

Schlussbericht PV P+D, 35715 / 75454, Oktober 2002

AluTec (mod. dép) / AluStand Slopingroof - and façade - mounting - system

ausgearbeitet durch:

Urs Bühler

Urs Bühler energy Systems and Engineering
Seemattstrasse 21 B, 6330 Cham



Effiziente
und saubere
Modulmontage
durch Einlegen
der Module in
die AluTec –
Unterkonstruktion
ohne Einsatz
von Werkzeugen

Zusammenfassung

Die Photovoltaikanlage auf dem Welleternit-Scheunendach ist seit dem 19. April 2000 am Netz und die Erfahrungen des Montagevorganges sowie die Ergebnisse des ersten Betriebsjahres wurden ausgewertet. Die Montage des Solargenerators mittels AluTec- / AluVer-System war hier aus folgenden Gründen von besonderem Interesse:

- Bringt die gewünschte Vereinfachung bei der Generatormontage das geforderte Ergebnis und lässt sich dieses auch auf andere Anlagen übertragen ?
- Kann der Solargenerator-Installateur Montagezeiteinsparungen realisieren und lässt sich eine sehr hohe Arbeitssicherheit erreichen ?

Bei der Anlagenmontage und während des ersten Betriebsjahres waren besonders die folgenden Fragen zu klären:

- Ist die AluVer- / AluTec- Unterkonstruktion einfach auf dem Dach zu montieren und entspricht die Arbeitssicherheit den geforderten hohen Ansprüchen
- Lässt sich der Solargenerator in der gewünschten kurzen Montagezeit auf den Dach verlegen
- Genügen Schnee- und Windlastfestigkeit auch in der Praxis den Anforderungen gemäss SIA160
- Wie verhält sich die Generatorverschmutzungsanfälligkeit während des Normalbetriebes
- Liegen die Solarmodule zuverlässig in den Montageprofilen verankert
- Demonstrationswirkung auf das Besucherpublikum

Hauptergebnisse in einigen Stichworten:

- Die vertikalverlegten AluVer- Unterprofile lassen sich einfach (wie im vorliegenden Projekt mit Welleternitdach) auf dem Dach mittels Stocksrauben verankern. Bei Ziegeldächern hat sich in nachfolgend realisierten Projekten gezeigt, dass eine ebenso einfache Montage mittels Dachhaken geeignet ist.
- Der Solargenerator, bestehend aus 296 Modulen à 110 Wp, mit einer Gesamtleistung von 32,56 kWp wurde von einem Dreimannteam (im Beisein der Presse) innerhalb eines Arbeitstages eingedeckt. Die geforderte kurze Montagezeit konnte eindrücklich bestätigt werden.
- An der Anlagen wurden innerhalb des ersten Betriebsjahres Windgeschwindigkeiten von bis zu 91 km/h gemessen und es konnten keinerlei Schäden oder Verschiebungen festgestellt werden.
- Die Generatorverschmutzung liegt im üblichen Rahmen mit wenig Verschmutzung. Insbesondere konnten in der Praxis keine durch das Montagesystem provozierte weitere Verschmutzung festgestellt werden.
- Während den ersten eineinhalb Betriebsjahren traten bei zwei Modulen Unterbrüche innerhalb der Anschlussdose auf. Diese Defekte hatten jedoch keinerlei Zusammenhang mit der Montageart. Diese wurden durch schlechte Ausgangskontrolle beim Modullieferanten begünstigt.
- Die Platzierung des TouchScreen-Monitors muss sorgfältig abgewogen werden um eine schlechte Lesbarkeit infolge Fremdlichteinfluss vermeiden zu können.

Insgesamt bestätigten die gemachten Erfahrungen, dass mit dem Montagesystem die Anforderungen an ein effizientes Montagesystem erfüllt werden konnten. In der Zwischenzeit wurden schon in den verschiedensten europäischen Ländern Anlagen mit einer Gesamtleistung von hochgerechnet > 3 MWp installiert.

Die einzelnen realisierten Anlage deckten Leistungsklassen von 220 Wp bis >100 kWp ab, was eindrücklich zeigt, dass das System für die verschiedensten Anlagengrössen erfolgreich einsetzbar ist.

Als Weiterentwicklung wird in nächster Zeit das System für den Flachdacheinsatz vorangetrieben. Wir hoffen, dass wir dieselben Systemvorteile ebenfalls für den Flachdachbereich nutzen können.

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichtes verantwortlich.

Abstract

The PV installation on the Profil-eternit roof has been installed and is on the grid since 19th April 2000. Our experience of the mounting process and results of the first year of operation have been evaluated. Mounting the solar generator, using the AluTec / AluVer system, was of special interest for the following reasons:

- Is mounting the generator as simple as desired and is it possible to apply the results to other installations?
- Can solar generator installers save time and is the working environment safe?

In particular, the following questions were to be answered during mounting and the first year of operation:

- Is the AluTec / AluVer construction under the modules simple to mount on the roof and does the working safety fulfil all the requirements?
- Is the solar generator mountable on the roof in the desired short mounting time?
- Does snow and wind stability satisfy the requirements according to standard SIA 160 in practice?
- How much dirt is deposited on the generator during operation?
- Do the modules lie securely in the profiles?
- What effect do the demonstrations have on the visiting public?

Summary of the main results:

- Vertical mounted AluVer profiles will be fixed (as in this project on profil-eternit roof) very simply with long screws. Other completed projects have shown that on tiled roofs the same simple mounting is possible using hooks.
- A team of three skilled workers were able to mount the solar generator consisting of 296 modules each with 110 Wp (total power of 32,56 kWp) in only one working day (in the presence of journalists). The required short mounting time could prove to be very impressive.
- During the first year of operation the wind speeds have been measured attaining a maximum of 91 km/h without appearance of any damage or shifting of modules.
- The deposit of dirt on the generator is in the usual range. In particular, no further deposit was registered as a result of the mounting system.
- During the first year and a half, two modules experienced an interruption in the module wiring in the connecting box. The damage did not have any connection to the type of mounting system. They were caused by bad output controlling during the process of modules production.
- The placement of the touchscreen monitor has to be done carefully to avoid bad readability as a result of sunlight influences.

Experiences with the AluTec mounting system have proved to be successful. The system is simple and very efficient to project and easy to install for the roofer. In the meantime, solar installations in several European countries have been installed with total power of > 3 MWp.

The realized individual installations cover the range from 220 Wp to >100 kWp. Thus, the system is usable in all sizes of installations, for sloping roofs and façades.

Our next project will be to develop the AluTec system for flat roofs and we hope to have the same advantages there.

Inhaltsverzeichnis

<u>Zusammenfassung</u>	1
<u>Abstract</u>	3
<u>1 Ausgangslage</u>	5
<u>2 Beschreibung des AluTec - Montagesystems</u>	5
<u>2.1 Montage Unterkonstruktion</u>	7
<u>2.2 Verlegung der Strangkabel</u>	8
<u>2.3 Einlegen der Module</u>	8
<u>3 Zur Anlagenplanung</u>	9
<u>3.1 Schneelastfestigkeit</u>	9
<u>3.2 Windlastfestigkeit</u>	10
<u>4 Rasterempfehlung für die AluTec – / AluVer – Unterkonstruktion</u>	12
<u>4.1 Abstandsempfehlung der vertikal verlegten AluVer - Profile</u>	12
<u>4.2 Abstand der horizontal verlegten AluTec - Profile</u>	13
<u>5 Erfahrung mit der Anlage</u>	13
<u>5.1 Modultransport auf dem Dach</u>	14
<u>5.2 Modulverschmutzungsanfälligkeit</u>	14
<u>5.3 Windaufkommen am Anlagenstandort</u>	15
<u>5.4 Schneelastfestigkeit und Schneeablagerungen</u>	15
<u>5.5 Modulbewegung innerhalb der AluTec – Auflageprofile</u>	16
<u>5.6 Blitzschutz und Gebäudepotentialausgleich</u>	17
<u>5.7 Anzeigeterminal an der südlichen Aussenwand</u>	17
<u>6 Energetische Auswertung des 1. Betriebsjahres</u>	18
<u>6.1 Jahresertrag Mai 2000 bis April 2001</u>	18
<u>6.2 Interpretation der Ergebnisse aus der Tabelle</u>	18
<u>6.3 Erkennung des Moduldefektes</u>	21
<u>6.4 Ertragshochrechnung</u>	21
<u>7 Anschliessende Arbeiten am Montagesystem und an der Anlage</u>	21
<u>8 Systemweiterentwicklung</u>	22
<u>9 Auswertung nach Abschluss des P&D – Projektes</u>	22
<u>10 Anhang</u>	23
<u>10.1 Anlagenkurzspezifikation</u>	23
<u>10.2 Ergebnisse des 2. Teil-Betriebsjahres bis zum 31. Dezember 2001</u>	23
<u>10.3 Involvierte Firmen und Institutionen</u>	24
<u>10.4 Literaturhinweis</u>	24
<u>10.5 Bildschirmdarstellungsmöglichkeiten des TouchScreen – Terminals</u>	25
<u>10.5.1 Anlagenstatus mit Gesamtenergieertrag (ebenfalls in Englisch abrufbar)</u>	25
<u>10.5.2 Anlagenübersicht mit Informationsmöglichkeit über Anlagenteile</u>	25
<u>10.5.3 Tages- und Jahresertrags – Diagramme</u>	26
<u>10.5.4 Meteodaten mit Tagesgangdiagrammen</u>	27
<u>10.5.5 Info's zu Wartungszwecken, nur für Wartungspersonal zugänglich</u>	28

1 Ausgangslage

Die Erkenntnis, dass die Montage grösserer Photovoltaikanlage auf Schrägdächern bis anhin sehr aufwändig mittels Verschraubung der einzelnen Module realisiert wurde, leitete die Entwicklung eines Montagesystems ein, welches diesbezüglich drastische Vereinfachungen ergeben sollten.

Betreffend Arbeitssicherheit versprach das zu entwickelnde System ebenfalls Vorteile, indem beim Einlegen der Module keinerlei Schraubarbeiten mehr ausgeführt werden müssen und die Module (hauptsächlich bei Grossanlagen) mittels Transporteinrichtung übers Dach zum Verlegeort gebracht werden können.

An der Generalversammlung der **Elektrizitätsgenossenschaft Hünenberg (EGH)** vom März 1999 wurde von dieser der Kredit für eine PV-Solaranlage mit einer Leistung von 32,56 kWp gesprochen. Bei dieser Anlage wurde der **Einsatz des AluTec - Montagesystems** eingeplant und der Antrag für die Unterstützung als P&D-Projekt gestellt. Die **Demonstrationswirkung** wurde von der EGH klar gefordert, denn der Strom wird in das EGH-Netz (als Versorger der Gemeinde Hünenberg) eingespeist. Der Solarstrom wird ohne Erhebung eines Zusatztarifes abgegeben, denn die EGH vertritt den Standpunkt, dass alle am Nutzen einer nachhaltigen Energieversorgung teilhaben werden und dass somit auch alle über den EGH-Energiesparfond an der Anlage beteiligt werden sollen.

Rund ein Jahr später (19. April 2000) ging dann die in der Zwischenzeit geplante und erstellte Anlage im Gemeindegebiet Drälikon ans Netz und speist seither ohne Unterbrechung Strom ins EGH-Versorgungsnetz ein.



Bild 1

PV-Anlage
Mit einer installierten Leistung
von 32,56 kWp

Bauherrschaft
Elektrizitätsgenossenschaft
Hünenberg (EGH)

2 Beschreibung des AluTec - Montagesystems

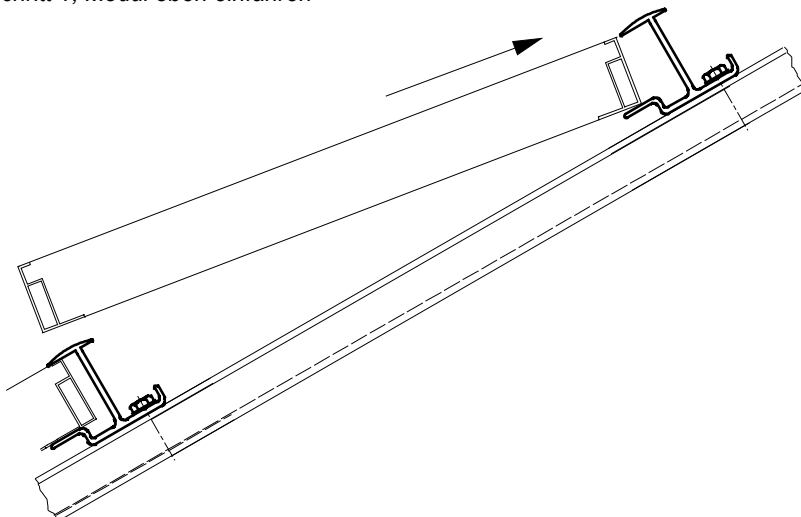
Die Bilder 1 bis 3 in Kapitel 2.3 zeigen direkt die Leitidee für den Einsatz des zu entwickelnden Montagesystems.

