



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# 17.6 KWP INSTALLATION WITH THIN-FILM MODULES ON THE FLAT ROOF AT THE CNB BUILDING OF THE ETHZ

## Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

**Peter Schudel, Adrian Kottmann, BE Netz AG**  
Bernstrasse 57a, CH-6003 Luzern, [info@benetz.ch](mailto:info@benetz.ch), [www.benetz.ch](http://www.benetz.ch)



## **Impressum**

Datum: Januar 2008

**Im Auftrag des Bundesamt für Energie, P+D Programm Photovoltaik**

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

BFE-Bereichsleiter: Herr Urs Wolfer, Bereichsleitung aktive Sonnenenergie, [urs.wolfer@bfe.admin.ch](mailto:urs.wolfer@bfe.admin.ch)

BFE-Projektnummer: 100176 / 150244

Bezugsort der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## ABSTRACT

The CNB-building of the Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, is located downtown. As a part of the renovation of the building, a new photovoltaic installation has been realized.

The building is subject of local historical monument preservation and protection codes. Therefore, the PV modules are of one colour and installed as symmetrical as possible.

The installation has a power of 17.6 kW peak and consists of standard thin-film-modules. A display in the new cafeteria provides information about the service of the installation.

Together with the engineering office energiebüro ag, BE Netz installed the plant in June 2006.

The objective to integrate the photovoltaic installation in the roof landscape as decent as possible has been accomplished. With 18'409 kWh in the first year of production, the performance is at least equal to standard crystalline solutions.



Foto: Ch. Meier, energiebüro ag

## **Inhaltsverzeichnis**

1.	Einleitung / Projektziele .....	3
2.	Kurzbeschrieb des Projekts.....	4
3.	Bau der Anlage.....	5
4.	Ergebnisse.....	8
5.	Ertragsdaten .....	9
6.	Kostenzusammenstellung .....	10

## **Abbildungsverzeichnis**

Bild 1: Foto Altbau vor Sanierung.....	3
Bild 2: Luftbild ETH Zentrum .....	3
Bild 3: Lageplan Gebäude CNB .....	3
Bild 4: Anlagenhöhe .....	4
Bild 5: Anlagen-Layout .....	4
Bild 6: Seitenansicht PVA.....	4
Bild 7: Frontansicht PVA .....	4
Bild 8: Gummischrot-Schutz.....	5
Bild 9: Dachdurchtritt .....	5
Bild 10: Aufbau Unterkonstruktion.....	5
Bild 11: Unterkonstruktion und Verkabelung.....	5
Bild 12: Modulfeld .....	6
Bild 13: Wechselrichter / Elektroschränke.....	6
Bild 14: Anzeigetafel.....	6
Bild 15: Prinzipschema .....	7
Bild 16: Ansicht Anlagenrückseite .....	8
Bild 17: Ansicht fertige Anlage .....	8
Bild 18: Statistik Ertragsdaten .....	9

## 1. Einleitung / Projektziele

Die Chemieabteilung der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) ist umgezogen. Die alten Lokalitäten bei der ETH Zentrum werden saniert. Das Dach des Gebäudes CNB bietet sich, auf Grund seiner Ausrichtung, seiner Grösse und der guten Besonnung für eine Solaranlage an. Dort soll eine 17.6 kW<sub>p</sub> Photovoltaikanlage mit Standard-Dünnschicht-Modulen erstellt werden.



