

Schlussbericht PV P+D, DIS 42203 / 82131, Mai 2005

Projekt Sunny Woods, Zürich

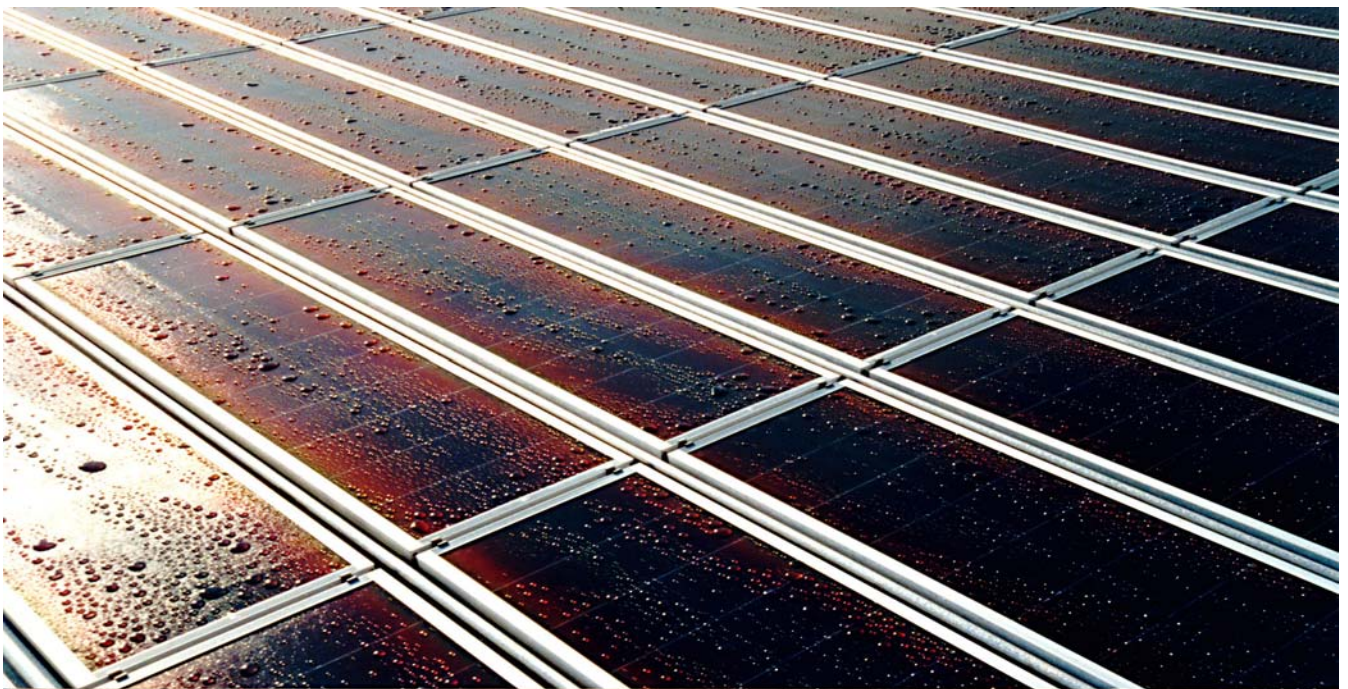
Photovoltaik-Anlage in Blechdach integriert

ausgearbeitet durch:

René Naef, Beat Kämpfen

naef energietechnik, Architekturbüro

Jupiterstrasse 26, 8032 Zürich, Regensdorferstrasse 15, 8049 Zürich



Zusammenfassung

Das Mehrfamilienhaus „Sunny Woods“ mit 6 Maisonette-Wohnungen liegt an einem Südhang an der Stadtgrenze von Zürich. Angestrebt wurde ein bilanziertes Null-Heizenergie-Konzept. Dieses besteht hauptsächlich aus einem passiv-solaren Gebäudetypus mit aktiv-solaren Komponenten in einer modernen Architektursprache. Spezielles Gewicht wurde auf eine gute Ökobilanz mit einer energetischen Optimierung über den ganzen Lebenszyklus des Gebäudes gelegt. Sunny Woods ist weltweit in Fachartikeln publiziert worden und auch drei Jahre nach der Fertigstellung fragen noch viele Leute für eine Besichtigung an, die sich für ökologische Architektur interessieren. Sunny Woods ist an vielen Fachtagungen in der Schweiz und im Ausland vorgestellt worden.

Das wichtigste Ziel bei der Projektierung war zu zeigen, dass der Energieverbrauch von Gebäuden drastisch reduziert werden kann, ohne dass am Komfort von Wohnungen mit hohem Standard Abstriche gemacht werden müssen. Der für die Heizung, Warmwasser und Lüftung benötigte Energieverbrauch beträgt $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, der Passivhausstandard wird erreicht. Diese geringe Energiemenge sollte mit der Photovoltaikanlage auf dem Dach produziert werden. Das viergeschossige Gebäude ist abgesehen vom Kellergeschoss ausschliesslich mit Holzwerkstoffen konstruiert. Dadurch konnte die normal dicke Gebäudehülle weit überdurchschnittlich wärmedämmend werden. Die U-Werte der Fassade und des Daches liegen bei $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$, derjenige der Fenster unter $0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ mit einem Glas von $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Fensterrahmen und Dachterrassen wurden teilweise zusätzlich mit Vakuum-Wärmedämmung versehen.