Nach der Montage der gesamten Tragkonstruktion können die Module ohne jeglichen Einsatz von Werkzeugen in das System eingelegt und durch Schieben nach unten fixiert werden.

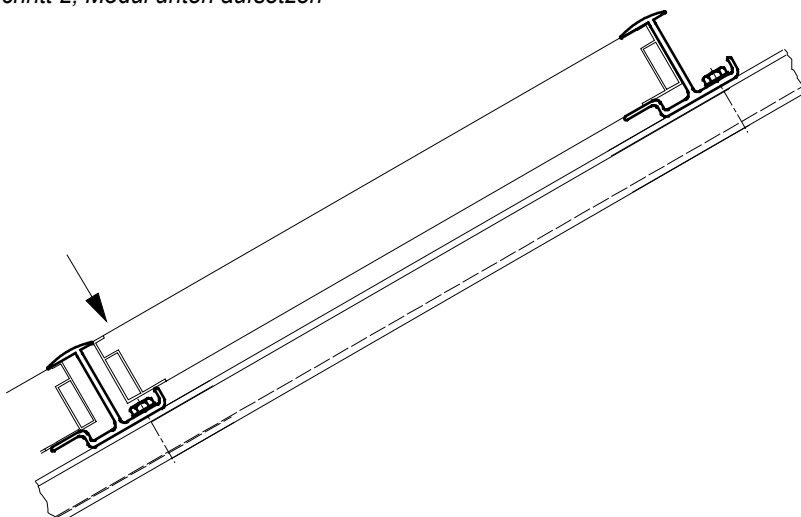
Damit bei der Erstellung der elektrischen Strangverbindungen ebenfalls auf den Einsatz von Werkzeugen verzichtet werden kann, sei den Anwendern empfohlen, die Module direkt vom Modulhersteller mit Anschlusssteckverbindern konfektionieren zu lassen.

Ziel ist also, die Module ohne vorbereitende Arbeiten auf der Baustelle direkt ab Modulfabrikation an den Verlegeort anzuliefern und in die Unterkonstruktion einzulegen. Zusätzlich kann damit die Beschädigungsgefahr von Modulen vermindert werden, da jegliches weitere Handling daran entfällt.

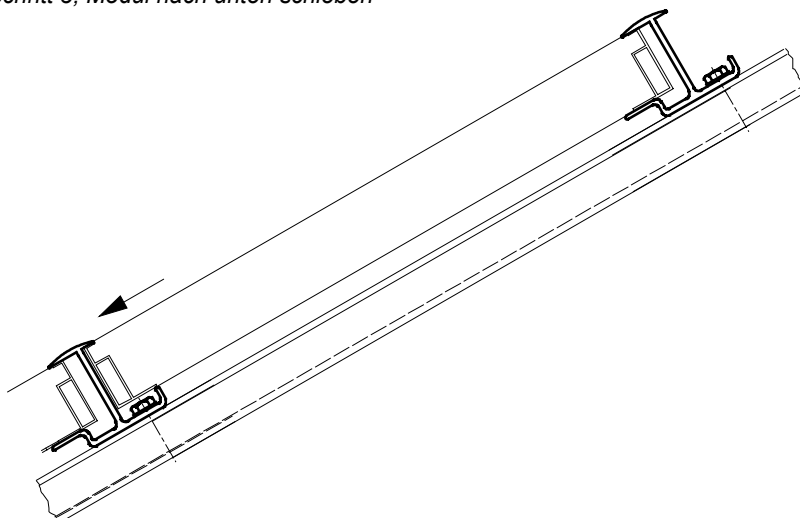
Schritt 1, Modul oben einfahren



Schritt 2, Modul unten aufsetzen



Schritt 3, Modul nach unten schieben



2.1 Montage Unterkonstruktion

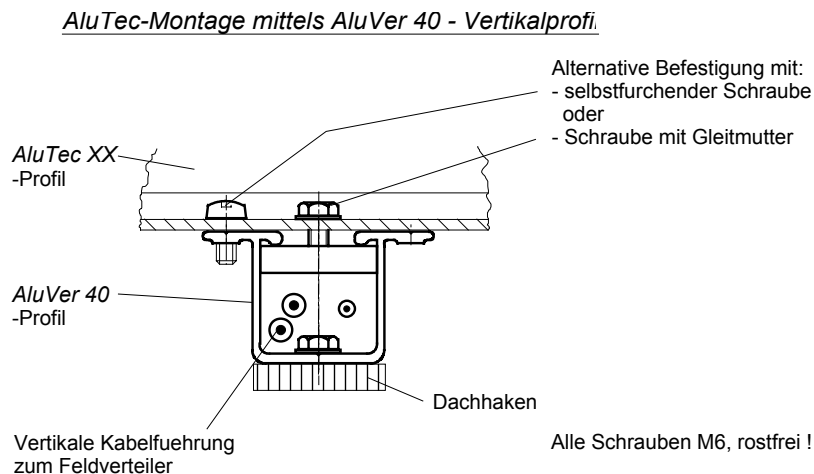
Der Montageaufwand der Unterkonstruktion für sich unterscheidet sich nicht wesentlich von demjenigen anderer Ausführungen.

Der Vorteil der Unterkonstruktion liegt darin, dass auf dem Dach selbst keine Genauigkeit erfordernde Bohrarbeiten ausgeführt werden müssen.

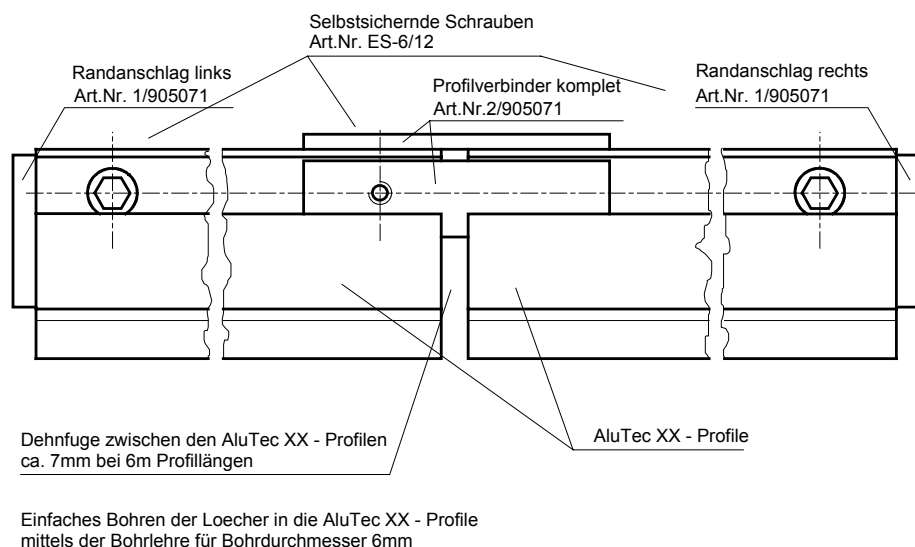
Vorbereitend wird die mechanische Verbindung zum Dach im vorliegenden Fall mittels Stockschrauben, in anderen Fällen mittels Dachhaken, Köberziegeln o. ä. realisiert. Auf diese Befestigungspunkte werden die vertikal verlaufenden AluVer-Profile verschraubt. Bei den AluVer41-Profilen kann das Verbohren entfallen, da diese ebenfalls auf der Profil-Unterseite mit einer Nut versehen sind in welche Sechskant-Schraubenköpfe M8 respektive Vierkannmuttern M8 eingefahren werden können.

Im nächsten Schritt werden die horizontal verlaufenden AluTecXX-Profile darauf verschraubt. Das geschieht bei mehreren Modulreihen, indem zuerst das zuunterst liegende Profil horizontal ausgerichtet, verbohrt und anschliessend mittels Gleitmutter verschraubt wird. Nachfolgend wird jeweils das nächsthöhere Profil verlegt, in dem der Abstand zum untenliegenden Profil mittels Abstandslehre eingestellt und das Profil in bekannter Art verschraubt wird.

Ansicht dieser Schraubverbindung inklusive vertikaler Kabelführung:



Um bei der Unterkonstruktion eventuell erforderliche Profilverbindungen (die Profile können vom Presswerk in Längen bis maximal 7 m angeliefert werden) eine standardisierte Lösung einsetzen zu können, wurden einige Zusatzbauteile entwickelt. Deren Verwendung wird in der folgenden Zeichnung dargestellt:



2.2 Verlegung der Strangkabel

Spätestens im nächsten Schritt werden die Strangkabel verlegt, indem die horizontal verlaufenden Kabel mittels Clips an die AluTec-Profile geklammert werden. Die vertikal verlaufenden Kabel können direkt in die AluVer-Profile eingelegt werden, da diese zum Kabelschutz speziell mit gerundeten Kanten versehen sind. Es kann sogar einfacher sein, die vertikal verlaufenden Kabel vor dem Verschrauben der AluTec-Profile in die AluVer-Schienen einzulegen, um das Durchschlaufen der Kabel vereinfachen zu können.

2.3 Einlegen der Module

Wie in der vorangehenden Zeichnung in Schritten 1 bis 3 gezeigt (siehe Seite 6), werden anschliessend die Module in die AluTec-Profile eingelegt.

Es ist ersichtlich, dass die AluTec-Profile entsprechend den Modultypen, respektive deren jeweiligen Rahmendicken ausgewählt werden müssen. Für alle heute gebräuchlichen Rahmendicken stehen mittlerweile ebenfalls die zugehörigen AluTec-Profile zur Verfügung.

Das Sortiment umfasst zur Zeit die AluTec-Profile für die folgenden, heute gängigen Rahmendicken respektive Modulfabrikate:

Profiltyp	mögliche Modulfabrikate (unvollständig)
AluTec S20	Shell
AluTec 25W	Photowatt
AluTec 32	Unisolar
AluTec 34	Isofoton, GPV
AluTec 35	ASE, SF, Kyocera
AluTec 40	Isofoton-Grossmodul
AluTec 46	Sharp - Grossmodul
AluTec 44	BP
AluTec 50	ASE, Solarex querliegend
AluTec 50W	Solarex hochgestellt (wegen vorstehender Schrauben)

Das Zubehörsortiment ist so ausgestaltet, dass die einzelnen Teile bei allen verwendeten AluTec – respektive AluVer-Profilen zum Einsatz kommen. Das reduziert den Aufwand der Lagerhaltung sowie der Mitarbeiterschulung durch standardisierte Anwendungen.

Für die Zubehörteile kann eine separate Liste abgegeben werden.

In Bildern sieht der Montageablauf folgendermassen aus:



Im Verlaufe der Einführung des Montagesystems wurde eine PowerPoint-Präsentation erstellt, welche zu Schulungszwecken auf Anfrage auf CD-Datenträger abgegeben werden kann.

3 Zur Anlagenplanung

Allgemeiner Hinweis zum Einsatz von standardisierten Montagesystemen:

Es wird immer Aufgabe des Planers sein, für ein spezifisches Projekt die einzelnen zu erwartenden Lasten gemäss SIA 160 zu Ermitteln und die Anlagenkonstruktion entsprechend auszulegen.

Um die Konstruktionsauslegung beim Einsatz des AluTec-Montagesystemes zukünftig für weitere Anwenderkreise zu erleichtern, wird in nächster Zeit eine Excel-Tabelle erstellt. Diese ermittelt die Gesamtgeneratorlasten und hilft dem Planer, die schlussendlich massgebende Anzahl vertikal verlaufender AluVer-Profile sowie die Anzahl zu setzender Dachhaltepunkte festzulegen.