Bild 1: Foto Altbau vor Sanierung

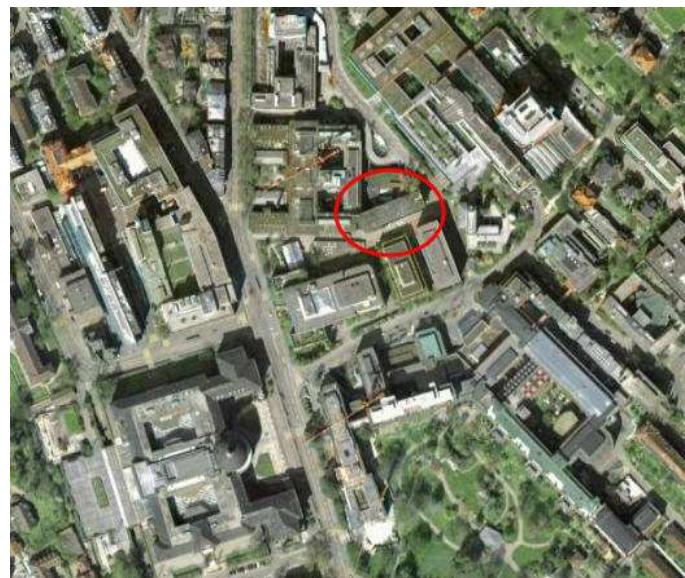


Bild 2: Luftbild ETH Zentrum

Das Gebäude steht unter Denkmalschutz. Das Ziel des Projektes ist es zu zeigen, dass auch mit Einhalten der strengen Auflagen des Denkmalschutzes eine Photovoltaikanlage erstellt werden kann, welche im Betrieb einwandfrei läuft und keine Ertragseinbussen hinnehmen muss. Zusätzlich demonstriert das Projekt den Betrieb einer Photovoltaikanlage mit amorphen Solarzellen in einem wichtigen Bildungszentrum. Die Information der Studenten und Angestellten erfolgt mittels einer Anzeigetafel beim Eingang zur Cafeteria.

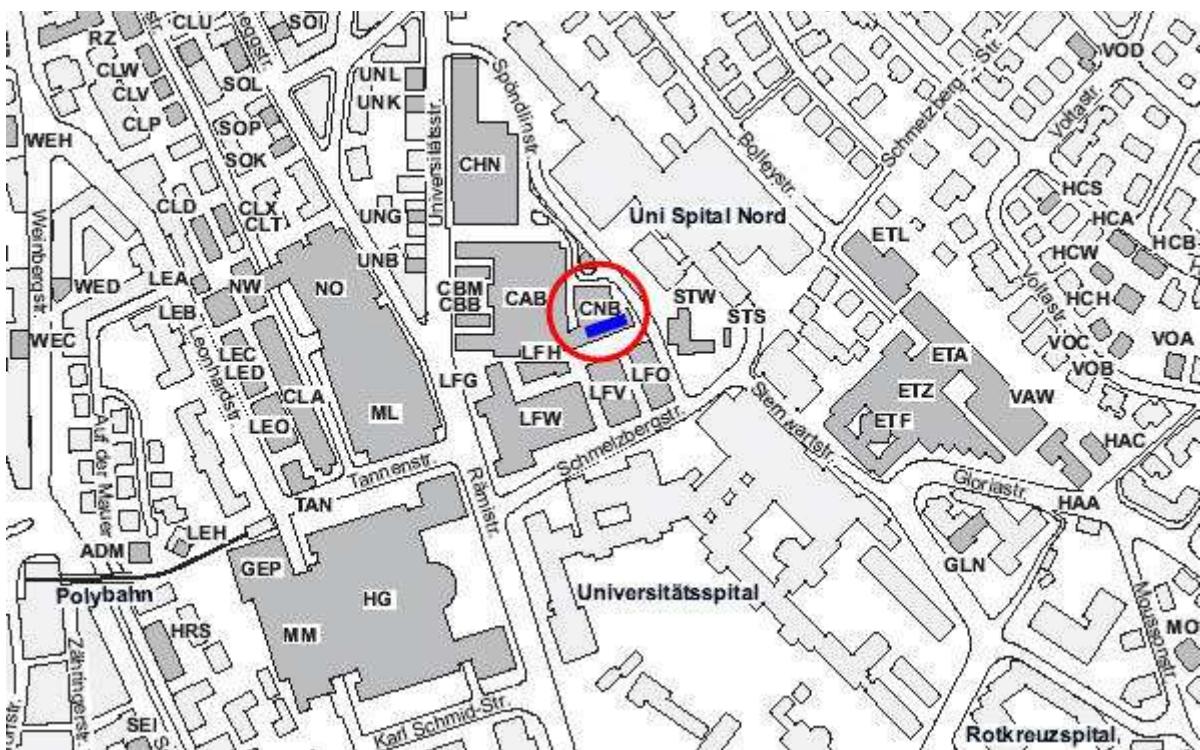


Bild 3: Lageplan Gebäude CNB

## 2. Kurzbeschrieb des Projekts

Das CNB-Gebäude hat eine rund 51 m lange und 14 m breite Dachfläche mit einem Dachreiter in der Mitte. Da das Gebäude unter Denkmalschutz steht, soll sich die Photovoltaikanlage möglichst wenig vom Gebäude abheben. Die schmalen Shell ST40 CIS-Solarmodule wurden dementsprechend so montiert, dass sie die Kiesoberfläche nicht mehr als 25 Zentimeter überragen. Sie wurden mit 20° Neigung auf einer Unterkonstruktion fixiert, welche mit Kies beschwert wird und somit keine Dachdurchdringungen erfordert und wenig zusätzliche Dachbelastung bringt.



