18.09	14.90	1.00	0.78	67	5.41	4.41	3.63
15	6.81	-9.8	27.7	22.56	19.10	1.30	0.84	68	6.81	5.50	4.66
16	2.39	-10.0	12.4	8.30	5.90	0.36	0.59	60	2.39	2.03	1.44
17	1.76	-9.5	-9.4	6.19	3.96	0.25	0.54	55	1.76	1.51	0.97
18	1.83	-11.3	-6.9	6.28	4.05	0.30	0.54	54	1.83	1.53	0.99
19	2.89	-11.3	16.3	9.53	7.04	0.56	0.61	59	2.89	2.32	1.72
20	2.52	-10.9	15.1	8.02	5.55	0.56	0.60	54	2.52	1.96	1.35
21	2.10	-10.8	2.1	6.48	4.22	0.52	0.55	49	2.10	1.58	1.03
22	1.91	-11.1	-6.2	5.33	3.19	0.61	0.52	41	1.91	1.30	0.78
23	2.12	-11.4	-9.4	5.90	3.67	0.68	0.54	42	2.12	1.44	0.89
24	2.53	-9.1	-2.6	7.93	5.40	0.60	0.62	52	2.53	1.93	1.32
25	8.14	-10.4	28.7	23.16	19.37	2.49	0.92	58	8.14	5.65	4.72
26	7.44	-10.5	34.1	24.48	20.59	1.47	0.95	67	7.44	5.97	5.02
27	6.62	-10.1	21.6	23.04	19.23	1.00	0.93	71	6.62	5.62	4.69
28	6.80	-9.7	35.4	22.37	18.74	1.34	0.89	67	6.80	5.46	4.57
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00

Monatsdaten:

mw	3.86	-10.41	10.16	12.85	10.07	0.73	0.68	63.6	3.86	3.13	2.46
----	------	--------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

Total

282.09 kWh/mt

68.803 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN

Monat: März

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m2	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	5.33	-9.7	29.2	17.32	14.09	1.11	0.79	64	5.33	4.22	3.44
2	2.38	-10.0	6.0	8.00	5.52	0.42	0.61	57	2.38	1.95	1.35
3	3.13	-10.0	5.5	11.03	8.26	0.44	0.68	64	3.13	2.69	2.01
4	1.50	-10.5	-6.9	4.61	2.39	0.37	0.54	39	1.50	1.12	0.58
5	4.60	-9.7	25.7	16.30	13.14	0.62	0.77	70	4.60	3.98	3.20
6	4.06	-9.6	18.4	14.59	11.47	0.50	0.76	69	4.06	3.56	2.80
7	4.25	-9.6	18.5	15.22	12.15	0.53	0.75	70	4.25	3.71	2.96
8	5.75	-9.3	5.7	21.16	17.44	0.59	0.91	74	5.75	5.16	4.25
9	4.88	-9.6	9.7	17.54	14.12	0.60	0.84	71	4.88	4.28	3.44
10	5.23	-10.1	16.0	18.67	15.21	0.68	0.84	71	5.23	4.55	3.71
11	6.34	-9.8	32.0	21.40	17.68	1.12	0.91	68	6.34	5.22	4.31
12	7.05	-9.2	37.6	23.06	19.21	1.42	0.94	66	7.05	5.63	4.69
13	6.89	-8.8	26.6	23.51	19.54	1.16	0.97	69	6.89	5.73	4.77
14	5.70	-8.8	30.8	19.05	15.47	1.05	0.87	66	5.70	4.65	3.77
15	7.13	-8.6	38.6	23.20	19.31	1.47	0.95	66	7.13	5.66	4.71
16	7.04	-7.7	35.0	22.91	19.06	1.45	0.94	66	7.04	5.59	4.65
17	7.21	-7.9	27.8	24.06	20.05	1.34	0.98	68	7.21	5.87	4.89
18	7.18	-7.7	26.8	24.10	20.08	1.30	0.98	68	7.18	5.88	4.90
19	2.95	-8.4	5.2	10.39	7.46	0.42	0.72	62	2.95	2.53	1.82
20	3.74	-9.1	9.7	13.96	10.78	0.34	0.77	70	3.74	3.40	2.63
21	4.78	-9.1	23.1	17.40	13.90	0.53	0.85	71	4.78	4.24	3.39
22	6.75	-9.6	20.7	25.35	20.50	0.57	1.18	74	6.75	6.18	5.00
23	4.08	-8.2	16.6	15.29	11.88	0.35	0.83	71	4.08	3.73	2.90
24	7.29	-8.8	31.6	24.41	20.29	1.34	1.00	68	7.29	5.95	4.95
25	7.29	-8.8	31.6	24.41	20.29	1.34	1.00	68	7.29	5.95	4.95
26	3.19	-9.9	7.0	11.05	8.01	0.50	0.74	61	3.19	2.69	1.95
27	3.72	-9.4	19.1	12.79	9.74	0.60	0.74	64	3.72	3.12	2.38
28	4.34	-8.7	22.9	14.32	11.03	0.85	0.80	62	4.34	3.49	2.69
29	7.10	-8.8	32.8	23.04	19.04	1.48	0.98	65	7.10	5.62	4.64
30	6.82	-7.3	33.4	22.10	18.18	1.43	0.96	65	6.82	5.39	4.43
31	6.77	-8.0	36.1	21.40	17.58	1.55	0.93	63	6.77	5.22	4.29