3.1 Schneelastfestigkeit

Bei der Anlage der EGH stellte die Anforderung an die Schneelastfestigkeit selber keine hohen Ansprüche, da die Anlage mit einer Höhe von 410 müM tief liegt und gemäss SIA160 mit Schneelasten von maximal 0.88 kN/m^2 (bei 18° Dachneigung) gerechnet werden muss. Diese Festigkeitsanforderung liegt, wie im nachfolgenden Kapitel ausgeführt, zumindest im Dachrandbereich wesentlich tiefer als die Windlastfestigkeit. Zudem können Druckkräfte im Allgemeinen meistens (wie auch bei dieser Anlage) wegen des Verlaufes der reinen Druckkräfte besser aufgenommen werden als Windsogkräfte.

Das heisst somit, dass eine Überlagerung von gleichzeitiger Schneelast und Winddrücken kaum zu kritischen Belastungen führen werden.

Das Auftreten von gleichzeitiger Schneelast verbunden mit Windsogkräften führt ebenfalls nicht zu kritischen Belastungen, da sich Schneelast und Windsog zum Teil aufheben und die Belastung reduzieren. Genauer zu betrachten ist also im Folgenden die Windlast.

3.2 Windlastfestigkeit

Für die Dimensionierung der Windlastfestigkeit von Gebäudeteilen wie Solaranlagen ist ebenfalls die Norm SIA 160 anzuwenden. Die für die Gebäudegeometrie massgebenden Angaben aus der Norm seien hier zur Erklärung der Windlasten auszugsweise wiedergegeben.

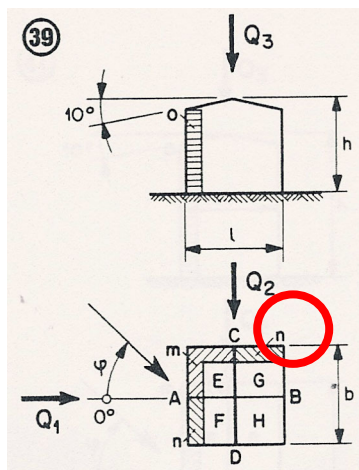


Tabelle 39		Beiwerte für $h : b : l = 1 : 1 : 1$,								Dachneigung 10°							
φ	Lokale Druckbeiwerte																
	C_{qe}								C_{qe}^*			C_{qi}					
	Teilfläche								Teilfläche			Undichtheit vorherrschend auf Fläche					
	A	B	C	D	E	F	G	H	m	n	o	glm.	A	B	C	D	
	0°	0.75	-0.3	-0.75	-0.75	-1.05	-1.05	-0.4	-0.4	-1.7	-1.7	-0.8	-0.3	0.75	-0.35	-0.75	-0.75
15°	0.6	-0.4	-0.5	-0.55	-1.05	-0.9	-0.35	-0.4	-1.7	-1.7	-0.85	-0.2	0.55	-0.4	-0.45	-0.55	
45°	0.4	-0.45	0.4	-0.45	-1.05	-0.6	-0.6	-0.35	-1.9	-1.9	-0.65	± 0.1	0.45	-0.45	0.45	-0.45	
90°	-0.75	-0.75	0.75	-0.3	-1.05	-0.4	-1.05	-0.4	-1.7	-1.7	-0.55	-0.3	-0.75	-0.75	0.75	-0.35	
$\hat{C}_{qe} = -2.0$																	

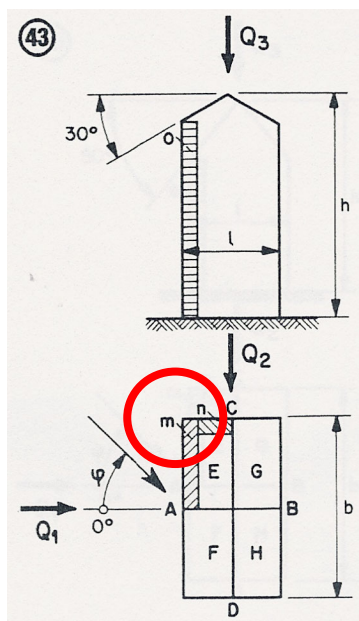
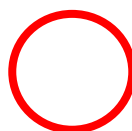


Tabelle **43** Beiwerte für $h : b : l = 2.5 : 2 : 1$, Dachneigung 30°

φ	Lokale Druckbeiwerte															
	C_{qe}								C_{qe}^*			C_{qi}				
	Teilfläche								Teilfläche			Undichtheit vorherrschend auf Fläche				
	A	B	C	D	E	F	G	H	m	n	o	glm.	A	B	C	D
0°	0.8	-0.7	-1.1	-1.1	-0.8	-0.8	-0.55	-0.55	-1.1	-0.8	-1.3	-0.55	0.8	-0.7	-1.1	-1.1
15°	0.6	-0.55	-0.9	-1.0	-0.75	-0.8	-0.55	-0.65	-1.1	-0.7	-1.1	-0.5	0.6	-0.55	-0.9	-1.0
45°	0.4	-0.55	0.5	-0.8	-0.45	-0.65	-0.7	-0.8	-1.0	-0.8	-1.0	-0.1	0.4	-0.55	0.5	-0.8
90°	-0.6	-0.6	0.85	-0.3	-0.9	-0.3	-0.9	-0.3	-1.0	-0.9	-0.5	-0.2	-0.6	-0.6	0.8	-0.3
$\hat{C}_{qe} = -2.0$																

Punkte kritischer Windbelastung

Diese befinden sich entlang der $b/10$ respektive $l/10$ betragen.



Dachkante, wobei diese kritischen Flächen

Das von der EGH genutzte Gebäude hat eine Höhe von 13 m und eine Dachneigung von 18°. Für die Bestimmung der entsprechenden C_{qe} – Werte müssen die beiden obigen Tabellen aus der Norm gewählt werden. Da die Dachneigung mit 18° mittendrin liegt, kann für die Festlegung des maximalen C_{qe} – Wertes einer dazwischen angenommen werden. Des weiteren kann aus der Norm die folgende Grundannahme getroffen und können die entsprechenden Beiwerte bestimmt werden:

Einzusetzender Staudruck maximum $q = 0.72 \text{ kN} / \text{m}^2$ (bei Wiederkehrperiode 10 Jahre)				
Weitere Beiwerte:	Höhenbeiwert	C_h	1,5	(grosse Ebene)
	Reduktionsbeiwert	C_{red}	0.85	($b/h = 1,27$)
	Aussendruckbeiwert	C_{qe}	1,4	(interpol. Aus obigen Tabellen)

Die Gesamtbelastung errechnet sich sodann wie folgt:

Normal auf die Fläche wirkende Kraft $Q = q \times C_h \times C_{red} \times C_{qe}$

Beim vorliegenden Projekt ist somit:
höchstens im Bereich der Dachkante $Q = 0.72 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 1,5 \times 0,85 \times 1,4$
 $= 1,29 \text{ kN} / \text{m}^2$

Im Bereich der restlichen Dachflächen kann aus der Tabelle der Reduktionsbeiwert C_{red} mit maximal 1 angenommen werden.

Das bedeutet, dass dort mit einer maximal auftretenden Belastung von $0,92 \text{ kN} / \text{m}^2$ zu rechnen ist.

Anzumerken bleibt:

- Das die **Belastung auf das Gebäude** selbst durch den Saugdruck auf die Solaranlage nicht erhöht wird, da dieselben Kräfte auch ohne Solaranlage auf das bestehende Dach einwirken würden.
- Dass **die Windlasten auf Solaranlagen wesentlich reduziert** werden können, wenn darauf geachtet werden kann, falls möglich den Solargenerator nicht im Bereich der Dachkanten zu platzieren.
 in diesem Projekt war das nicht möglich, da zur Erreichung der gewünschten Generatorleistung das Dach bis zur Kante hin genutzt werden musste (siehe Bild 1)

Aus dem Grund, dass an der Dachkante mit auftretenden Kräften bis zu $1,29 \text{ kN} / \text{m}^2$ und innerhalb des Dachbereiches bis zu $0,92 \text{ kN} / \text{m}^2$ gerechnet werden muss, wurde bei der Projektierung der Abstand der vertikal verlaufenden AluVer-Profile entsprechend gewählt.

Mit der gewählten Rasterung und einer Generatorgesamtfläche von 256 m^2 werden die einzelnen der insgesamt 132 Befestigungspunkte bei der Anlage mit maximal $2,5 \text{ kN}$ belastet. Diese Befestigungen sind mit Schrauben rostfrei M6 ausgeführt und haben demzufolge eine genügende Reserve mitberücksichtigt.

Aus der Interpretation der SIA – Tabellen kann zudem gefolgert werden, dass bei aufgeständerten Solaranlagen infolge der Hinterlüftung die Sogkräfte weiter reduziert werden, wodurch die zusätzliche Sicherheitsmarge darüber hinaus vergrössert würde.

Eine erste Rasterempfehlung für die Anlagenprojektierung wurde mit dem nächsten Kapitel ausgearbeitet. Für weitere Anwender ist ein Hilfsmittel in Form eines Excel-Formulars in Vorbereitung, welches den Projektierenden unterstützt und weitere Hinweise gibt.

4 Rasterempfehlung für die AluTec – / AluVer – Unterkonstruktion

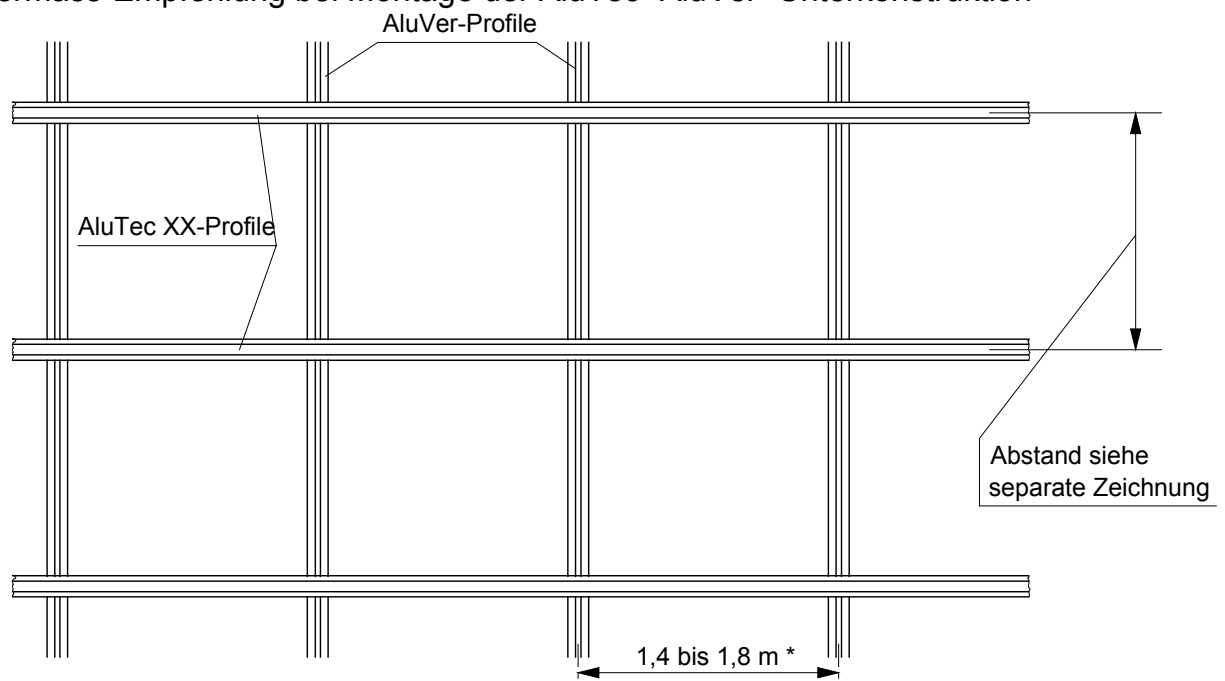
4.1 Abstandsempfehlung der vertikal verlegten AluVer - Profile

Eine Abstandsempfehlung für die AluVer – Profile ist der nachfolgenden Zeichnung zu entnehmen. Der Bemerkung auf der Zeichnung ist Rechnung zu tragen.

Im Lieferprogramm sind Unterlagen verschiedenster Höhen erhältlich, wodurch die Module soweit über das AluVer – Profil angehoben werden können, dass man bei der Abstandswahl die Lage der Anschlussdosen nicht mehr beachten muss.