Das Dach ist ein multifunktionales Element des Gebäudes, es schützt nicht nur die Bewohner vor Nässe und Kälte, sondern versorgt die Wohnungen mit elektrischem Strom. Das Pultdach ist leicht gegen Süden geneigt und wird nicht beschattet. Die 300 m^2 messende Dachfläche ist vollständig mit Solarzellen gedeckt. (504 amorphe Dünnschichtmodule mit 32 Wpeak Leistung der Firma Unisolar). Um die Stromversorgung auch bei schlechtem Wetter garantieren zu können, ist die PV-Anlage netzgekoppelt. Das Gebäude produziert im Sommer einen Stromüberschuss, während im Winter der grösste Teil des Stromes aus dem Netz stammt. Die PV-Anlage ist ein integraler und wichtiger Teil der Gebäudehülle und der architektonischen Erscheinung des Baus. Jede Wohnung besitzt ihre eigene PV-Anlage mit 84 Modulen, einem Wechselrichter und einem eigenen Produktionszähler. Die Leistung beträgt $2'688 \text{ Wpeak}$.

Alle PV-Anlagen zusammen erreichten während den ersten zwei Betriebsjahren ab Oktober 2002 einen Jahresertrag von $13'400 \text{ kWh}$. Das Projektziel beinhaltet die Beurteilung der Effizienz des gewählten energetischen und architektonischen Konzeptes mit Messungen bei allen 6 Anlagen. Vom Juli 2002 bis August 2003 wurde in der unteren südostseitigen Wohnung der Komfort geprüft und der Energieverbrauch gemessen. Diverse installierte Energiezähler wurden während dieser Messphase monatlich abgelesen.

Abstract

The condominium "Sunny Woods" is located on a south-facing hill in Zurich. It contains six apartments and is designed for a zero-energy-concept. The building combines a passive-solar design with advanced active-solar equipment in a modern architectural expression. An important design subject was to optimize the ecological balance over the whole lifespan of the building. Sunny Woods was published worldwide in numerous articles and even three years after completion many people interested in ecological architecture ask for a guided visit of the building. Also, the project has been presented on many conferences in Switzerland and abroad.

The main goal of the project was to prove that the consumption of energy of a building could be reduced dramatically without diminishing the comfort of high standard Swiss apartments. The energy needed for heating, warm water and ventilation is as low as $15\text{kWh/m}^2\text{a}$, it matches the "Passivhaus-standard". This small amount of energy needed should be produced by the photovoltaic modules on the roof. The four-storey building of Sunny Woods is constructed, with the exception of the basement, completely in wood. This allowed to insulate the building envelope very well. The U-value of the roof and the façade reach $0.11\text{W/m}^2\text{K}$, the one of the windows $0.9\text{W/m}^2\text{K}$ with a special solar glass of $0.6\text{W/m}^2\text{K}$. A few parts were even insulated with newly developed vacuum insulation.

The roof is a multifunctional part of the house, it not only protects the people against the rain and the cold, but also supplies the building with electrical power. The roof is slightly tilted to the south and is never shaded. Its surface of 300 m^2 is covered entirely with 504 amorphous-triple-cell modules of $32\text{ W}_{\text{peak}}$ by Unisolar. To guarantee the supply of electricity also in periods of bad weather, the system is connected to the grid of the local power company. So, the building produces surplus energy in summer, while in winter it gets its energy supply mainly from the grid. The photovoltaic system is an integral and important part of the skin of the building and its architectural expression. Each apartment has its own, autonomous PV-installation with 84 modules, a converter and separate measuring devices. The maximum power is $2'688\text{ W}_{\text{peak}}$. The modules are fixed to the sheet metal roof with specially developed stainless steel clips.

In the first two years, starting from October 2002, the output of energy reached $13'400\text{ kWh}$ per year. The goal of the project contains the measurements of all the six PV-installations to get the data to judge the efficiency of the chosen energetical and architectural concept. From July 2002 to August 2003 the comfort was controlled continuously in one apartment and the consumption of energy was checked regularly. Different energy counters were installed and checked monthly.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Abstract	2
1. Ausgangslage / Projektziele	4
2. Anlagebeschrieb.....	5
2.1 Sunny Woods – Solarhaus am Högger Waldrand	5
3. Hauptergebnisse.....	7
3.1 Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse	7
3.2 Elektrizitätsbezug der Wärmepumpen	10
3.3 Besserer Ertrag mit sauberen Panelen	11
3.4 Montage.....	13
3.5 Zähler-Installationen	14
4. Schlussfolgerungen	15
5. Publikationen	15
5.1 Nationale Zusammenarbeit	15
5.2 Internationale Zusammenarbeit.....	15
5.3 Preise.....	15
6. Literaturverzeichnis.....	15

1. Ausgangslage / Projektziele

Das Projekt mit dem Titel „Sunny Woods“ ist wegen dem gelungenen Erscheinungsbild und den diversen baulichen und haustechnischen Innovationen über die Landesgrenze bekannt geworden und ist an den diversen Informations-Veranstaltungen bei Architekten und Haustechnikplanern auf grosses Interesse gestossen [1].

Das angestrebte Ziel ein „Null-Heizenergiehaus“ für Heizung und Warmwasser wird mit einer Analyse und Messungen überprüft. Erfahrungen und Verbesserungsvorschläge sollen mit dem Projekt formuliert und weitergegeben werden. Die Erfahrungen werden an den gut besuchten Veranstaltungen im Rahmen des P+D-Projektes und in Artikeln von Fachzeitschriften an interessierte Architekten und Energiefachleute weitergegeben.