Monatsdaten:

mw	5.30	-9.06	21.70	18.12	14.61	0.89	0.86	67.2	5.30	4.42	3.56
-----------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

Total

452.87 kWh/mt

110.46 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN

Monat: April

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m2	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	6.68	-8.2	36.2	21.13	17.32	1.53	0.93	63	6.68	5.15	4.23
2	4.74	-8.3	32.7	15.40	12.10	0.98	0.80	62	4.74	3.76	2.95
3	5.87	-8.2	33.3	19.03	15.39	1.23	0.89	64	5.87	4.64	3.75
4	4.68	-8.2	31.2	15.35	12.02	0.94	0.81	63	4.68	3.74	2.93
5	6.04	-7.8	34.1	19.44	15.74	1.30	0.90	64	6.04	4.74	3.84
6	5.87	-8.0	33.2	19.02	15.37	1.23	0.89	64	5.87	4.64	3.75
7	2.46	-8.2	9.0	9.02	6.30	0.26	0.66	63	2.46	2.20	1.54
8	3.92	-8.3	10.0	15.31	11.78	0.18	0.86	73	3.92	3.73	2.87
9	6.96	-8.3	30.3	21.13	17.30	1.81	0.94	61	6.96	5.15	4.22
10	6.27	-8.3	34.4	19.46	15.74	1.52	0.91	61	6.27	4.75	3.84
11	3.38	-8.3	20.6	11.21	8.08	0.64	0.76	58	3.38	2.73	1.97
12	3.07	-8.0	4.4	10.62	7.51	0.48	0.76	60	3.07	2.59	1.83
13	5.72	-8.5	26.3	20.72	16.74	0.67	0.97	71	5.72	5.05	4.08
14	6.14	-9.5	13.2	22.62	18.43	0.62	1.02	73	6.14	5.52	4.50
15	3.11	-10.2	-1.8	11.67	8.46	0.26	0.78	66	3.11	2.85	2.06
16	2.95	-9.4	3.6	11.14	7.92	0.24	0.79	65	2.95	2.72	1.93
17	5.84	-9.2	22.8	19.27	15.41	1.14	0.94	64	5.84	4.70	3.76
18	5.56	-10.2	31.8	19.26	15.34	0.87	0.96	67	5.56	4.70	3.74
19	5.94	-7.7	26.0	20.52	16.53	0.93	0.97	68	5.94	5.01	4.03
20	5.15	-7.8	16.3	17.88	14.10	0.79	0.92	67	5.15	4.36	3.44
21	3.15	-8.2	1.5	11.07	7.49	0.45	0.87	58	3.15	2.70	1.83
22	4.82	-8.2	21.3	15.74	12.07	0.98	0.89	61	4.82	3.84	2.94
23	4.83	-8.3	19.6	16.07	12.39	0.91	0.90	63	4.83	3.92	3.02
24	7.67	-8.0	36.6	25.41	20.85	1.47	1.11	66	7.67	6.20	5.09
25	2.02	-3.7	17.1	6.49	5.02	0.44	0.36	60	2.02	1.58	1.22
26	1.54	-3.7	10.2	5.21	3.66	0.27	0.38	58	1.54	1.27	0.89
27	3.29	-8.0	17.7	10.84	7.59	0.64	0.79	56	3.29	2.64	1.85
28	4.21	-8.1	16.3	14.05	10.57	0.78	0.85	61	4.21	3.43	2.58
29	4.88	-8.1	17.1	16.23	12.77	0.92	0.84	64	4.88	3.96	3.12
30	3.57	-8.0	23.9	12.05	8.81	0.63	0.79	60	3.57	2.94	2.15
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00