Für die Abstandswahl ist ebenfalls unbedingt darauf hingewiesen, dass die Abstände bei der Anlagenkonstruktion so gewählt werden, dass die Befestigungspunkte sowie die punktuellen Dachlasten nicht höher als zulässig belastet werden.

Rastermass-Empfehlung bei Montage der AluTec- AluVer- Unterkonstruktion



** Falls die Modulanschlussdosen ueber den Rahmen vorstehen, ist zu beachten, dass diese nicht auf die AluVer - Profile zu liegen kommen. Es kann aber auch die ebenfalls im Lieferprogramm angebotene Unterlage verwendet werden, wodurch man bei der Wahl des Abstandes unabhaengig wird. Oertliche erhoehte Windbelastungen koennen kleinere Anstaende erfordern.*

FlatRoof/AluRaste
26. November 2001 / ubue

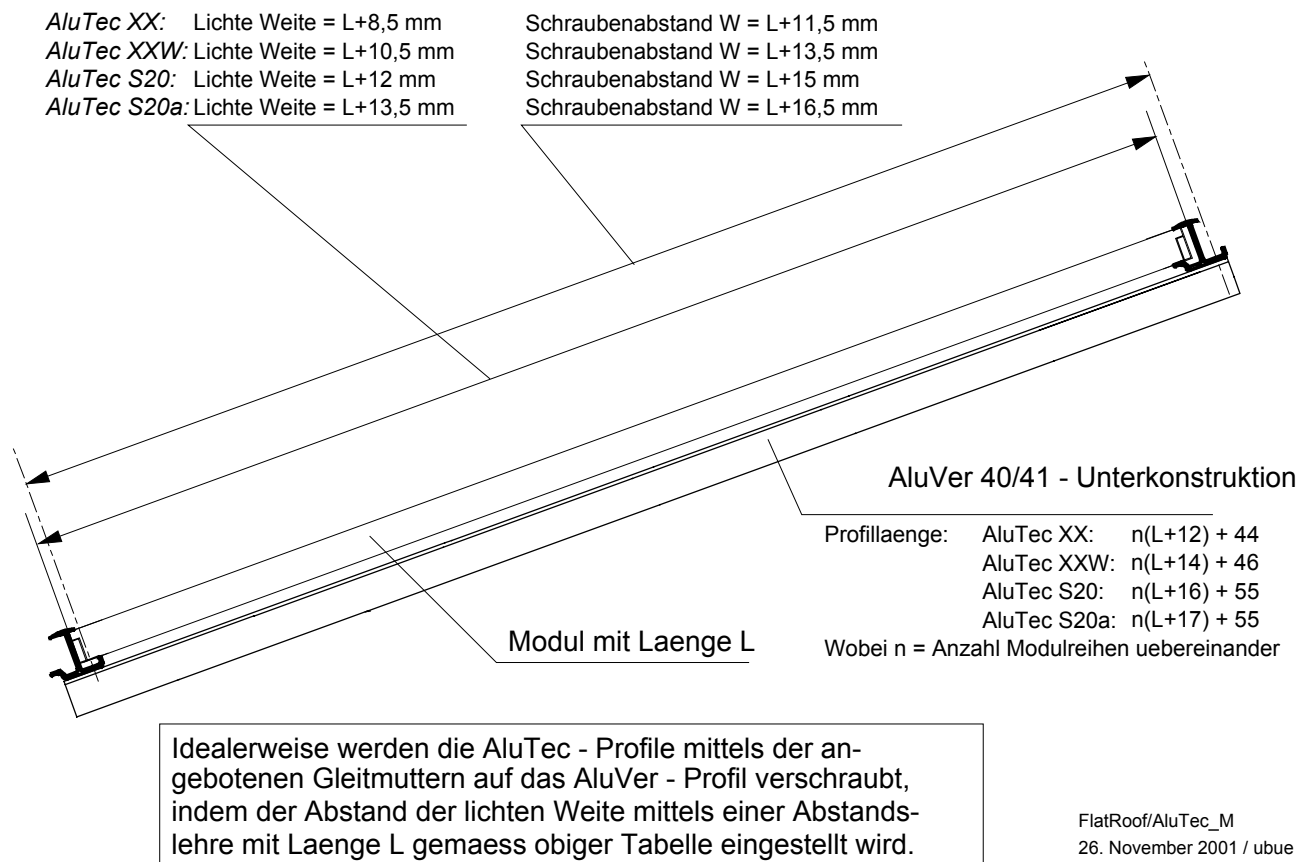
Bei der Festlegung der AluVer – Abstände ist in jedem Fall den örtlich zu erwartenden Windlasten infolge unterschiedlicher Gebäudegeometrien, Gebäudeexpositionen und Abständen des Solargenerators zu den Dachkanten Rechnung zu tragen. Allenfalls muss der AluVer – Abstand (gegebenenfalls nur im Dachrandbereich) zu verkleinert werden.

4.2 Abstand der horizontal verlegten AluTec - Profile

Es sei empfohlen, zu Beginn zuerst das unterste oder oberste AluTec - Profil horizontal und gerade ausgerichtet auf den AluVer – Profilen zu verschrauben.

Anschliessend werden die weiteren AluTec – Profile vorteilhaft unter Zuhilfenahme einer Abstandslehre an das zuvor montierte untere AluTec – Profil angeschlagen und auf dem AluVer verschraubt. Wir weisen darauf hin, dass die AluTec - Profile vertikal übereinander (und damit rechtwinklig zu den AluVer – Profilen) auszurichten sind, sodass nicht nachher Ungenauigkeiten beim endgültigen Einlegen der Module auftreten.

Abstaende bei der Montage der AluTec XX - Profile



5 Erfahrung mit der Anlage

Insgesamt haben sich die Erwartungen an die Entwicklung des Montagesystems vollumfänglich bestätigt. Seit der Einführung des Montagesystems wurden hochgerechnet mittlerweile schon Generatorleistungen von insgesamt > 3 MWp installiert. Die grössten damit realisierten Einzel-Anlagenleistungen betragen > 100 kWp. Es wurden aber auch Kleinanlagen von 220 Wp mit demselben System ausgeführt.

5.1 Modultransport auf dem Dach

Die gemachten Erfahrungen bei der Montage von grösseren Anlagen haben gezeigt, dass der bisherige Modultransport auf dem Dach vom Hebemittel (Dachdeckerlift, Kran) hin zum Verlegeort ebenfalls einen beträchtlichen Aufwand bedeutet. Zudem besteht ein gewisses Gefährdungspotenzial beim Arbeitsablauf der Modulmontage durch das Tragen der Modul-Lasten auf dem Schrägdach. Das hat dazu geführt, dass ein Transportwagen mitentwickelt wurde, welcher direkt auf den fertig verlegten AluTec-Profilen eingehakt wird.

Dieser zusätzlich entwickelte Transportwagen erlaubt den schnellen und gefahrenlosen Transport der Module in vertikaler Richtung über das Dach zum Einsatzort.

Der Wagen steht auch weitem Systemanwendern zur Verfügung.



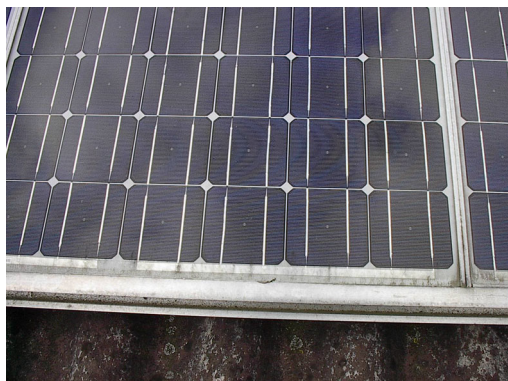
Die Erreichung des Hauptzieles einer effizienten und sicheren Modulmontage konnte klar aufgezeigt werden. Die Montagearbeiten für den Unterkonstruktionsaufbau und die Strangkabelverlegung sind sicher nicht aufwändiger zu veranschlagen als bei den verschiedensten Montagesystemen, da hauptsächlich die Dachdurchführungen ins Gewicht fallen.

Die eigentliche Modulverlegung des Generators mit einer Gesamtleistung von 32,56 kWp, bestehend aus 296 Module à 110 Wp auf zwei Dachhälften, wurde durch ein Dreimannteam im Beisein von Pressevertretern innerhalb eines Tages erledigt. Die dabei erbrachten Arbeiten waren:

- Heben der Module mittels Dachdeckerlift auf die zwei Dachhälften (siehe Bild 1)
- Auspacken der Module aus der Transportverpackung
- Einlegen und verkabeln der Module
- Kontrollmessung der Strangspannungen
- Abräumen der Modulverpackungen und des Dachdeckerliftes

5.2 Modulverschmutzungsanfälligkeit

Bisher konnte visuell keine speziell durch das Montagesystem verursachte Modulverschmutzung festgestellt werden. Um eine relevante Modulverschmutzung messtechnisch als Generatorleistungsabfall feststellen zu können, muss die Anlage nach einer Beobachtungsperiode von z. B. minimum 5 Jahren erneut kontrolliert und gegebenenfalls ausgemessen werden.

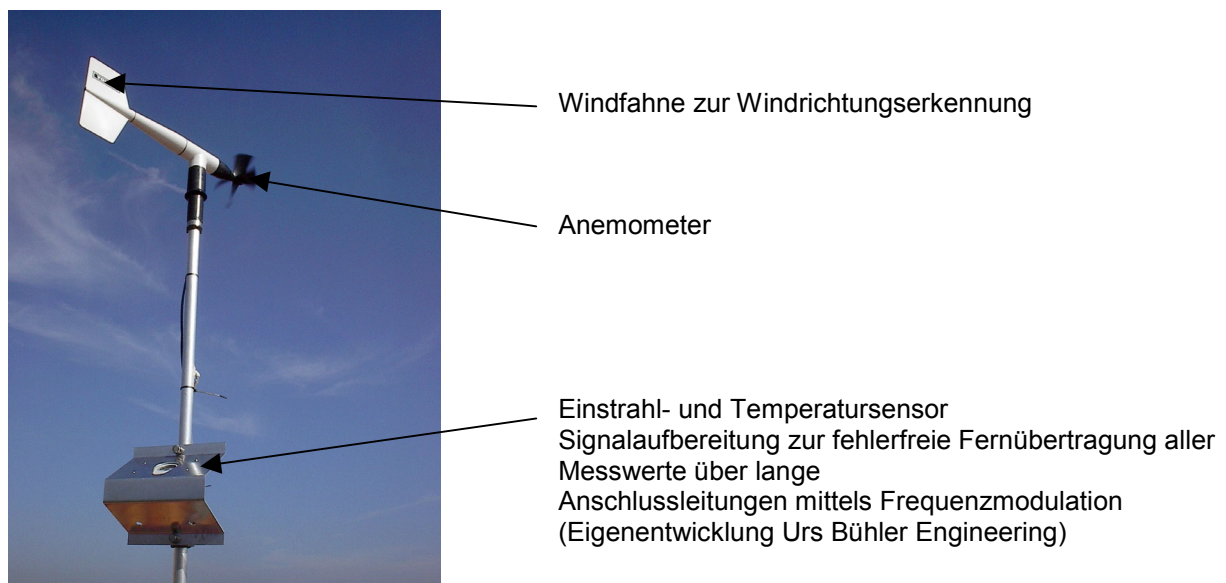


Die AluTec-**Profilkanten** mit einer Abmessung von nur 0,6 mm dicke fallen kaum ins Gewicht gegenüber der ohnehin bestehenden Kante der Modulrahmung.

Zudem konnten wir durch Beobachtungen an Laminaten (ungerahmten Modulen) sowie an Wintergartenverglasungen als äquivalentes Anschauungsobjekt feststellen, dass auch der Verzicht auf jegliche Rahmung eine Ablagerung an der Unterkante nicht zu verhindern mag. Die Erklärung findet man darin begründet, dass nach Niederschlägen das Antrocknen der Flächen naturgemäss von oben nach unten erfolgt. Bei wenig Niederschlag erfolgt das Abtrocknen vor der gänzlichen Schmutzentfernung durch den Regen, sodass an der Unterkante entlang Schmutz wieder eintrocknet und sich zum Teil längerfristig festsetzt.