Bild 4: Anlagenhöhe

Wie auf dem Layout sichtbar ist wurden die Module auf dem Dach möglichst symmetrisch angeordnet was ein optisch einheitliches Bild ergibt.

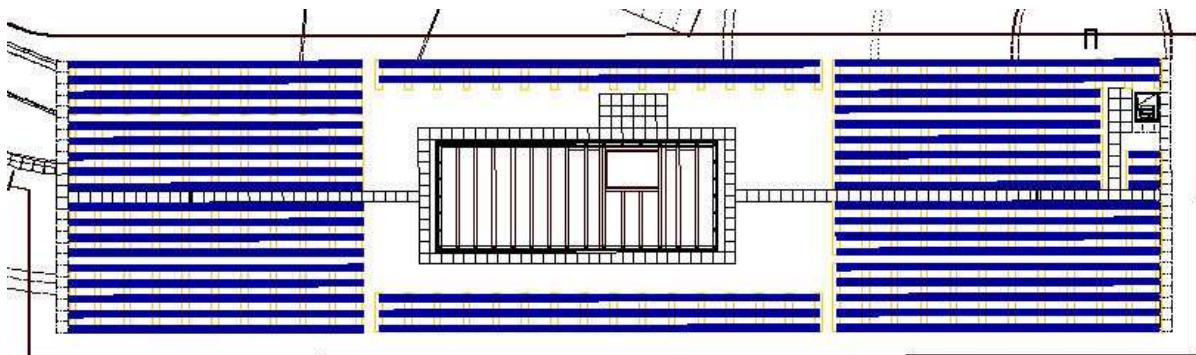


Bild 5: Anlagen-Layout

Dank der speziellen Module und einer optisch ansprechenden Anordnung konnte eine auf die erschwerten Bedingungen ideal angepasste Anlage erstellt werden.



Bild 6: Seitenansicht PVA



Bild 7: Frontansicht PVA

### 3. Bau der Anlage



Bild 8: Gummischrot-Schutz



Bild 9: Dachdurchtritt

Das frisch sanierte Dach wurde zum Schutz vor mechanischer Beschädigung komplett mit Gummischrotmatten ausgelegt. Für den Gebäudeeintritt der DC-Kabel wurden Flexrohre direkt in den neuen Dachreiter verlegt.



Bild 10: Aufbau Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion besteht aus Wannen mit aufgeschraubten Stützen, alles aus rostfreiem Stahlblech. Dank vorgefertigter Löcher für die Befestigung der Stützen und Kabelschutz-Rohren war auf dem Dach keine mechanische Bearbeitung nötig. Somit war die Gefahr von mechanischer Beschädigung durch Metallspäne ausgeschlossen. Die Stützen wurden mit Schlossschrauben von unten her festgeschraubt.



Bild 11: Unterkonstruktion und Verkabelung

Nach diesen Vorbereitungen wurde Kies auf das Dach geblasen. Wannen und Rohre der Verkabelung wurden komplett zudeckt.

Das Kies wirkt als Schwerlast für die Photovoltaikanlage. In den Randzonen und exponierten Stellen wurden Betonplatten als zusätzliche Schwerlast verlegt.

Nach dem Einkiesen konnte mit der Montage der Module begonnen werden. Insgesamt wurden 442 Solarmodule ST40 von Shell Solar montiert.