Monatsdaten:

mw	4.68	-8.09	20.96	15.74	12.29	0.84	0.84	64.1	4.68	3.84	3.00
-----------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

Total

368.80 kWh/mt

89.952 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN

Monat: Mai

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m2	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	3.95	-8.1	27.5	13.23	9.82	0.72	0.83	61	3.95	3.23	2.40
2	4.64	-8.0	31.4	15.05	11.51	0.97	0.86	60	4.64	3.67	2.81
3	4.87	-8.0	22.6	15.75	12.21	1.03	0.86	61	4.87	3.84	2.98
4	3.20	-7.9	13.9	10.89	7.69	0.55	0.78	59	3.20	2.66	1.88
5	2.73	-7.8	19.6	8.80	5.80	0.58	0.73	52	2.73	2.15	1.42
6	2.61	-7.7	13.3	8.57	5.65	0.52	0.71	53	2.61	2.09	1.38
7	4.63	-7.7	29.1	14.37	10.87	1.12	0.85	57	4.63	3.50	2.65
8	1.72	-7.6	5.3	5.40	2.72	0.40	0.65	39	1.72	1.32	0.66
9	5.70	-7.6	24.7	19.23	15.28	1.01	0.96	65	5.70	4.69	3.73
10	4.56	-7.5	20.0	14.62	11.04	1.00	0.87	59	4.56	3.56	2.69
11	3.08	-7.3	12.4	10.33	7.35	0.56	0.73	58	3.08	2.52	1.79
12	2.42	-7.3	14.0	7.99	5.17	0.47	0.69	52	2.42	1.95	1.26
13	4.10	-7.2	23.0	13.39	10.04	0.83	0.82	60	4.10	3.27	2.45
14	2.64	-7.3	19.2	8.64	5.60	0.53	0.74	52	2.64	2.11	1.37
15	3.17	-7.7	28.0	10.31	7.03	0.65	0.80	54	3.17	2.52	1.72
16	4.39	-8.3	28.3	13.71	10.27	1.05	0.84	57	4.39	3.34	2.50
17	2.55	-7.8	9.4	8.61	5.45	0.45	0.77	52	2.55	2.10	1.33
18	3.14	-7.3	13.4	10.04	6.90	0.69	0.77	54	3.14	2.45	1.68
19	1.65	-7.7	3.4	5.33	2.59	0.35	0.67	38	1.65	1.30	0.63
20	3.46	-8.8	14.7	11.86	8.48	0.57	0.82	60	3.46	2.89	2.07
21	3.90	-8.7	6.1	15.46	11.79	0.13	0.89	74	3.90	3.77	2.88
22	3.84	-8.0	12.9	14.29	10.70	0.36	0.88	68	3.84	3.49	2.61
23	5.54	-7.8	32.2	18.24	14.34	1.09	0.95	63	5.54	4.45	3.50
24	4.62	-7.7	32.6	14.94	11.31	0.97	0.89	60	4.62	3.64	2.76
25	3.80	-7.6	35.6	12.94	9.54	0.65	0.83	61	3.80	3.15	2.33
26	4.34	-7.5	35.0	13.68	10.19	1.00	0.85	57	4.34	3.34	2.48
27	3.83	-7.4	19.9	12.59	9.11	0.76	0.85	58	3.83	3.07	2.22
28	2.57	-7.4	27.2	7.84	5.07	0.66	0.68	48	2.57	1.91	1.24
29	4.01	-7.4	28.9	12.23	8.90	1.03	0.81	54	4.01	2.98	2.17
30	3.47	-7.3	26.4	10.78	7.44	0.84	0.82	52	3.47	2.63	1.81
31	2.96	-5.7	27.6	8.91	6.04	0.79	0.70	50	2.96	2.17	1.47

Monatsdaten:

mw	3.62	-7.65	21.21	11.87	8.58	0.72	0.80	57.9	3.62	2.90	2.09
----	------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------