Gebäudehülle

Der Energieverbrauch des kompakten Gebäudes wurde mit einer hoch wärmegeprägten Gebäudehülle minimiert. Der Solargewinn über die Süd-Fenster wird mit der automatischen Beschattung möglichst gut genutzt. Die U-Werte der Fassade und des Daches liegen bei $0.11\text{W/m}^2\text{K}$, derjenige der Fenster unter $0.9\text{W/m}^2\text{K}$ mit einem Glas von $0.6\text{W/m}^2\text{K}$. Die Fensterrahmen und Dachterrassen wurden teilweise zusätzlich mit Vakuum-Wärmedämmung versehen.

Heizungs- und Lüftungskonzept [2], [3]

Jede Wohnung hat eine eigene Technikzentrale mit Solar-Kombispeicher, Lüftungsgerät mit Lufterhitzer und Wärmepumpe. Der Technikraum ist der Nordseite an den Nasszellen angegliedert und erstreckt sich über 1 ½ respektive 2 Geschosse.

Die Aussenluft wird über ein Erdregister auf das Lüftungsgerät geführt. Wird von den zwei Raumthermostaten Wärme verlangt, wird die Zuluft mit je einem Lufterhitzer für das obere und untere Geschoss der Maisonette-Wohnung aufgewärmt. Wenn die Temperatur im Abluftkanal unter einen Schwellwert von ca. 20°C sinkt, wird der Umluftventilator in zwei Stufen freigegeben. Damit wird die Luftmenge, respektive die Wärmeabgabe der Lufterhitzer erhöht. Der Solar-Kombispeicher mit 1'480 Liter Inhalt wird von den Vakuum-Röhrenkollektoren und von der Wärmepumpe je zweistufig geladen.

Der Bypass des Plattenwärmetauschers im Lüftungsgerät und der Bypass des Erdregisters (Erdwärmetauscher, EWT) werden mit der internen Regelung des Lüftungsgerätes gesteuert.

Das Gebäude ist als Minergie-Gebäude zertifiziert. [3]

Hauptziele

Als Hauptziele im Projekt sind die folgenden Punkte zu prüfen und quantifizieren:

- Architektonische und energetische Integration des Photovoltaik-Dachs ins Gebäudekonzept.
- Energieeffizienz der UNI-Solar US-32 Module.
- Montage der Solar-Module auf dem Blechfalzdach.
- Die Temperaturen der nicht hinterlüfteten Solar-Module im Sommer.

2. Anlagebeschrieb

Auf dem ca. 2° geneigten Pultdach sind 504 „Solar Electric Modules“ des Herstellers UNI-SOLAR montiert. Ein Modul des installierten Typs „US-32“ hat eine Peak-Leistung von 32W. Je 84 Module sind je zu einer Anlage zusammengefasst und elektrisch an je eine der sechs Wohnungen gekoppelt.

Der Fronius Wechselrichter Typ „Sunrise Maxi“ wandelt die maximale Leistung von 2'688W der Solarzellen in eine Wechselspannung von 230VAC um, damit der erzeugte Strom an das EW-Netz abgegeben werden kann.

Die Feldverteiler sind direkt unterhalb des Eurodaches an einem geschützten Platz montiert. Die Wechselrichter und die Leistungsanzeigen der sechs Anlagen sind im Keller neben der Elektro-Hauptverteilung installiert.

2.1 Sunny Woods – Solarhaus am Högger Waldrand

Das Gebäude wurde auf maximalen Solargewinn und minimalen Transmissions- und Lüftungsverlusten konzipiert. Die Sonnenenergie wird aktiv über die thermischen Vakuumröhrenkollektoren in der Südfassade und die Solarzellen auf dem 2° geneigten Flachdach genutzt. Die passive Sonnenenergienutzung erfolgt über die praktisch vollständig verglaste Südfassade. Der Sonnenschutz erfolgt über lichtdurchlässige Stoffstoren.



Bild 1 Südfassade mit thermischen Vakuumkollektoren in der Fassade.



Bild 2 Südausrichtung mit vollflächigem PV Dach (Eurodach).