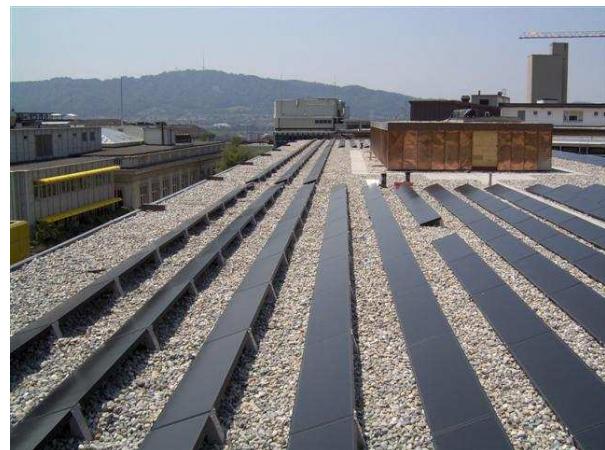


Bild 12: Modulfeld



Bild 13: Wechselrichter / Elektroschränke

Zur Veranschaulichung des Betriebs der Solaranlage wurde beim Eingang zur Cafeteria eine GA-1000 Anzeigetafel von RiCo Electronic montiert. Angezeigt wird die Momentanleistung und die total erzeugte Energie.

Der Gleichstrom der Solarmodule wird über den DC-Klemmenkästen (rechts auf dem Foto) den Wechselrichtern zugeführt. Als Wechselrichter wurden die Typen SolarMax 2000C und 3000C der Schweizer Firma Sputnik Engineering AG eingesetzt. Der erzeugte Wechselstrom wird via Zählerfeld im AC-Schrank (links auf dem Foto) ins Netz des EWZ eingespeisen. Der Zählerstand wird vom EWZ mittels Fernauslesung abgelesen. Wechselrichter und Elektroschränke befinden sich im zentralen Dachreiter.

Mit einem MaxComm Basic von Sputnik Engineering AG wird die Anlage überwacht und die Tageserträge erfasst und täglich übermittelt.



Bild 14: Anzeigetafel

Im Prinzipschema ist die Strangaufteilung, die Verkabelung und insbesondere die Einspeisung mit der Messung per Fernauslesung zu sehen.

Die Photovoltaikanlage ist in 22 Stränge aufgeteilt. 20 davon bestehen aus 20 Modulen in Serie, die anderen 2 bestehen aus 21 Modulen.

Diese Stränge werden im Klemmenkasten zusammengezogen und sind wie folgt auf die Wechselrichter aufgeteilt: Auf jeden SolarMax 3000C führen 4 Stränge à 20 Module. Auf den SolarMax 2000C führen die 2 restlichen Stränge à 21 Module.