Total

265.92 kWh/mt

64.858 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN

Monat: Juni

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m2	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	3.43	-3.9	30.3	10.08	6.95	0.98	0.76	49	3.43	2.46	1.70
2	3.37	-3.7	22.8	10.67	7.58	0.76	0.75	55	3.37	2.60	1.85
3	4.15	-4.8	19.8	13.18	9.63	0.94	0.87	57	4.15	3.21	2.35
4	5.24	-6.0	32.8	18.19	14.48	0.81	0.91	67	5.24	4.44	3.53
5	3.08	-5.4	14.4	11.48	8.03	0.28	0.84	64	3.08	2.80	1.96
6	0.89	-5.9	0.8	2.12	0.43	0.38	0.41	12	0.89	0.52	0.11
7	2.57	-4.8	11.8	8.41	5.32	0.52	0.75	50	2.57	2.05	1.30
8	4.06	-4.9	32.1	13.40	10.09	0.79	0.81	61	4.06	3.27	2.46
9	4.95	-3.3	22.9	17.75	13.74	0.62	0.98	68	4.95	4.33	3.35
10	1.94	-4.3	14.5	6.00	3.30	0.48	0.66	42	1.94	1.46	0.81
11	3.60	-5.5	19.2	11.90	8.40	0.69	0.85	57	3.60	2.90	2.05
12	2.95	-4.6	20.0	8.78	5.52	0.81	0.79	46	2.95	2.14	1.35
13	2.62	-3.7	20.8	8.21	5.27	0.61	0.72	49	2.62	2.00	1.29
14	3.92	-3.5	23.0	14.36	10.82	0.42	0.86	67	3.92	3.50	2.64
15	3.72	-3.8	20.9	12.49	9.11	0.67	0.82	60	3.72	3.05	2.22
16	2.66	-3.4	21.6	8.46	5.45	0.60	0.73	50	2.66	2.06	1.33
17	2.69	-3.6	26.4	7.84	4.85	0.78	0.73	44	2.69	1.91	1.18
18	1.74	-6.0	10.0	5.10	2.54	0.50	0.63	35	1.74	1.24	0.62
19	2.87	-8.7	14.0	9.89	6.63	0.46	0.79	56	2.87	2.41	1.62
20	4.24	-5.6	23.3	13.40	9.87	0.98	0.86	57	4.24	3.27	2.41
21	3.58	-7.7	24.0	12.76	9.43	0.47	0.81	64	3.58	3.11	2.30
22	3.22	-10.4	10.7	12.10	8.70	0.26	0.83	66	3.22	2.95	2.12
23	3.91	-6.5	24.8	11.57	8.13	1.09	0.84	51	3.91	2.82	1.98
24	3.77	-2.5	28.2	10.75	7.52	1.14	0.79	49	3.77	2.62	1.84
25	3.47	0.0	27.3	9.68	6.60	1.11	0.75	46	3.47	2.36	1.61
26	2.75	-1.8	20.3	8.48	5.74	0.69	0.67	51	2.75	2.07	1.40
27	1.10	-4.2	2.6	2.80	0.94	0.42	0.45	21	1.10	0.68	0.23
28	4.30	-0.9	25.8	14.49	10.95	0.77	0.86	62	4.30	3.53	2.67
29	3.25	-0.8	26.8	10.00	6.86	0.81	0.76	52	3.25	2.44	1.67
30	2.86	-1.1	25.9	8.70	5.96	0.74	0.67	51	2.86	2.12	1.45
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00

Monatsdaten:

mw	3.23	-4.37	20.59	10.43	7.30	0.68	0.77	55.1	3.23	2.55	1.78
----	------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------