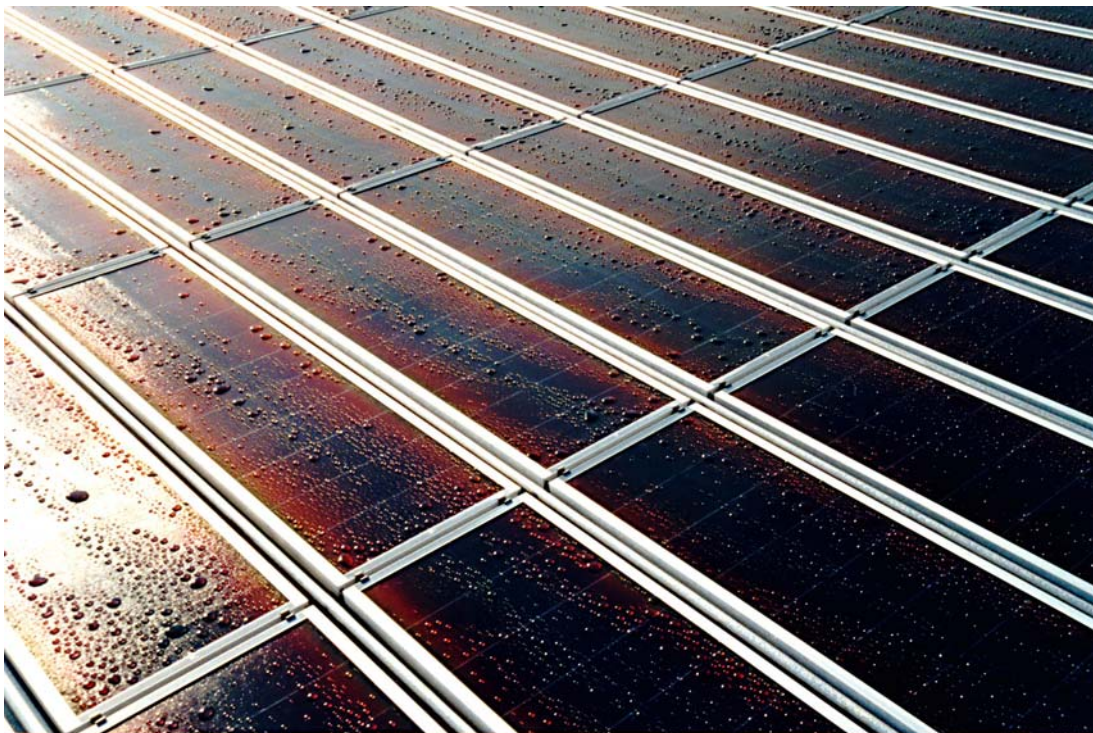


Bild 3 Stimmungsbild mit Morgentau.

3. Hauptergebnisse

3.1 Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die Messungen wurden im Juli, resp. September 2002 gestartet. Die sechs PV-Produktionszähler wurden erst Mitte September installiert. Mit Monatsablesungen wird der Ertrag der Anlagen festgehalten.

Die folgenden Grafiken zeigen Resultate der ausgewerteten Monatsablesungen der Energiezähler und werden teilweise mit den Klimadaten verglichen.

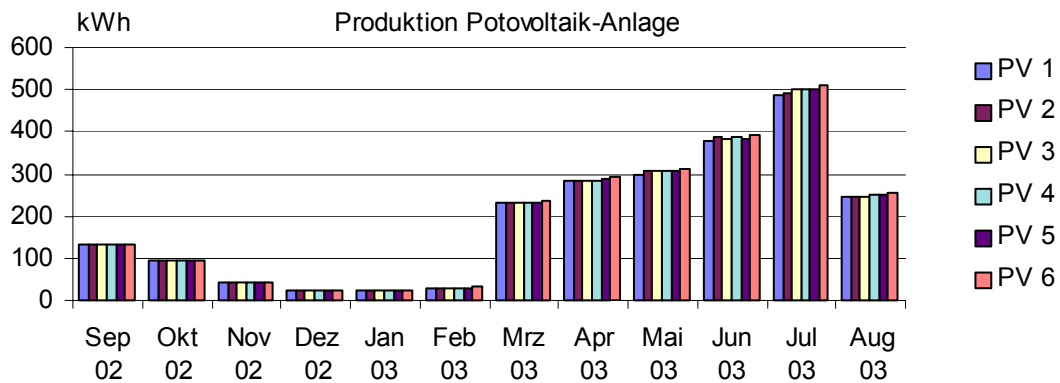


Fig. 1 Die Produktion der sechs Anlagen variiert in der Zähler-Ableseperiode praktisch nicht.

Die Anlage mit dem kleinsten Ertrag erwirtschaftete im ersten Messjahr eine 3.6% geringere Produktion als die Anlage mit dem höchsten Ertrag.

Anhand der Prognosen des Herstellers sollte die Photovoltaik Anlage einen Jahresertrag von rund 1'000 kWh/kWp produzieren, was 2'688 kWh pro Anlage entspricht. Aufgrund der ersten Messmonate konnte dann ein hochgerechneter Jahresertrag pro Anlage von 2'445kWh (910 kWh/kWp) erwartet werden.

Im Vergleich mit dem hochgerechneten Ertrag von 2'445kWh über die Normsonnenstunden messen wir vom September 2002 bis August 2003 effektiv einen Ertrag von 2'299kWh, was einem Minderertrag von 6% entspricht.

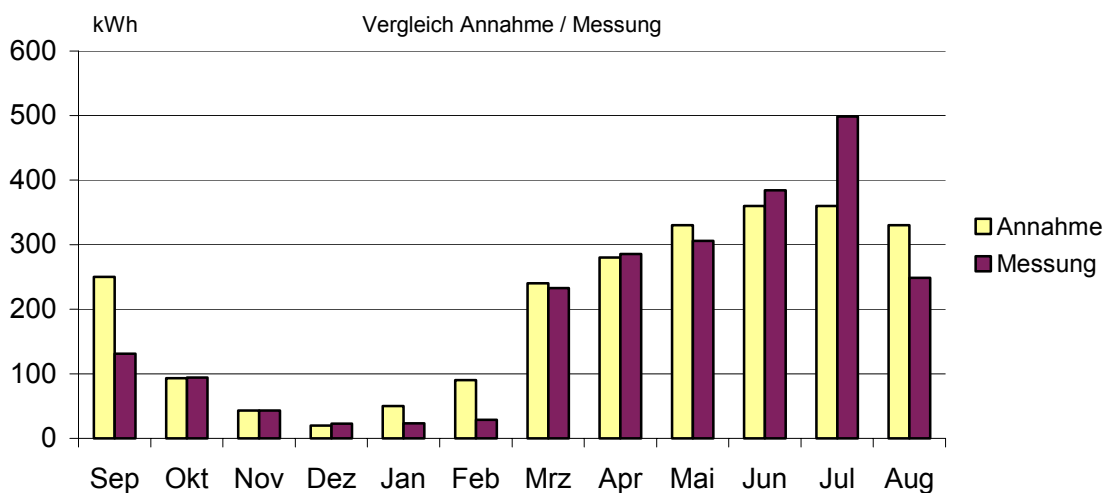


Fig. 2 Vergleich Hochgerechnete PV-Erzeugung über die Normierten Sonnenstunden von Zürich mit den gemessenen Daten.