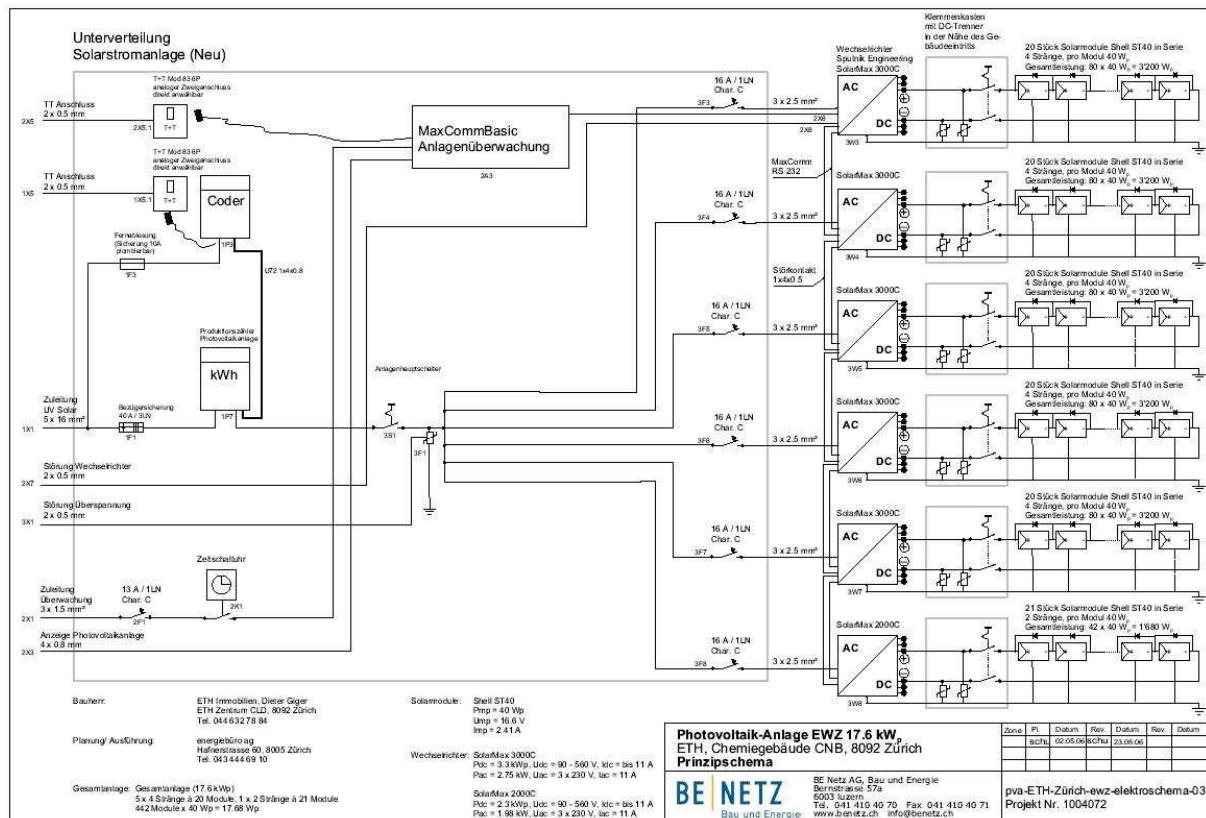


Bild 15: Prinzipschema

## 4. Ergebnisse

Die Anlage konnte, nach renovationsbedingten Verzögerungen, in Koordination mit der Dachsanierung gebaut werden und ging Anfangs Juli 2006 ans Netz. Die Auflagen des Denkmalschutzes wurden mit der minimalen Bauhöhe des Systems erreicht, die ästhetischen Anforderungen durch die homogene Farbgebung der CIS-Module und deren symmetrische Anordnung. Die Anlage fügt sich gut in die städtische Dachlandschaft ein und muss bezüglich Ertrag den Vergleich mit kristallinen Anlagen nicht scheuen.