Total

218.85 kWh/mt

53.379 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN

Monat: Juli

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m ²	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	3.57	0.7	28.9	10.33	7.18	1.05	0.77	49	3.57	2.52	1.75
2	3.31	3.3	30.5	9.24	6.35	1.06	0.71	47	3.31	2.25	1.55
3	3.30	3.5	33.0	9.52	6.49	0.98	0.74	48	3.30	2.32	1.58
4	3.13	4.6	25.5	9.37	6.31	0.85	0.74	49	3.13	2.28	1.54
5	3.13	1.6	21.4	9.85	6.92	0.72	0.71	54	3.13	2.40	1.69
6	1.22	-1.8	10.3	3.31	1.19	0.41	0.52	24	1.22	0.81	0.29
7	1.85	-3.5	9.1	5.71	2.88	0.46	0.69	38	1.85	1.39	0.70
8	2.36	-4.5	10.9	7.36	4.52	0.56	0.69	47	2.36	1.79	1.10
9	1.93	-3.8	10.4	5.71	3.08	0.54	0.64	39	1.93	1.39	0.75
10	1.73	-2.1	19.5	5.18	2.68	0.47	0.61	38	1.73	1.26	0.65
11	1.64	-1.6	15.3	4.79	2.29	0.47	0.61	34	1.64	1.17	0.56
12	1.62	-1.1	13.0	4.69	2.29	0.48	0.59	34	1.62	1.14	0.56
13	3.02	-0.5	26.5	9.64	6.82	0.67	0.69	55	3.02	2.35	1.66
14	2.00	-2.4	18.3	5.99	3.52	0.54	0.60	43	2.00	1.46	0.86
15	2.97	-2.2	25.1	9.35	6.27	0.68	0.75	52	2.97	2.28	1.53
16	3.49	-1.2	26.6	10.72	7.46	0.88	0.80	52	3.49	2.61	1.82
17	3.52	0.0	32.4	10.13	7.21	1.05	0.71	50	3.52	2.47	1.76
18	3.57	-0.6	34.3	10.76	7.74	0.95	0.74	53	3.57	2.62	1.89
19	3.09	1.3	28.8	9.62	6.45	0.75	0.77	51	3.09	2.35	1.57
20	2.56	1.3	22.1	8.09	5.16	0.58	0.72	49	2.56	1.97	1.26
21	3.76	3.3	29.0	11.67	8.40	0.91	0.80	55	3.76	2.85	2.05
22	2.09	-1.0	21.1	6.22	3.57	0.57	0.65	42	2.09	1.52	0.87
23	2.11	-7.3	8.5	7.24	4.49	0.34	0.67	52	2.11	1.77	1.10
24	4.32	-3.3	28.2	13.81	10.21	0.95	0.88	58	4.32	3.37	2.49
25	3.40	2.8	33.7	9.82	6.88	1.00	0.72	49	3.40	2.40	1.68
26	3.20	1.9	31.8	9.31	6.27	0.93	0.74	48	3.20	2.27	1.53
27	3.55	1.7	36.1	10.86	7.84	0.90	0.74	54	3.55	2.65	1.91
28	1.74	0.9	16.7	5.34	3.16	0.43	0.53	44	1.74	1.30	0.77
29	2.06	0.5	17.1	5.95	3.10	0.61	0.70	37	2.06	1.45	0.76
30	3.77	1.2	35.6	11.45	8.35	0.97	0.76	54	3.77	2.79	2.04
31	4.02	0.6	33.8	12.59	9.35	0.95	0.79	57	4.02	3.07	2.28

Monatsdaten:

mw	2.81	-0.25	23.66	8.50	5.63	0.73	0.70	48.9	2.81	2.07	1.37
----	------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------

Total

174.42 kWh/mt

42.541 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN

Monat: September

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m ²	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
11	4.27	-1.7	38.5	13.63	10.60	0.94	0.74	61	4.27	3.32	2.58
12	5.56	1.5	41.4	17.88	14.56	1.20	0.81	64	5.56	4.36	3.55
13	5.42	-1.3	43.6	17.43	14.14	1.17	0.80	64	5.42	4.25	3.45
14	5.78	-3.6	43.1	18.50	15.14	1.27	0.82	64	5.78	4.51	3.69
15	5.47	-3.0	31.4	18.65	15.22	0.92	0.84	68	5.47	4.55	3.71
16	1.29	-1.0	18.0	3.61	1.68	0.41	0.47	32	1.29	0.88	0.41
17	3.23	-2.3	26.3	10.97	8.37	0.55	0.63	63	3.23	2.68	2.04
18	1.32	-5.3	8.6	4.05	1.88	0.34	0.53	35	1.32	0.99	0.46
19	1.30	-5.1	8.0	3.66	1.71	0.40	0.48	32	1.30	0.89	0.42
20	0.60	-5.9	1.6	0.84	0.15	0.39	0.17	6	0.60	0.20	0.04
21	4.73	-6.3	25.0	16.57	13.40	0.69	0.77	69	4.73	4.04	3.27
22	4.01	-4.1	21.2	13.93	10.92	0.61	0.73	66	4.01	3.40	2.66
23	4.23	-1.9	39.2	14.30	11.27	0.74	0.74	65	4.23	3.49	2.75
24	5.87	-14.2	33.2	19.85	16.37	1.03	0.85	68	5.87	4.84	3.99
25	0.55	-9.1	2.1	0.64	0.01	0.40	0.15	0	0.55	0.16	0.00
26	0.55	-9.0	1.1	0.58	0.02	0.41	0.14	1	0.55	0.14	0.00
27	2.02	-9.6	16.9	7.00	4.64	0.31	0.58	56	2.02	1.71	1.13
28	3.15	-10.8	36.5	11.21	8.73	0.42	0.61	68	3.15	2.73	2.13
29	3.46	-9.6	28.6	12.48	9.80	0.41	0.65	69	3.46	3.04	2.39
30	0.66	-9.4	2.2	1.04	0.16	0.41	0.21	6	0.66	0.25	0.04
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00