5.3 Windaufkommen am Anlagenstandort

Um die Windlastfestigkeit zu verifizieren, wurde auf der Anlage ein Anemometer installiert. Die aufgetretenen Spitzenwindgeschwindigkeiten werden von der SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) festgehalten und sind auf dem Terminal ebenfalls abrufbar (siehe Kapitel 5.7)



Bis zum Dezember 2000 wurde eine maximal erreichte Windgeschwindigkeit mit Hauptwindrichtung aus West von 85 km/h registriert. Im Verlaufe des Winters 2001 wurde eine solche von 99 km/h registriert und dies erwartungsgemäss ohne Einflüsse auf die Anlagenkonstruktion. Die gemessenen Windgeschwindigkeiten entsprechen dem Wert 10 auf der Beaufort-Skala und definitionsgemäss ist das die Einwirkung eines „schweren Sturmes“.

Diese Werte liegen noch unterhalb den während des Lotharsturmes in Hünenberg gemessenen Geschwindigkeiten von 105 km/h. Die Sicherheitsmargen bei der Anlagenauslegung lassen aber auch ein unbeschädetes Überstehen eines solchen Ereignisses erwarten obwohl damals an verschiedensten Ziegeldächern zum Teil erhebliche Beschädigungen auftraten.

5.4 Schneelastfestigkeit und Schneeablagerungen

Infolge von schneearmen Wintern und tiefgelegenen Anlagenstandort sind keine Besonderheiten zu vermelden.

Wie aus Bild 1 ersichtlich, besteht auf der Anlage die Gefahr, dass ohne Treffen von Vorkehrungen Schnee auf den untenliegenden Anlagenteil abrutschen und diesen eventuell beschädigen kann. Als Gegenmassnahme wurde auf dem höhergelegenen Dachteil ein Schneefänger montiert.

Bei dem unteren Anlagenteil wurde in Absprache mit der Bauherrschaft und dem Grundeigentümer aus ästhetischen Gründen darauf verzichtet, zumal dort infolge geringer Fallhöhe kaum mit gefährlichen Schneerutschen zu rechnen ist.

5.5 Modulbewegung innerhalb der AluTec – Auflageprofile

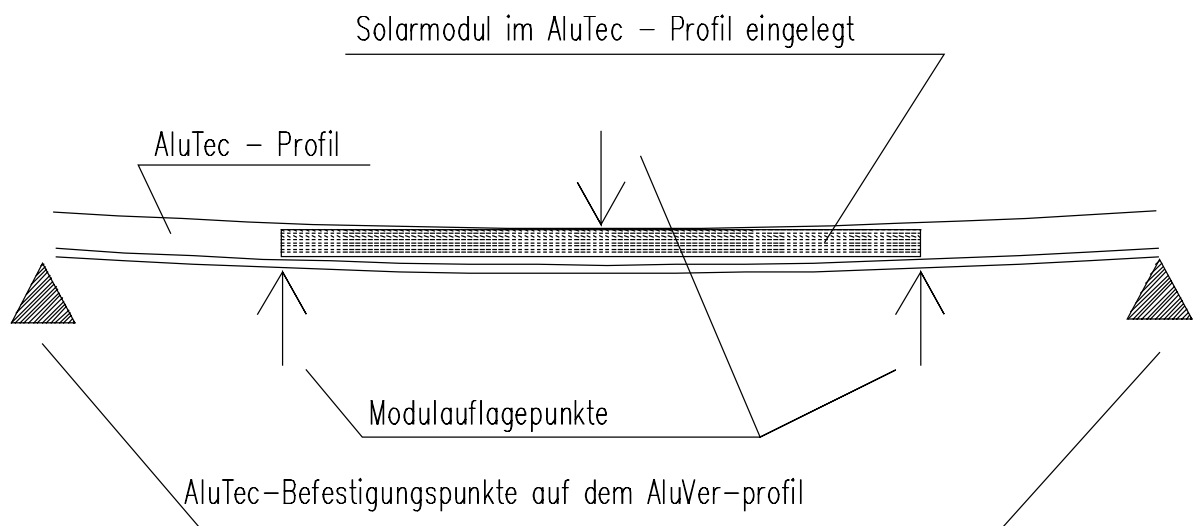
Da die Module mit den Montageprofilen nicht verschraubt sondern nur eingelegt und anschliessend eingerastet werden, verlangt die AluTec – Montageart eine sichere Positionierung der Solarmodule.

Für den sicheren Halt sind die folgenden Faktoren von Bedeutung:

- Haltekante im jeweilig oberen AluTec-Profil
- Eigengewicht der Module, welche diese nach unten drückt
- Reibung der Modulrahmen im AluTec-Profil
- Diese Reibung wird verstärkt durch die gewichtsbedingte Profil-Durchbiegung

Zur Erläuterung dieser Profildurchbiegung sei auf die folgende Zeichnung verwiesen:

Der Spielraum der Module nach dem Einlegen in die AluTec – Profile ist nur sehr gering und ausschliesslich notwendig zum Auffangen der Modul- respektive Profiltoleranzen.



Da Aluminium eine grosse Elastizität aufweist, biegt sich das Profil schon bei normaler Modulbelastung mehr durch als der Montagespielraum beträgt. Dies unterstützt somit das Klemmen der Module nach dem Montagevorgang.

Diese Haltekraft ist durch eine etwas erhöhte Kraft bei der Modul-Montage während des Einschiebens der Module in das untenliegende AluTec - Profil zu überwinden.

Weder bei dieser P&D-Anlage noch bei einem der zahlreichen später installierten Generatoren in ganz Europa konnte in der Praxis beobachtet werden, dass sich die Module bewegen oder auf Grund des erforderlichen kleinen Toleranzspielraumes ein auf irgend eine Weise störendes „Klappern“ der Module resultiert.

Wie vorgängig aufgezeigt, werden bei richtiger Wahl der AluTec – Profilschientypen (siehe dazu die Typenübersicht in der Systembeschreibung) und sachgemässer Montage die Module den Sicherheitsanforderungen entsprechend genügend geklemmt.

Das seitliche Herausschieben der Module aus den AluTec – Profilschienen wird zusätzlich durch das Verschrauben von Randabschlusswinkeln verhindert (siehe Kapitel 2.1)

5.6 Blitzschutz und Gebäudepotentialausgleich

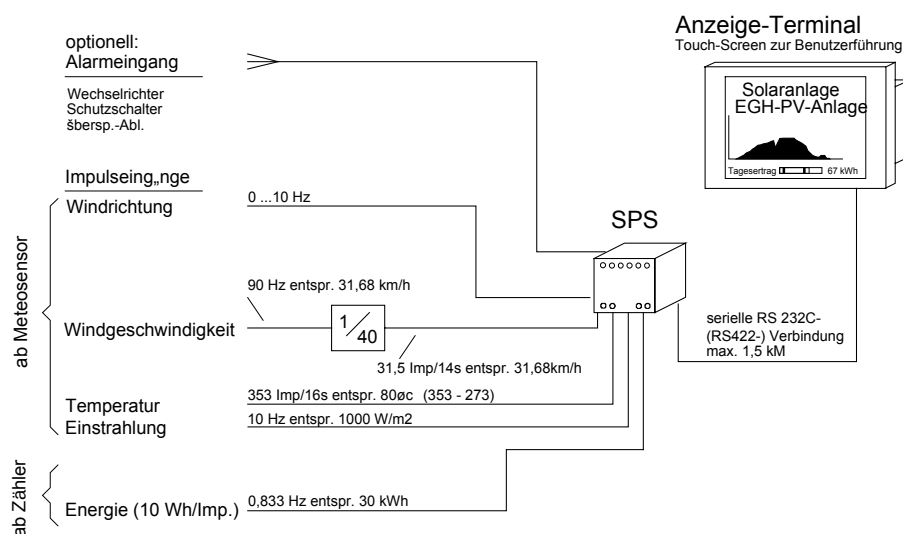
Die Einbindung der Anlagenteile in den Blitzschutz ist einfach zu realisieren, da die Unterkonstruktion mittels AluTec- / AluVer-Profilen in sich ideal verbunden ist und die Modulrahmung von den AluTec-Profilen umfasst wird. Somit kann gemäss Vorschrift die Unterkonstruktion sehr einfach von den unteren Konstruktionsecken an den äusseren Blitzschutz oder je nach Gegebenheit an den Potenzialausgleich angebunden werden.

In unserem Fall der Anlage der EGH wurde entschieden, dass das Gebäude mit einem äusseren Blitzschutz ausgestattet wird und die Anlage an allen Ecken angebunden wird,

Die eigentliche Gebäudeerdung konnte nicht optimal ausgeführt werden, da infolge des Gebäudealters noch keine Fundamente erstellt und keine nutzbaren Eisenarmierungen zu finden waren. So wurde der Blitzschutz auf je einen Erdungspfahl pro Gebäudeecke geführt, wodurch die vorgeschriebenen Erdübergangswiderstände erreicht werden konnten.

5.7 Anzeigeterminal an der südlichen Aussenwand

Das Anzeigeterminal ist mit einem Touch-Screen-Terminal realisiert. Die datenmässige Anbindung an den Energiezähler und die Meteoerfassung ist im folgenden Bild ersichtlich.



Dieses Konzept bringt den Vorteil, den die zentrale Zählereinrichtung bietet. Das heisst, dass die Ablesungsdaten von Produktionszähler, Besucherterminal und Fernauslesung konsistent sind ohne die Toleranzfehler, welche durch weniger genau spezifizierte Datenlogger-Erfassungen verursacht werden.

Die Vielfältigkeit vom Besucher abrufbaren Daten ist an den beispielhaften Einzelbildschirmausdrucken im Anhang ersichtlich. Speziell hingewiesen sei hier auf die Darstellung von Tages- und Vortagesgangkurven sowie Monatsertrags-Balkendiagrammen. Damit wird dem Besucher in klarer Weise ermöglicht, die meteorologischen Gegebenheiten und die jahreszeitlichen Einstrahlungsverläufe anhand der Energieproduktion nachzuvollziehen.

Die Möglichkeit der auf die individuellen Bedürfnisse zugeschnittenen Datenabfrage erwies sich als sinnvoll.

Es bestehen Informationsmöglichkeiten über folgende Hauptkapitel:

- Energieproduktion und Anlagenleistung
- Anlagenkonzept
- Systemkomponenten
- Info über die Genossenschaft und die Fachkommission

Die Hauptdarstellungen lassen sich zusätzlich in englischer Sprache abrufen.

Die Terminalplatzierung an der südlichen Aussenwand hat sich aufgedrängt, da unmittelbar hier ein viel begangener Spazierweg verläuft und eine Terminalnutzung durch Spaziergänger gewünscht ist. Der Fremdlichteinfluss ist jedoch bekanntlich ein nicht zu unterschätzendes Problem bei der Bildschirmlesbarkeit und führte auch in unserem Fall zu unbefriedigenden Ergebnissen.

Noch vor Ende Jahr 2001 wurde dieser Zustand verbessert, indem der Bildschirm an derselben Stelle, jedoch östlich ausgerichtet an einer neu erstellten Infowand platziert wurde. Eine zweite Infowand weist Passanten speziell auf die Nutzung des Terminals hin und stellt gleichzeitig eine rückseitige Terminalabschattung zur guten Lesbarkeit sicher.

Die Verwendung eines Terminals zur detaillierten Informationsvermittlung ist sehr ideal, dessen Platzierung stellt aber betreffend Berücksichtigung von Fremdlichteinflüssen hohe Anforderungen und ist sehr sorgfältig vorzunehmen !



6 Energetische Auswertung des 1. Betriebsjahres

Das erste Betriebsjahr mit den vollständigen Betriebsmonaten Mai 2000 bis April 2001 wurde als Jahresertrag ausgewertet. Dieses Jahr zeichnete sich mit nahezu durchschnittlicher Jahreseinstrahlung aus. Um die örtlichen Meteobedingungen zur Ertragserfassung mitberücksichtigen zu können, wird der Ertrag mit einer 3,3 kWp-Anlage mit Standort Hünenberg verglichen. Die Vergleichsanlage ist schon seit Dezember 1994 am Netz und ist die nächstliegende ertragsmässig detailliert dokumentierte Anlage.