Der Minderertrag im Februar 2003 wegen der grossen Kälte und dem gefrorenen Schnee auf dem flachen Dach schätzen wir auf ca. 70kWh pro Anlage. Der überdurchschnittlich gute Sommer ist in den Monaten Juni und Juli deutlich sichtbar. Werden die gemessenen Werte über ein Normjahr betrachtet und mit ca. 2'150kWh beziffert, würde ein Minderertrag von ca. 20% gegenüber den Herstellerangaben von 2'688kWh festgestellt.

In der nachfolgenden Grafik sind die Erträge von 2 Jahren aufgezeichnet. Es ist ersichtlich, dass die Anlagen vom Oktober 2002 bis im September 2003 im Vergleich untereinander geringere Ertragsschwankungen aufweisen. Trotz des sehr wetterbevorzugten Frühling und Sommer im Jahr 2003 sind die kumulierten Jahreserträge vom Oktober 2003 bis im September 2004 nur 100kWh geringer. Die Anlage 5 hat im 2. Messjahr einen knapp 25% tieferen Ertrag als die restlichen 5 Anlagen.

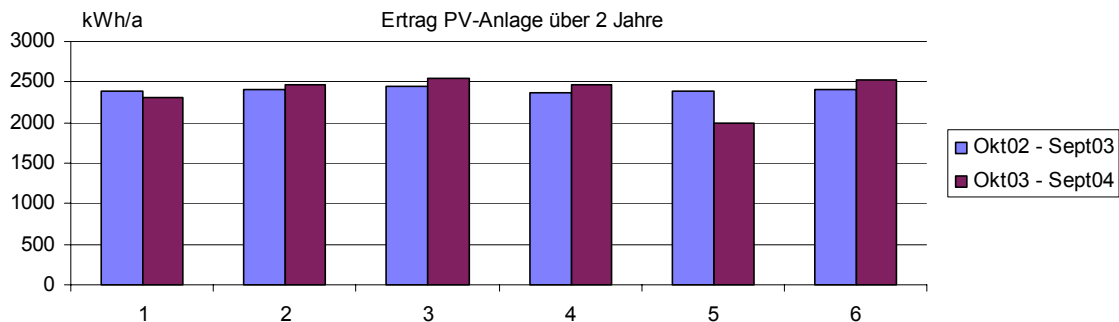


Fig. 3 Vergleich PV-Erzeugung über 2 Messjahre der 6 Anlagen

Die Anlage 5 wurde im März 2005 nochmals ausgemessen und mit der Anlage 4 verglichen. Die Messungen am Feldverteiler zeigen bei der Momentanbetrachtung eine hohe Übereinstimmung der einzelnen 7 PV Kreise beider Anlagen. In der Ablesperiode November 2004 bis März 2005 hat die Anlage aber doch einen Minderertrag von ca. 10%.

Der kleine Minderertrag von ca. 10% konnte aber in der Winterzeit noch nicht gefunden werden. Gemäss Anlagenlieferant könnte es möglich sein, dass ein Wechselrichter nicht optimal arbeitet. Eine eingehende Prüfung der Anlagen hatte dann ergeben, dass ein Steckklemm-Kontakt in der Anschlussbox eines Panels sich gelöst hatte (vom Hersteller verdrahtet). Dadurch wurde eine Serieschaltung von 12 Panels unterbrochen.

Die gemessenen kumulierten Erträge der sechs Anlagen sind:

Oktober 2002 bis September 2003	13'400kWh
Oktober 2003 bis September 2004	13'300kWh
Oktober 2002 bis März 2005	30'471kWh (jährlicher Mittelwert 12'188kWh)

Seit der Inbetriebnahme der Anlage Ende September 2002 wurden total bis Ende März 2005 30'471kWh Strom produziert.

Seit der Inbetriebsetzung hat die beste Anlage einen um 3% höheren und die schlechteste Anlage einen um 4% geringeren Ertrag gegenüber dem Mittelwert. Diese Differenz erklärt sich hauptsächlich mit dem unterbrochenen Strang in Anlage 5. Das heisst, dass verschiedenen die Anlagen im Normalbetrieb nur sehr geringe Ertragsunterschiede aufweisen.

Der in den ersten Abschätzungen erwartete Ertrag von 1'000kWh Ertrag pro installiertes kW_{peak} wird um ca. 15% unterschritten. Ein Teil des Minderertrags wird mit der zu optimistischen Ertragsprognose des Lieferanten der PV Anlage, ein anderer Teil mit dem wenig geneigten Dach (2°) und des dadurch länger liegenden Schnees in den Februar- und Märzmonaten der Jahre 2003 bis 2005 begründet. Dazu trägt der Ausfall eines Modulstrangs gemittelt knapp 2% zum Minderertrag bei.