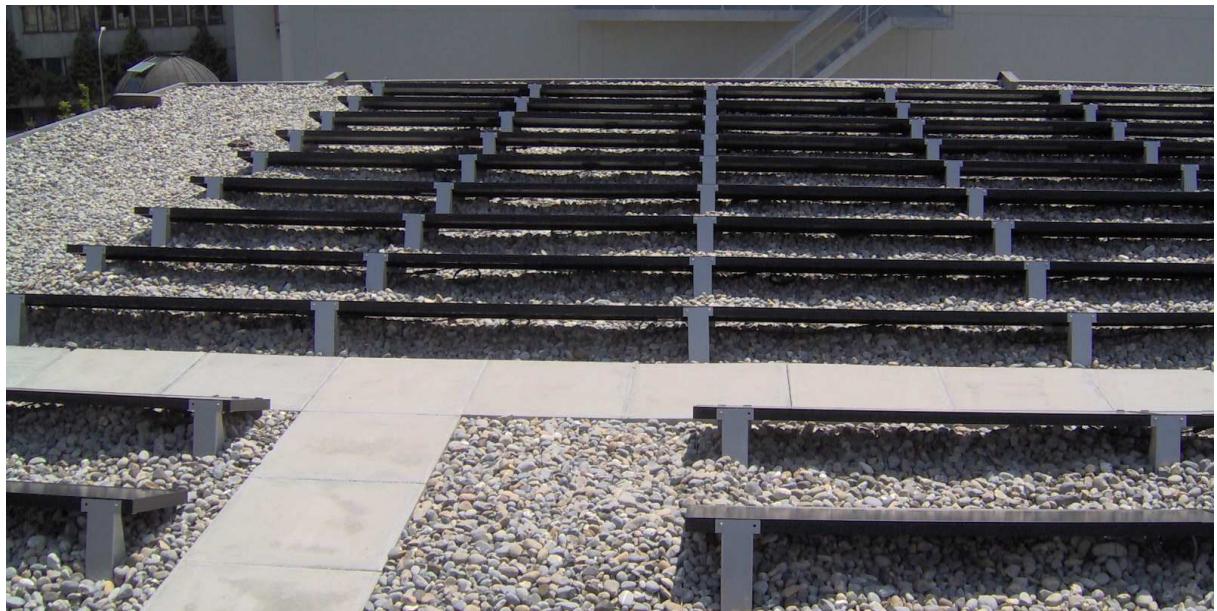


Bild 16: Ansicht Anlagenrückseite

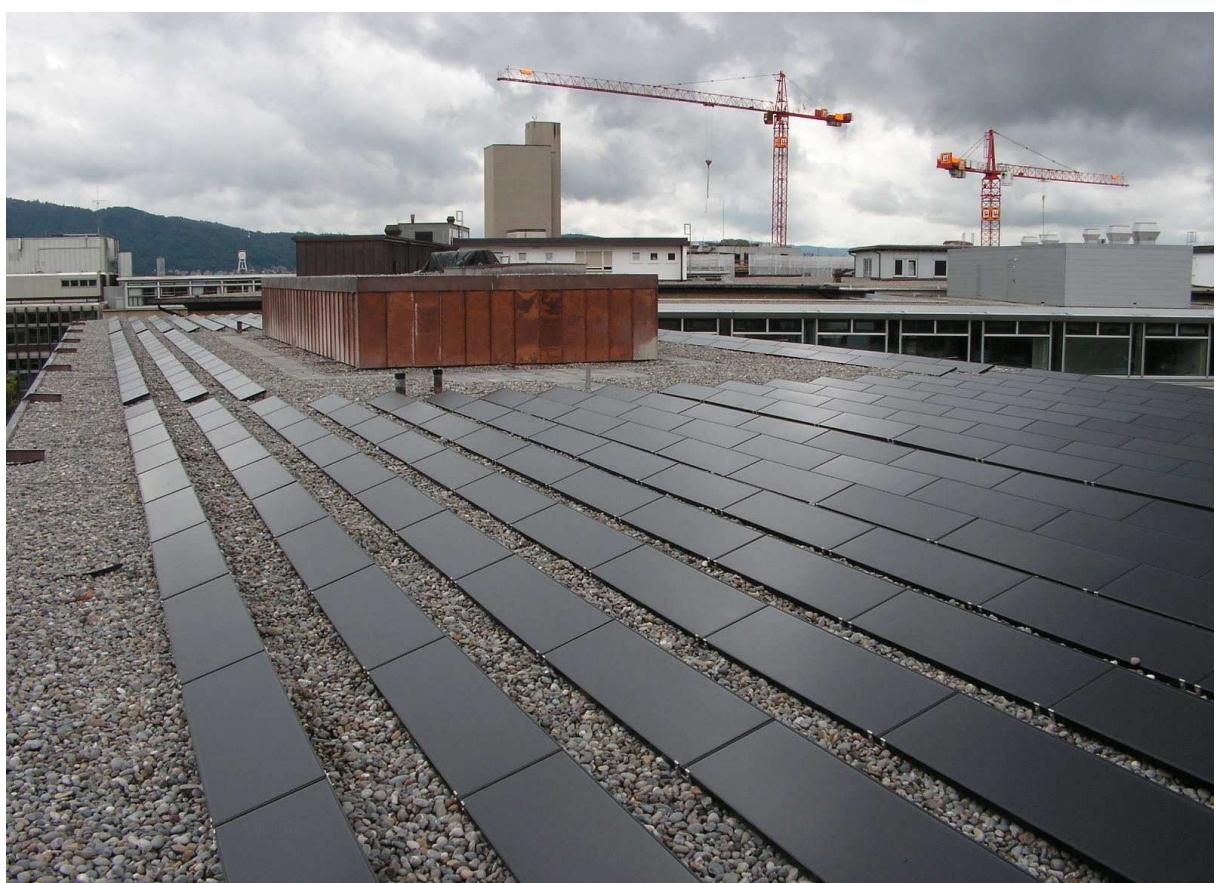


Bild 17: Ansicht fertige Anlage

## 5. Ertragsdaten

Ausser einem Wechselrichterausfall läuft die Anlage einwandfrei. Nachfolgend die Monatserträge des ersten Betriebsjahres. Um einen Vergleichswert für die Produktion der Anlage zu bekommen, wurde anhand von Meteodata aus der Software MeteoNorm eine Ertragsprognose erstellt. Diese wurde mit den effektiv gemessenen Einstrahlungsdaten aufgerechnet.

Der Vergleich mit den Messdaten zeigt, dass die gemessenen Erträge im Schnitt ca. 26% über der Prognose liegen. Auf ein ST40-Solarmodul wird vom Hersteller garantiert, dass das Modul nach 10 Jahren maximal 10% Degradation aufweist. Die Erträge sind also sehr gut und es kann erwartet werden, dass die Produktion auch nach 10 Jahren noch gut sein wird.