Der Einstrahlungssensor auf dem Dach (mit derselben Ausrichtung zur Sonne) ist recht gut zur kurzzeitigen Überprüfung des Ertragsverlaufes im Vergleich mit der Einstrahlung. Mit einer Grundgenauigkeit von 5 % ist dieser für den Langzeitvergleich jedoch weniger geeignet als der Vergleich mit der zweiten Anlage, da Netzanschlusszähler eine Genauigkeit von 1 bis 2 % aufweisen.

Es zeigt sich, dass bei grösserer Dichte von erstellten Anlagen mittels Quervergleichen derer Anlagenenerträge mit sehr wenig Aufwand recht gute Aussagen über deren Funktionieren gemacht werden kann, da sich diese Anlage in einem Gebiet mit nahezu gleichen Meteoverhältnissen befinden.

Bei der Projekteingabe wurde in Anbetracht der Anlagenausrichtung (-43° Ost, Neigung 18°), des niedrigen Generatorortes mit erhöhter Beschattung und dem östlich gelegenen Geländeanstieges mit Beschattung am früheren Morgen ein Jahresertrag von 25'100 kWh prognostiziert.

6.1 Jahresertrag Mai 2000 bis April 2001

In der nachstehenden Tabelle sind alle wesentlichen Daten über die Monatserträge sowie diejenigen der Vergleichsanlage enthalten. Zur besseren Veranschaulichung sind diese Daten sodann in den zwei nachfolgenden Diagrammen dargestellt.

6.2 Interpretation der Ergebnisse aus der Tabelle

Das erste Betriebsjahr entsprach anhand des langjährigen Ertragsmittelwertes der Vergleichsanlage (2635 kWh/J) etwa einem Durchschnittsjahr unserer Umgebung. Der Minderertrag gemessen an der Prognose muss somit eine andere Ursache haben. Die Interpretation der Vergleichsergebnisse ist jedoch nicht ganz einfach, da die Anlagen eine etwas unterschiedliche Anlagenausrichtung aufweisen.

Erwartungsgemäss ist die spezifische Anlagenenertrag der EGH-Anlage während den Wintermonaten reduziert infolge der Generatorneigung von 18° (gegenüber der Vergleichsanlage mit 24°) und der Generator-Teilabschattung auf dem unteren Dach. Zudem ist die EGH-Anlage mit –43° gegen Ost auf die Seite mit dem Geländeanstieg gegen das Dorf hin ausgerichtet. Es zeigt sich, dass die morgentliche Beschattung der gesamten Anlage durch den Hang sowie diejenige des unteren Anlagenteiles durch das Gebäude selbst etwas unterbewertet wurde und die Prognose zu optimistisch ausfiel.

PV-Anlage Drälikon der EGH					Install. DC-Leistung: 32560 Wp STC (Standard Test Condition)			
Energieertr. 1. Betriebsjahr Mai 2000 bis April 2001								
	EGH - Anl., 32,56 kWp				Vergleichsanl. Hünenberg 3,3 kWp			
					Ablesungen n 3,3 kWp- Anl.			
Monat	Ablesungen 32560 Wp-Anl.							Anl.-vergl.
Ableседат.	Prod.-Z.	Ertrag	spez. Ertrag	Progn.	Prod.-Z.	Ertrag Kleinanl.	spez. Ertrag	Quotient
		pro Monat	D			pro Monat	B	D / B/10
	kWh	kWh	kWh/Wp		kWh	kWh	kWh/Wp	
19. Apr. 00		0 Ertrag		Progn.		Ertrag Kleinanl.		
30. Apr. 00	1'436	;(1436)	;(=,044)		18'789	;(301)		
31. Mai. 00	4'800	3'364	0.103	3'313	19'106	317	0.096	0.108
30. Jun. 00	8'743	3'943	0.121	3'514	19'505	399	0.121	0.100
31. Jul. 00	11'640	2'897	0.089	3'790	19'853	348	0.105	0.084
31. Aug. 00	14'682	3'042	0.093	3'097	20'200	347	0.105	0.089
30. Sep. 00	17'000	2'318	0.071	2'367	20'507	307	0.093	0.077
31. Okt. 00	17'838	838	0.026	1'468	20'618	111	0.034	0.077
30. Nov. 00	18'692	854	0.026	710	20'742	124	0.038	0.070
31. Dez. 00	19'118	426	0.013	499	20'795	53	0.016	0.081
31. Jan 01	19'827	709	0.022	645	20'885	90	0.027	0.080
28. Feb 01	21'157	1'330	0.041	1'077	21'037	152	0.046	0.089
31. Mrz 01	22'436	1'279	0.039	1'883	21'194	157	0.048	0.083
30. Apr 01	24'418	1'982	0.061	2'736	21'464	270	0.082	0.074
Jahrestot.	Mai 00 - Apr 01	22'982	0.706	25'100		2'675	0.811	0.871

Die Anlage der EGH ging am 19. April 2000 ans Netz

Zur Kontrolle wird die Anlage verglichen mit einer seit dem Jahr 1994 bestehenden Anlage mit einer Leistung von 3,3 kWp in der Gemeinde Hünenberg

Jene Anlage hat jedoch eine gegen Westen ausgerichtete Lage sowie eine um 6 ° steilere Dachneigung.

Daher sind die Erträge nicht absolut genau vergleichbar und dienen im Wesentlichen zur Überprüfung der Erträge (resultierend aus der globalen Einstrahlung)

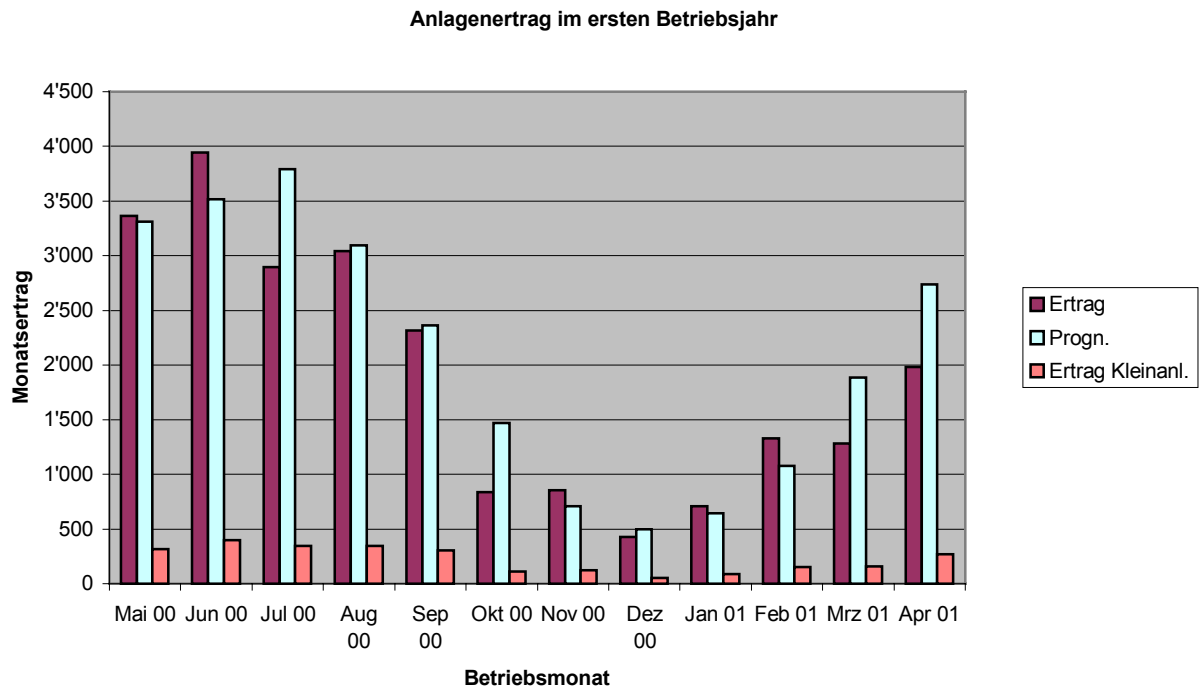


Diagramm1

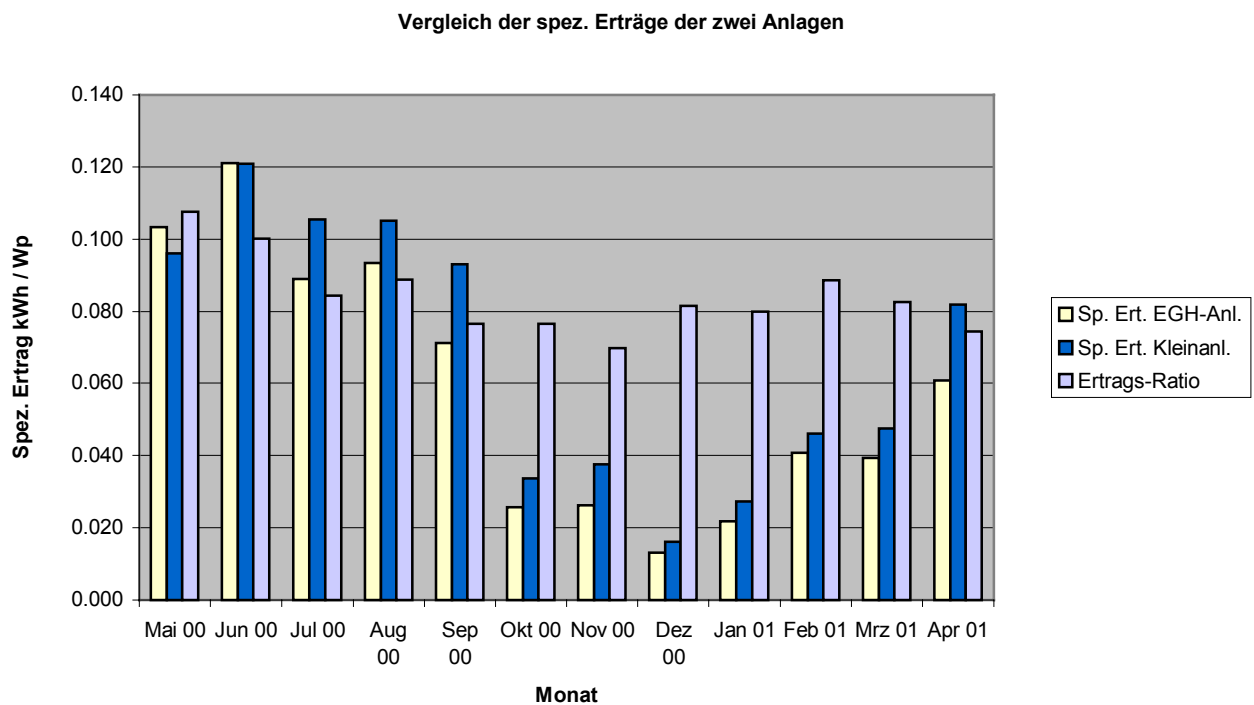


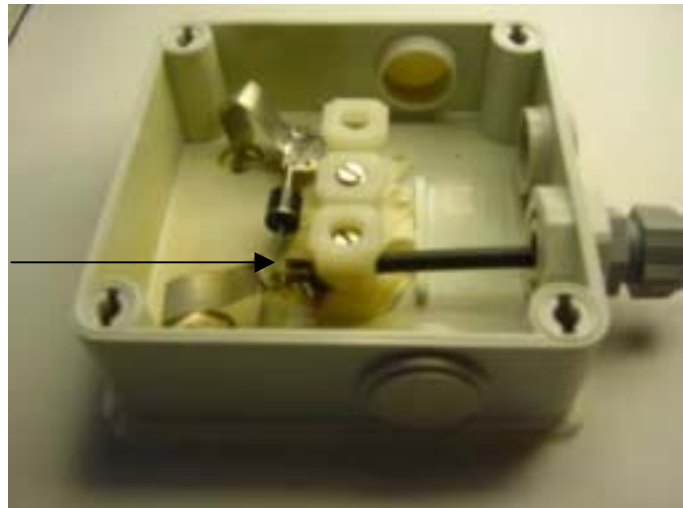
Diagramm 2

6.3 Erkennung des Moduldefektes

Die Interpretation des Ergebnisses aus dem Diagramm 2 liess den Schluss zu, dass eventuell zusätzlich ein Defekt an einem Einzelstrang der Anlage vorliegen könnte.