Mit Datenloggern wurden im November 2004 Messungen mit einem Solarimeter (Siemens QLS60) und einer Stromzange durchgeführt.

An einem bedeckten Novembertag wird pro Anlage (2.688Wp) eine Energie von 0.6kWh erreicht. An einem Schönwettertag im November hingegen bereits 1.7kWh.

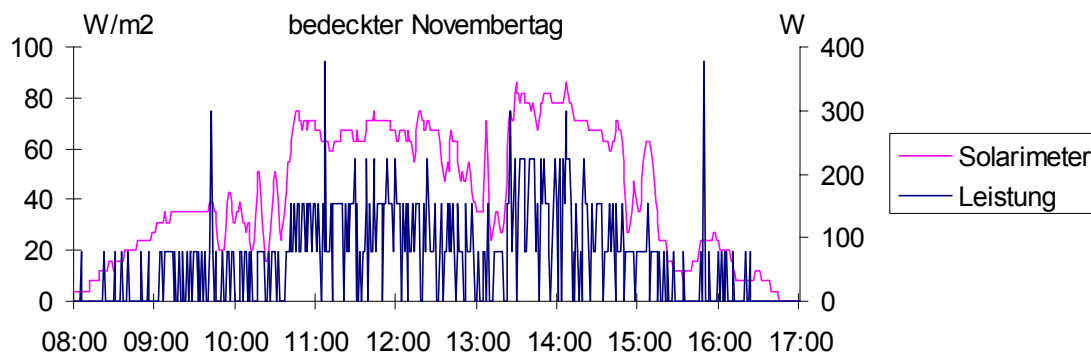


Fig. 4 Bedeckter Tag, 12. November 2004

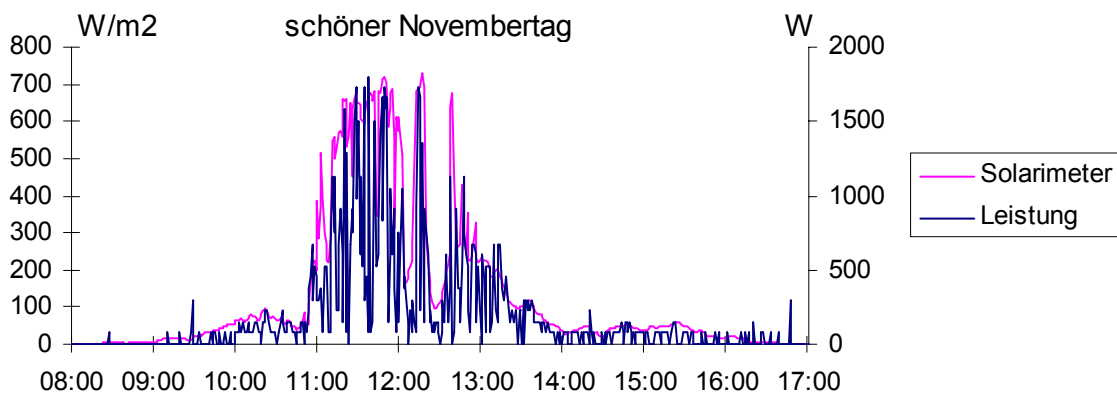


Fig. 5 Teilweise schöner Tag, 13. November 2004

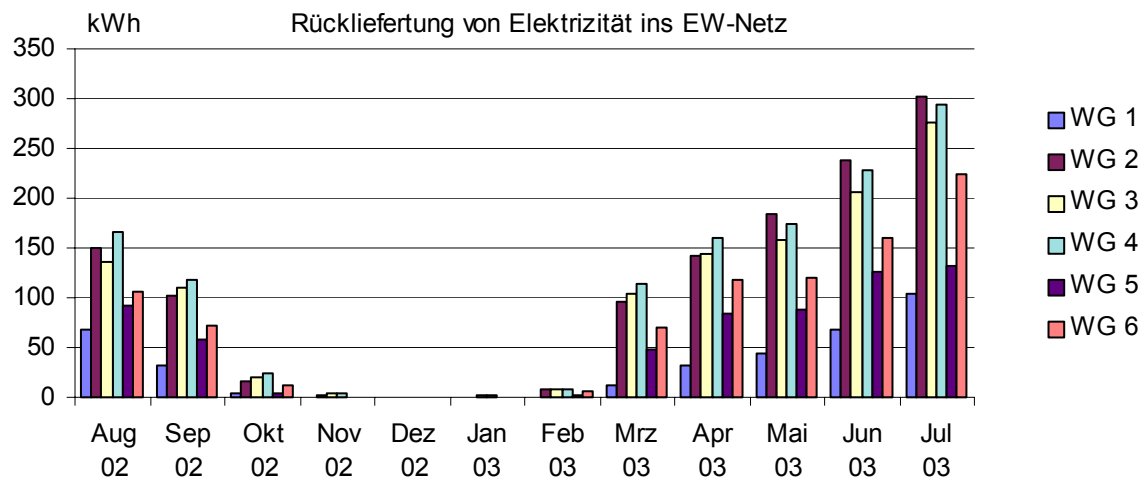


Fig. 6 Rücklieferung ins öffentliche Netz des örtlichen Elektrizitätswerkes

Die Rücklieferung erfolgt in der Regel in den Tageszeiten in welchen der Eigenverbrauch gering ist. Im Monat Juli wurden von den 500kWh erzeugtem PV-Strom 300kWh ins Netz eingespeist. Im April 2003 wurden etwa 50% der erzeugten Elektrizität eingespeist.