Monatsdaten:

mw	3.17	-5.59	23.34	10.34	7.94	0.65	0.59	61.0	3.17	2.52	1.94
----	------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------

Total

158.76 kWh/mt

38.723 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN

Monat: Oktober

Jahr: 1999

Nominalleistung: 4.1kWp

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m ²	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	5.84	-9.0	34.2	20.12	16.68	0.93	0.84	70	5.84	4.91	4.07
2	2.86	-8.8	20.6	9.76	7.41	0.48	0.57	63	2.86	2.38	1.81
3	0.67	-9.7	-0.4	0.99	0.11	0.42	0.22	4	0.67	0.24	0.03
4	5.98	-11.9	40.1	19.68	16.35	1.18	0.81	67	5.98	4.80	3.99
5	5.71	-13.0	35.8	19.91	16.45	0.86	0.84	70	5.71	4.86	4.01
6	5.13	-12.4	35.7	17.36	14.11	0.90	0.79	67	5.13	4.23	3.44
7	6.99	-11.2	34.8	23.16	19.40	1.34	0.92	68	6.99	5.65	4.73
8	6.59	-10.3	35.8	22.19	18.59	1.17	0.88	69	6.59	5.41	4.53
9	6.12	-10.1	36.8	20.41	16.97	1.15	0.84	68	6.12	4.98	4.14
10	5.62	-8.6	38.7	18.88	15.62	1.01	0.80	68	5.62	4.61	3.81
11	6.85	-5.2	41.7	22.70	19.05	1.31	0.89	68	6.85	5.54	4.65
12	5.15	-6.0	40.6	17.19	14.02	0.95	0.77	66	5.15	4.19	3.42
13	4.04	-6.5	39.6	13.47	10.57	0.76	0.71	64	4.04	3.29	2.58
14	7.06	-6.7	40.1	23.66	19.89	1.29	0.92	69	7.06	5.77	4.85
15	5.80	-7.6	41.0	19.55	16.18	1.03	0.82	68	5.80	4.77	3.95
16	6.96	-8.7	41.4	23.20	19.54	1.31	0.89	68	6.96	5.66	4.77
17	6.99	-9.7	41.6	23.42	19.77	1.28	0.89	69	6.99	5.71	4.82
18	3.40	-11.4	19.9	11.89	9.13	0.50	0.67	65	3.40	2.90	2.23
19	5.88	-11.9	37.1	19.95	16.69	1.01	0.79	69	5.88	4.87	4.07
20	2.45	-11.4	13.3	8.25	5.95	0.43	0.56	59	2.45	2.01	1.45
21	0.99	-8.9	1.6	2.34	0.76	0.42	0.38	19	0.99	0.57	0.19
22	4.52	-8.6	21.2	16.28	13.22	0.55	0.75	71	4.52	3.97	3.22
23	1.63	-9.0	14.9	4.89	3.18	0.44	0.42	47	1.63	1.19	0.78
24	0.91	-10.2	-2.0	2.09	0.63	0.40	0.36	17	0.91	0.51	0.15
25	0.62	-8.9	-1.3	0.89	0.03	0.40	0.21	1	0.62	0.22	0.01
26	1.59	-9.1	11.6	4.81	3.11	0.42	0.41	48	1.59	1.17	0.76
27	6.99	-9.5	40.5	23.76	20.19	1.19	0.87	70	6.99	5.79	4.93
28	3.83	-5.2	33.4	13.18	10.46	0.61	0.66	67	3.83	3.21	2.55
29	1.39	-4.3	20.5	3.97	2.35	0.42	0.39	41	1.39	0.97	0.57
30	2.02	-5.7	17.8	6.63	4.71	0.41	0.47	57	2.02	1.62	1.15
31	4.49	-7.0	38.0	15.22	12.33	0.78	0.71	67	4.49	3.71	3.01