Eine Nachmessung der einzelnen Strangströme Ende November 2000 ergab dann, dass ein Strang einen Unterbruch aufweisen musste. Dieser wurde daraufhin in der Anschlussdose eines Moduls des Stranges 3 gefunden und behoben.

Ursache war eine fehlerhafte Verlotung eines Zellenanschlussbandes aus der Modulfabrikation, welche in der Garantiezeit repariert wurde. Das heisst also, dass in den Monaten September bis November 2000 die Anlage nur mit sieben der acht Strängen gearbeitet hat.



6.4 Ertragshochrechnung

Eine Hochrechnung aufgrund der Ergebnisse und die Erkenntnis, dass ein Strang (1/8 der Stränge) ausgefallen war, lässt darauf schliessen, dass der Minderertrag infolge Moduldefekt mit ca. 720 kWh zu veranschlagen ist. Ohne Ausfall hätte mit einem Jahresergebnis von 23'700 kWh gerechnet werden können.

Somit ergibt sich ein Fehlprognose aufgrund der schwierig abzuschätzenden Beschattungsverhältnisse (Hang, Gebäudewand) von rund 5,5 % des geschätzten Ergebnisses.

7 Anschliessende Arbeiten am Montagesystem und an der Anlage

Da die gemachten Erfahrungen beim Systemeinsatz in mittlerweile recht vielen Anlagen sehr positiv ausfielen und das System an Präsentationen und Medienauftritten auf grosses Interesse von installierenden Firmen traf, werden die Vorarbeiten für einen breiten Systemeinsatz vorangetrieben. Als nächste Arbeiten werden die folgenden weitergeführt:

- Planungsunterlagen für Installationsfirmen erstellen
- Zu Schulungszwecke weiterer Installationsfirmen Powerpoint-Präsentations-CD erstellen
- Abklärungen für eine Systemtypenprüfung (z. B. TÜV) vorantreiben
- Profilsortiment für neu auf dem Markt auftretende Rahmendicken erweitern
- Ausbau des Bauteilzubehörkataloges für eine breite Systemanwendung
- Auftretende Spitzenwindgeschwindigkeiten während weiterem Anlagenbetrieb festhalten
- Modulverschmutzungsgrad beobachten

8 Systemweiterentwicklung

- Das Montagesystem soll nicht nur während der Realisation von Anlagen eine grosse Effizienz bei deren Montage zulassen sondern schon in der **Vorprojekt- und Anlagenplanungsphase effizienzsteigernd** werden und eine gute Qualität bei der Anlagenplanung garantieren. Daher wird im Laufe des Jahres 2002 ein **Project-Tool** in Form eines EXCEL-Sheets entwickelt und künftigen Systemanwendern zur Verfügung gestellt, welches erlaubt, sehr schnell aber mit grösstmöglicher Sicherheit schon in der Vorprojektphase genaue Aussagen betreffend Anlagen-Abmessungen, Materialbedarf, Systemkosten und Windbelastbarkeit als Basis für Anlagenofferten machen zu können.
Dieses Project-Tool kann beim Planer (Urs Bühler Energy Systems and Engineering, u.bue_cham@bluewin.ch) angefordert werden.

- Der **Systemeinsatz soll für den Flachdachbereich** wesentlich weiterentwickelt werden, sodass ein System entsteht, welches mit Hilfe derselben Systemkomponenten erlaubt, die verschiedensten Anlagenkonfigurationen zu erstellen. Dieses Flachdachsystem wird vorerst für Aufständervarianten von 20° und 30° ausgelegt, wobei eine Nivellierung der einzelnen Ständer zum Ausgleich von Dachunebenheiten möglich ist.

Die **Weiterentwicklung zur Flachdachaufständervariante** hat wesentliche Vorteile bei:

- Nutzung derselben Vorteile einer effizienten Montage und einer vorgängig effizienten Planung
- Äusserst leichtes Montagesystem, welches nur punktuell an den erforderlichen Orten mittels Belastung oder Verschraubung mit der Dachbrüstung gegen Windlast abzusichern ist.
- Schulung der Mitarbeiter wird vereinfacht
- Lagerhaltung der Systemkomponenten wird minimal

9 Auswertung nach Abschluss des P&D – Projektes

Das Konzept der Messung und Auswertung mit dem Produktionszähler als zentralem Element und dem TouchScreen-Monitor als dauerndem Anzeigemittel hat den Vorteil, dass die gesamte Einrichtung am Standort belassen wird und nicht spezielle Wartungseinrichtungen zur weiter Registrierung eingesetzt werden müssen. Das heisst, dass wir die Ergebnisse einerseits aus fachspezifischen Gründen aber auch zur Qualitätssicherung weiterhin in zweckdienlicher Form erfassen und auswerten werden.

Dank an die Beteiligten Institutionen

Der Elektrizitätsgenossenschaft EGH als Bauherrschaft sei an dieser Stelle bestens gedankt für die Weitsicht und das Engagement zu nachhaltiger Entwicklung mit der Finanzierung und dem Betreiben dieser zukunftsweisenden Anlage.

Dem Bundesamt für Energie BfE sowie der Energiefachstelle des Kanton Zug möchten wir ebenfalls danken für die Förderunterstützung, welche es schlussendlich ermöglichte, mit tragbarem Risiko die Neuentwicklung des umfassenden Montagesystemes AluTec in Angriff zu nehmen.

Cham / Hünenberg, 15. Dezember 2001 / mit Ergänzungen vom 21. Oktober 2002

Für den Schlussbericht

Urs Bühler

10 Anhang

10.1 Anlagenkurzspezifikation

- Installierte Leistung 32,56 kWp
- Modulleistung 110 Wp
- Modulfabrikat Isofoton, I-110
- Gesamtanzahl Module 296
- Anzahl Module pro Strang 37
- Anzahl Stränge 8
- Strangspannung nom. 644 V_{Mpp}
- Wechselrichterfabrikat Solarmax 30 von Sputnik
- Gesamtgeneratorfläche 256 m²
- Anlagenausrichtung -34° (Ost)
- Generatorneigung 18°
- Anzahl Modulreihen 6 Reihen à 30 Module
4 Reihen à 29 Module
- Prognostizierter Energieertrag 25'100 kWh / J

10.2 Ergebnisse des 2. Teil-Betriebsjahres bis zum 31. Dezember 2001

Diese Ergebnisse des ersten ganzen Kalenderbetriebsjahres werden anfangs Jahr 2002 ausgewertet

10.3 Involvierte Firmen und Institutionen

- Bauherrschaft: Elektrizitätsgenossenschaft Hünenberg EGH
Einhornweg 7a
6331 Hünenberg
- Grundeigentümer: Schuler Werner
Drälikon
6331 Hünenberg
- Planer und Entwicklung des Montagesystems:
Urs Bühler Energy Systems and Engineering
Seemattstrasse 21 B
6330 Cham
- Anlageninstallation und AluTec-Systemvertrieb Schweiz:
kottmann energie ag
Brambergstrasse 25
6004 Luzern
- Aluminium-Profilherstellung Alu Laufen AG
Industriestrasse 5
4253 Liesberg
- Bauteilherstellung nach Entwicklerzeichnung:
VEBO, Genossenschaft VEBO
Solothurnische Werkstätte für Behinderte
Grienackerstrasse 3
4226 Breitenbach
- AluTec – Systemvertrieb Ausland:
Solarmarkt GmbH
Feldackerstrasse 3
5040 Schöffland

10.4 Literaturhinweis

- SIA 160 Norm für Wind- und Schneelastfestigkeitsanforderungen bei Bauten
- ENET-News, März 2001, Kurzvorstellung des Montagesystems

10.5 Bildschirmdarstellungsmöglichkeiten des TouchScreen – Terminals

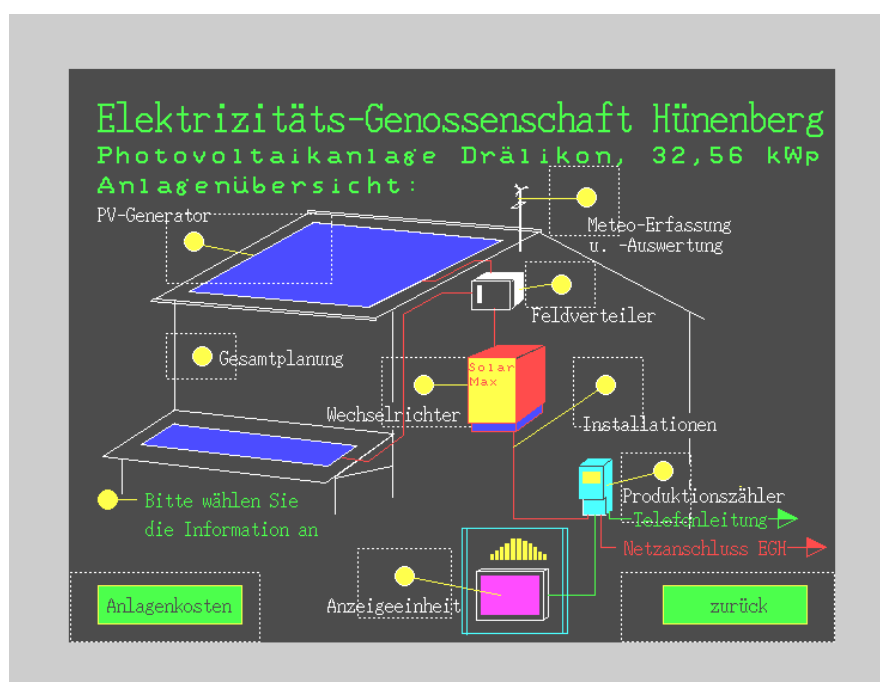
Im Folgenden seien einige der wichtigsten Bildschirmdarstellungen des TouchScreen-Terminals in Bildern gezeigt.

Es gibt im Wesentlichen Bildschirmseiten mit fünf unterschiedlichen Typen von Inhalten

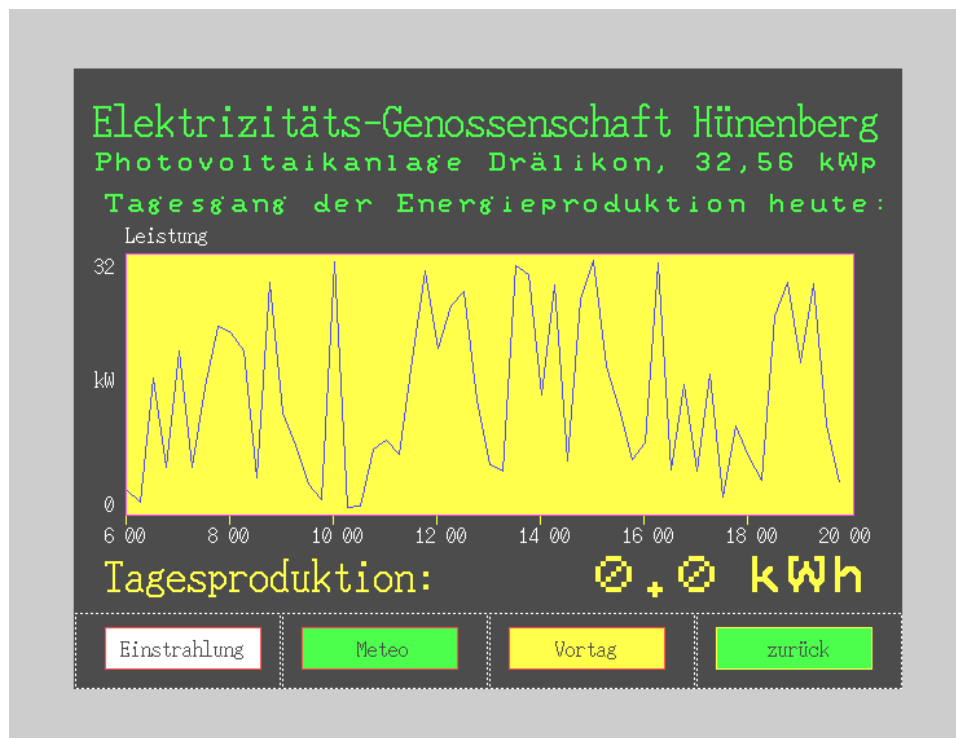
10.5.1 Anlagenstatus mit Gesamtenergieertrag (ebenfalls in Englisch abrufbar)