3.2 Elektrizitätsbezug der Wärmepumpen

Der Verbrauch der Wärmepumpe wird in der folgenden Grafik aufgezeigt. Bei den sechs Maisonette-Wohnungen ist ein sehr unterschiedlicher Energie-Verbrauch festzustellen. Die Bewohnerzahlen der einzelnen Wohnungen variieren zwischen einer und fünf Personen. In der Wohnung mit dem geringsten Elektrizitäts-Verbrauch für die Wärmepumpe, wird der Planungswert von 2'500kWh um 15% überschritten. In der Wohnung mit dem höchsten Verbrauch wird der Planungswert um 100% überschritten. Solche stark unterschiedliche Verbrauchswerte wurden bei diversen Passivhäusern auch in Deutschland und Österreich festgestellt.

Den Mehrverbrauch für die Wärmepumpe wird wie folgt begründet:

- erhöhte Raumtemperatur von 22°C gegenüber 20°C ca. 22%
- verminderter Solarertrag wegen Sonnenautomatik der Beschattung ca. 42%
- erhöhter Verbrauch wegen undichter Gebäudehülle (nL50 Wert von 2.0 anstelle von 0.6) ca. 30%

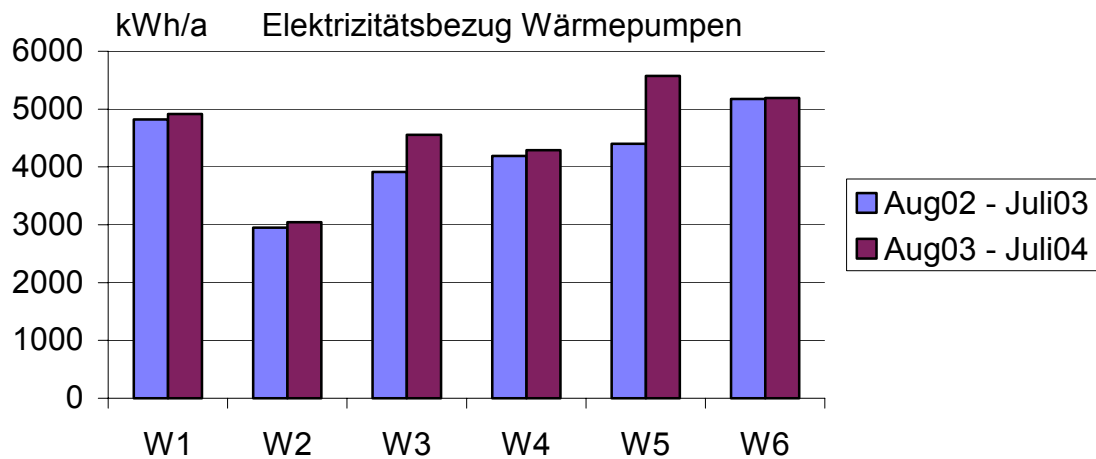


Fig. 7 Gemessener Elektrizitätsverbrauch der Wärmepumpen vom Juni 2002 bis Juli 2004.

3.3 Besserer Ertrag mit sauberen Panelen

Die visuelle Kontrolle der Panele ca. 2 ½ Jahre nach der Inbetriebnahme ergibt ein zufriedenstellendes Resultat. Bei der Leistungsanzeige im Zählerraum weisen alle sechs Anlagen die gleiche Momentanleistung auf. Auf dem Dach sind einzelne Spuren von Verformungen und möglicherweise leichte Eindrücken von grossen Hagelkörnern bei den Abdeckungen sichtbar. Es sind aber keine gravierende Schäden, welche die Funktion der Stromerzeugung wesentlich beeinträchtigen.



Bild 5 Leichte Verformung der Zellenabdeckung.

Die Chromstahlklammern, welche die Panele halten und die elektrische Erdverbindungen gewährleisten, sind in einem sehr guten Zustand.

Auf den ersten Blick scheinen die Panele nach der letzten Reinigung vor ca. einem halben Jahr, wenig verschmutzt zu sein. Es stellt sich aber heraus, dass eine dünne Schmutzschicht doch vorhanden ist. Das Reinigungswasser wird doch praktisch schwarz. An diversen Stellen muss doch auch etwas Vogelfot aufgeweicht und weggeputzt werden.



Bild 6 Die Schmutzschicht lässt sich leicht entfernen, es ergibt einen Mehrertrag von 5 und 10% in den gemessenen Novembertagen.

3.4 Montage

Die Montage der UNI-Solar Module war mit den von der Firma Fabrisolar patentierten Chromstahl-Klammern problemlos. Die Integration der steckerfertigen US-32 Module in das Eurodach mit dem Klippsystem hat sich sehr bewährt. Beim Festziehen wird das Tragblech durch die Alu-Profilkante horizontal gestreckt, wobei sich die Klammern mit den seitlichen Spitzen in die Alu-Profil-Stirnseiten gut verbinden. Damit ist trotz der hochwertigen Eloxat-Schicht ein perfekter elektrischer Kontakt (Er-dung) zwischen den Rahmen gewährleistet. Für den Blitzschutz genügt es somit, nur einen Haltebügel einer Reihe zu erden.