Monat		Prognose mit MeteoNorm [kWh]	Prognose mit gemessenen Strahlungsdaten [kWh]	Gemessener Ertrag [kWh]	Messung proportional [kWh/kWp]
Juli	2006	2157	2355	2'429	137.6
August	2006	1940	1223	1'505	85.2
September	2006	1437	1262	1'478	83.8
Oktober	2006	946	831	1'302	73.8
November	2006	481	508	817	46.3
Dezember	2006	390	376	529	30.0
Januar	2007	507	360	402	22.8
Februar	2007	783	608	965	54.7
März	2007	1263	1186	1'683	95.4
April	2007	1618	2101	2'830	160.4
Mai	2007	1995	2074	2'442	138.3
Juni	2007	1962	1949	2'027	114.8
Juli	2007	2157	2058	2'301	130.4
August	2007	1940	1643	1'965	111.3
September	2007	1437	1400	1'835	104.0
Oktober	2007	946	908	1'115	63.2
November	2007	481	441	530	30.0
Dezember	2007	390	289	275	15.6
Total	1½ Jahre	22'830	21'571	26'430	1'497.5
Total	1.Betriebsjahr	15'479	14'833	18'409	1'046.0
Total	2007	15'479	15'016	18'370	1'040.8

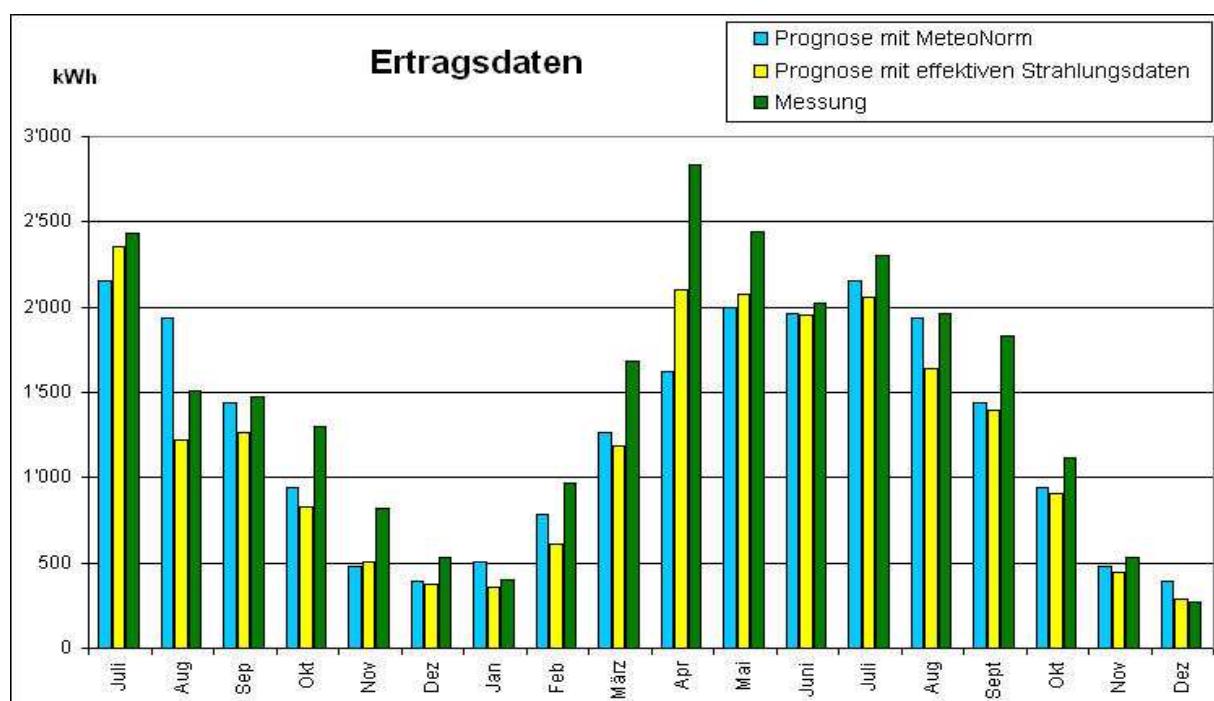


Bild 18: Statistik Ertragsdaten