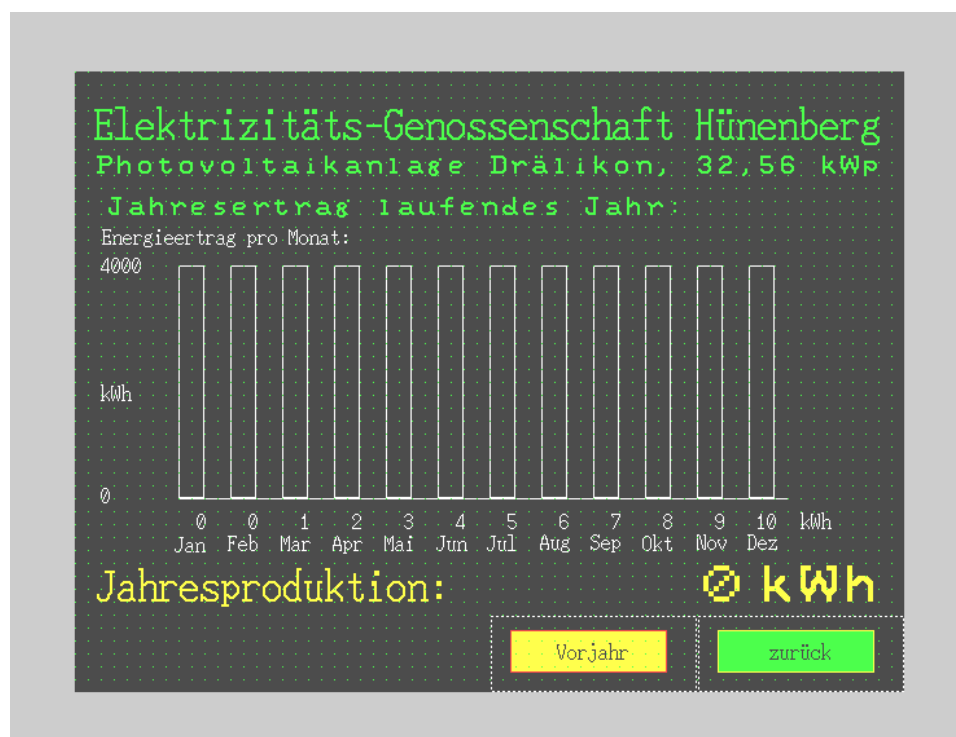
10.5.2 Anlagenübersicht mit Informationsmöglichkeit über Anlagenteile



10.5.3 Tages- und Jahresertrags – Diagramme

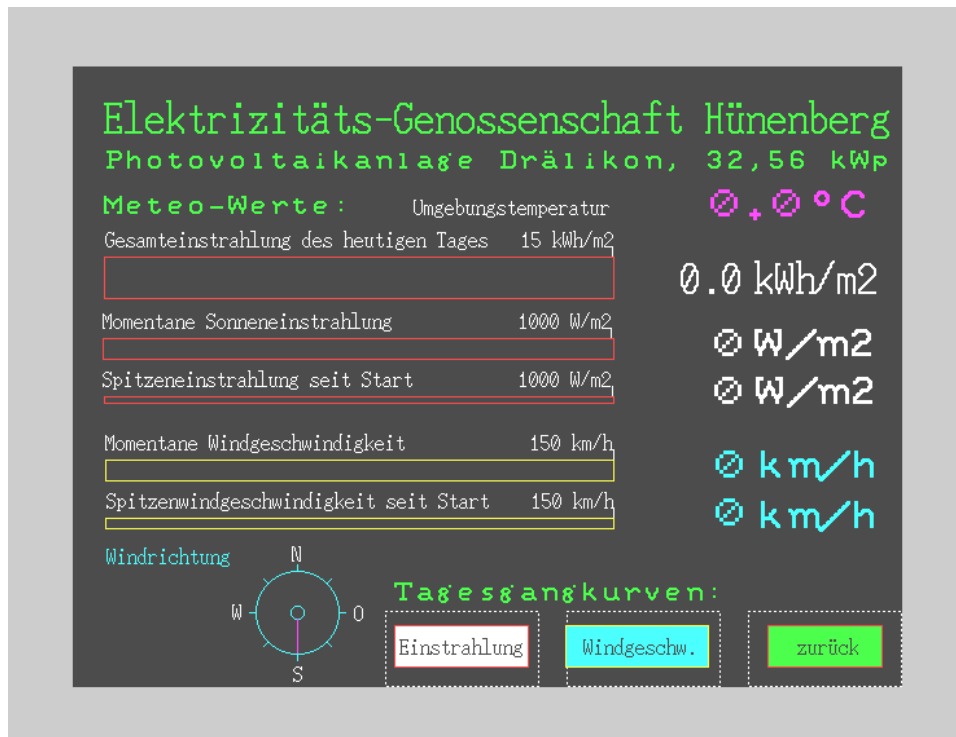


Tagesgang (ebenso ist der Vortagesgang von dieser Seite aus abrufbar)

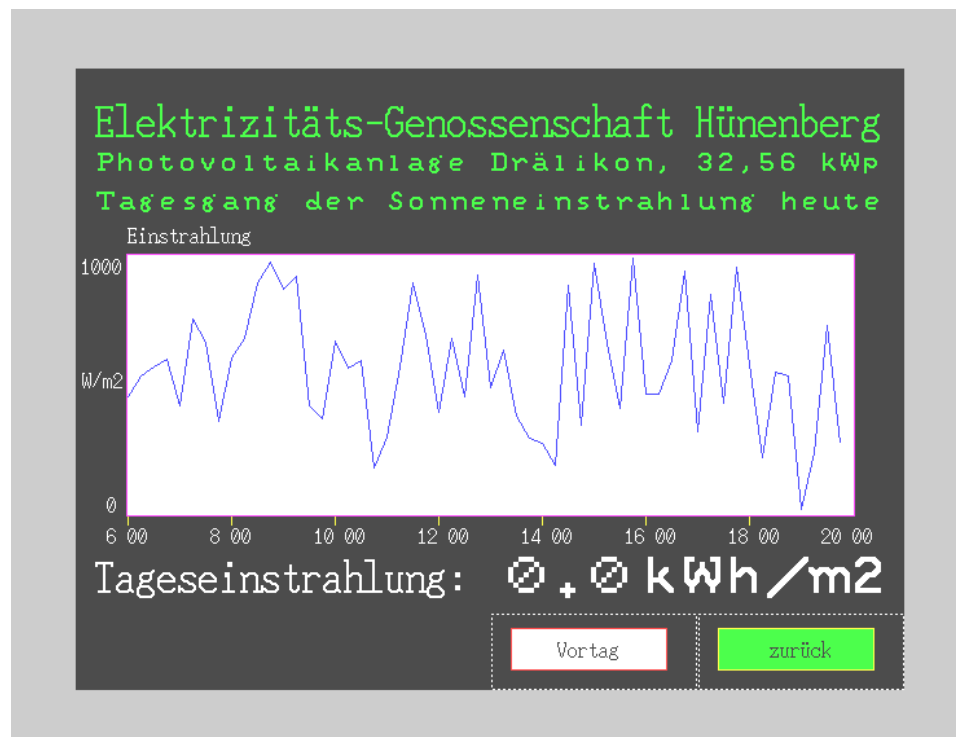


Jahresgang (ebenso ist der Vorjahresgang von dieser Seite aus abrufbar)

10.5.4 Meteodaten mit Tagesgangdiagrammen

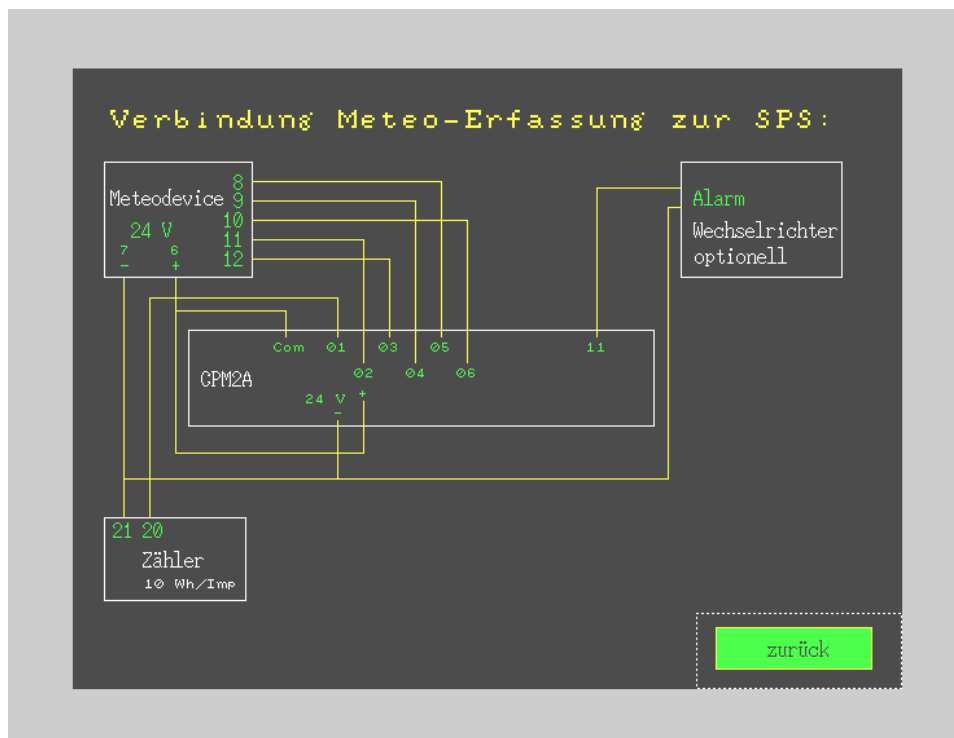


Meteo mit Einstrahlung und Windverhältnissen

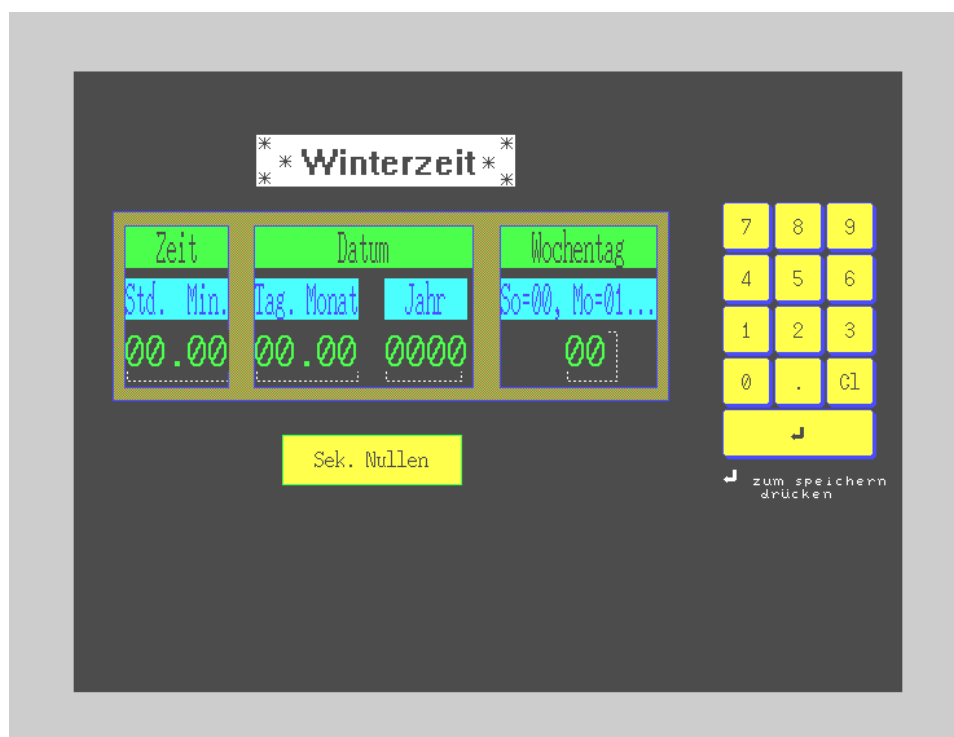


Tagesgang von Einstrahlung und Windgeschwindigkeit

10.5.5 Info's zu Wartungszwecken, nur für Wartungspersonal zugänglich



Dokumentation der Verdrahtung



Zeiteinstellung mit automatischer Sommer- / Winterzeitumstellung