Die Montage und die Befestigung der Module konnte sehr rationell durchgeführt werden.

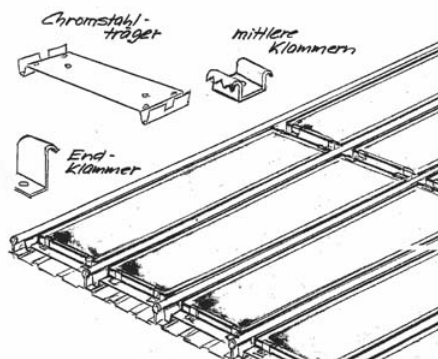
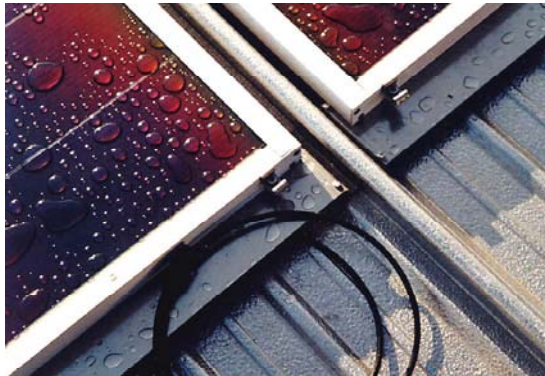


Bild 7 / 8 Die steckerfertigen Module mit den von „Fabrisolar“ patentierten Klammern.

3.5 Zähler-Installationen

Im Untergeschoss des Gebäudes in einem zentral angelegten Raum befinden sich alle Elektrozähler. Für jede der sechs Wohnungen sind je ein PV-Ertrags-, ein Elektro-Haushaltsbezugs-, ein Wärmepumpenbezugs- und ein Rücklieferungszähler installiert. Oberhalb der PV-Ertragszähler sind sechs Leistungsmessgeräte nebeneinander ersichtlich. Dies hat den Vorteil, dass mit einem Blick der Betrieb der Anlagen schnell geprüft werden kann. Die Leistungszähler sollten alle den gleichen Zeiger-Ausschlag aufweisen



Bild 9 Elektro-Zählerraum mit PV-, Haushalt und WP-Bezugs- und Rücklieferzähler.



Bild 10 Schneller Überblick mit nebeneinander angeordneten Leistungsmessgeräten.

4. Schlussfolgerungen

Die gewünschten und in der Planungsphase nach den Herstellerangaben berechneten Ertragswerte wurden um ca. 15% nicht erreicht. Die Gründe sind eine zu optimistische Ertragsprognose des Lieferanten der PV Anlage, der länger als erwartet liegendegebliebene Schnee in den Februar- und Märzmonaten der Jahre 2003 bis 2005, sowie der zeitweilige Ausfall eines Modulstrangs. Die Energieverbrauchswerte wurden infolge höheren Raumtemperaturen, erhöhten Lüftungsverlusten und vermindertem Solargewinn wegen der geringeren Passivsolarnutzung zwischen 15% und 100% überschritten.

Durch verbesserte Abdichtung von Fenstern und den Haustüren wird die Luftdichtigkeit der Gebäude erhöht. Mit dem Hersteller der Storensteuerung wird eine Lösung gesucht, dass die Storen im Winter über einen Raumthermostaten und nicht über die Sonnenautomatik gesteuert werden können. Mit dieser Massnahme, ist ein erhöhter Passivsolargewinn zu erwarten.

Der 2004 festgestellte Minderertrag der Anlage 5 gegenüber den 5 weiteren Anlagen wurde durch einen unterbrochenen Strang verursacht. Der Fehler wurde inzwischen behoben.

5. Publikationen

5.1 Nationale Zusammenarbeit

„Das Passivhaus wird schick“ Artikel von Felix Schmid in der Zeitschrift „Gebäude Technik“ Ausgabe 1 Januar 2002 [2].

Bericht „Sunny Woods ein Nullheizenergiehaus am Stadtrand von Zürich“ im 12. Schweizerischen Status-Seminar 2002, ZEN Zentrum für Energie und Nachhaltiges Bauwesen, 12. Schweizerisches Status-Seminar, Energie- und Umweltforschung im Bauwesen [3].

5.2 Internationale Zusammenarbeit

IEA Task 18 beabsichtigt die Aufnahme des Gebäudes „Sunny Woods“ als exemplarisches Objekt für das Buch „Analyzed Exemplary Housing“.

IEA Expertentreffen in Freiburg, 10.-11. Oktober 2002, Energieversorgung für „High Performance Houses“, IEA SHCP Task 28 / ECBDS Annes 38, Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme.

5.3 Preise

Schweizer Solarpreis 2002, Kategorie E „Bestintegrierte Anlagen“, 11. Okt. 2002 in Genf

Europäischer Solarpreis 2002, EUROSOLAR, Europäische Vereinigung für Erneuerbare Energien e.V., Kategorie e) „Solares Bauen“, 4. Dez. 2002 in Berlin

6. Literaturverzeichnis

- [1] Publikationen in diversen Fachzeitschriften, Tages-Anzeiger, Züri-Express.
- [2] F. Schmid,: **Das Passivhaus wird schick**, Zeitschrift Gebäude Technik, Ausgabe 1 Januar 2002, Seite 20.
- [3] R. Naef: **Minergie-Antrag für Minergie-Label**, 7. Dezember 2001, AWEL Zürich.