Monatsdaten:

mw	4.36	-8.92	27.89	14.51	11.72	0.82	0.68	65.6	4.36	3.54	2.86
-----------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

Total

363.47 kWh/mt

88.651 kWh/mt/kWp

PV-Anlage ROTHORN	Monat: November	Jahr: 1999
Nominalleistung: 4.1kWp		

Tagesdaten:

Tag #	Meteo			Energieertrag		Verluste		Kenngrößen			
	Gz kWh/m2	Tamb °C	Tzmax °C	Edc kWh	Eac kWh	Lc h/d	Ls h/d	PR %	Yr h/d	Ya h/d	Yf h/d
1	6.63	-6.1	28.9	23.69	20.15	0.85	0.87	74	6.63	5.78	4.91
2	3.59	-5.8	25.5	12.62	10.00	0.51	0.64	68	3.59	3.08	2.44
3	1.19	-8.6	4.1	3.32	1.58	0.38	0.43	33	1.19	0.81	0.39
4	3.47	-8.8	22.1	11.45	9.04	0.68	0.59	64	3.47	2.79	2.21
5	1.84	-11.1	8.1	5.46	3.66	0.51	0.44	49	1.84	1.33	0.89
6	0.80	-13.2	-4.3	1.64	0.27	0.40	0.33	8	0.80	0.40	0.07
7	3.73	-13.5	25.9	11.56	9.17	0.91	0.58	60	3.73	2.82	2.24
8	2.00	-13.2	6.7	6.59	4.57	0.39	0.49	56	2.00	1.61	1.11
9	1.59	-14.9	-3.9	5.11	3.14	0.35	0.48	48	1.59	1.25	0.77
10	2.19	-14.4	6.8	7.56	5.43	0.35	0.52	60	2.19	1.84	1.32
11	5.81	-13.3	19.4	19.77	16.61	0.99	0.77	70	5.81	4.82	4.05
12	7.26	-13.8	24.8	24.87	21.33	1.20	0.86	72	7.26	6.07	5.20
13	6.89	-12.9	33.2	23.35	19.93	1.19	0.83	71	6.89	5.70	4.86
14	3.54	-12.3	31.9	11.66	9.18	0.70	0.60	63	3.54	2.84	2.24
15	4.11	-13.1	22.0	14.10	11.40	0.67	0.66	68	4.11	3.44	2.78
16	4.64	-13.0	16.5	16.31	13.35	0.66	0.72	70	4.64	3.98	3.26
17	1.36	-13.8	-7.6	4.35	2.48	0.30	0.46	44	1.36	1.06	0.61
18	3.38	-15.1	12.4	11.56	9.13	0.56	0.59	66	3.38	2.82	2.23
19	2.66	-14.0	1.6	9.52	7.22	0.34	0.56	66	2.66	2.32	1.76
20	7.09	-13.6	14.9	24.94	21.33	1.01	0.88	73	7.09	6.08	5.20
21	1.03	-13.4	-8.5	2.78	1.20	0.35	0.39	28	1.03	0.68	0.29
22	6.03	-13.2	29.7	19.56	16.64	1.26	0.71	67	6.03	4.77	4.06
23	1.31	-13.2	-9.3	3.97	2.24	0.34	0.42	42	1.31	0.97	0.55
24	2.51	-13.0	10.6	6.78	4.88	0.86	0.46	47	2.51	1.65	1.19
25	7.05	-10.2	34.3	21.88	18.67	1.72	0.78	65	7.05	5.34	4.55
26	6.88	-12.1	34.7	22.08	18.85	1.50	0.79	67	6.88	5.39	4.60
27	6.95	-12.3	30.7	22.34	19.08	1.50	0.80	67	6.95	5.45	4.65
28	6.42	-12.2	23.1	21.49	18.26	1.17	0.79	69	6.42	5.24	4.45
29	6.83	-11.9	26.0	22.67	19.38	1.30	0.80	69	6.83	5.53	4.73
30	6.69	-11.7	37.5	21.28	18.16	1.50	0.76	66	6.69	5.19	4.43
0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00

Monatsdaten:

mw	4.18	-12.25	16.58	13.81	11.21	0.81	0.63	65.4	4.18	3.37	2.73
-----------	------	--------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

Total

336.34 kWh/mt

82.033 kWh/mt/kWp

