

10 Jahre Projekt SONNIG

Ein Beitrag von Kristian Bisek

zum 25-jährigen Bestehen der Städtischen Erich-Fried-Gesamtschule Ronsdorf

1. Projektverlauf

- 1994 Projektierung des Projekt SONNIG
- 1995 Modellbau und Planung im Unterricht, Förderanträge, Sponsoren
- 1996 Schüler, Eltern und Lehrer errichten eine Fotovoltaikanlage
- 1997 Ronsdorfer Solarpfad wird mit 11 Stationen eröffnet
- 1998 Erweiterung des Ronsdorfer Solarpfads auf 25 Stationen
- 1999 SONNIG-Daten online im Internet
- 2000 Erweiterung der Solaranlage um Strahlungssensor
- 2001 Erweiterung des Ronsdorfer Solarpfads auf 50 Stationen
- 2002 Schüler errichten eine Fotovoltaikanlage auf der neuen Kinderklinik
- 2003 Verarbeitung von Daten im Unterricht
- 2004 10-Jahre Projekt SONNIG
- 2005 Erhöhung der Leistung nach Erneuerung der Module

2. Schüler planen eine Solaranlage

An der Städtischen Erich-Fried-Gesamtschule in Ronsdorf sollte 1994 eine Fotovoltaikanlage errichtet werden. Politischer Hintergrund war damals die lokale Agenda 21. Im Rahmen des Klimaschutzabkommens (Aalborg Charta) hatten sich viele Städte verpflichtet, den Ausstoß an Treibhausgasen zu mindern. Schüler, Eltern und Lehrer begannen einen Beitrag zur Verringerung des Treibhausgases CO₂ zu planen. Der Förderverein der Schule stand dem Projekt anfangs skeptisch gegenüber. Nur wenige Handwerksbetriebe waren in der Lage Solartechnik anzubieten. Förderprogramme zur Breitenförderung der Solarenergie existierten zu diesem Zeitpunkt weder auf Bundes-, Landes- noch kommunaler Ebene. Die erste netzgekoppelte Fotovoltaikanlage in Wuppertal war 1992 von dem kleinen gemeinnützigen Verein namens "regen e.V." (abgeleitet von **regenerativer Energie**) mit Unterstützung des Landes Nordrhein-Westfalen errichtet worden. Dieser Verein übernahm im Jahr 1994 die Projektierung einer großen Fotovoltaikanlage auf dem Dach der Schule. Mehr Informationen dazu siehe: <http://www.efg.wtal.de/SOLAR/son1.htm>

Zunächst bauten Schüler des zehnten Jahrgangs im Technikunterricht ein Maßstab getreues Funktionsmodell und präsentierten es auf Schulveranstaltungen. Eltern und Lehrer hatte kaum eine genaue Vorstellung von der Dimension und den Kosten einer Fotovoltaikanlage Ronsdorfer Handwerksbetriebe meldeten Interesse an und wurden als Sponsoren gewonnen. Förderprogramme vom Land und dem lokalen Energieversorger kamen 1996 hinzu und machten eine 100-prozentige Finanzierung des Projekts möglich. Ein Gestattungsvertrag wurden mit der Kommune als Gebäudeeigentümer abgeschlossen, Förderanträge wurden gestellt und ein Finanzkonzept erstellt.



Abb. 1: Die Planung beginnt am Modell (Foto: Ehlert)

(siehe auch: Sicher durch den Schulalltag, Beitrag G II 5.1, S. 6)

Beteiligte am Bau der Solaranlage:

- Betreiber: Förderverein Gesamtschule Ronsdorf e.V.
- Projektidee: Dipl.-Ing. Kristian Bisek, Dr. Klaus Ehlert
- Lieferung und Bauleitung: Firma SOTECH, Düsseldorf
- Montage: Firma Alex, Wuppertal-Ronsdorf
- Dacharbeiten: Firma Clemens, Wuppertal-Ronsdorf
- Baustoffe: Firma Urspruch, Wuppertal Ronsdorf
- Schülerinnen und Schüler des Technikkurs 10. Jahrgang 1996
- Zwischenfinanzierung: Stadtparkasse Wuppertal
- Lokale Förderung: Wuppertaler Stadtwerke AG
- Landesförderung: REN-Programm Ministerium Bauen und Wohnen

3. Projektidee entwickeln

Was fehlte war ein Projektname und eine Projektidee. Die Lehrer Dipl.-Ing. Kristian Bisek und Dr. Klaus Ehlert entwickelten den

SONNIG
SONnenenergie betriebene
Niederspannungserzeugung an
der Gesamtschule Ronsdorf

Projektnamen SONNIG. (www.efg.wtal.de/SOLAR/son1.htm). Die Idee des Projekts war, die Computer an der Schule ideell mit Strom aus Sonnenenergie zu versorgen.



Abb. 2: Dachdeckermeister Clemens, unser ehemaliger Schüler, 1996 vor der fertig gestellten Fotovoltaikanlage. (Foto: Verein für Klimaschutz regen e.V.)

Zur ganzjährigen Versorgung sämtlicher Computer der Schule für wenigstens 5 Stunden täglich war eine größere Fotovoltaikanlage nötig. Die Anlage sollte elektrische Energie erzeugen, die ins öffentliche Netz eingespeist werden konnte. Nach zweijähriger Vorbereitungszeit wurde 1996 mit Unterstützung von Eltern, Schülern und Handwerkern die erste netzgekoppelte Fotovoltaikanlage auf dem Dach der Schule installiert. Unter den Handwerkern war auch ein ehemaliger Schüler, inzwischen Dachdeckermeister, der nun die Dacharbeiten übernahm und seine Arbeitsleistung für das Projekt spendete.

4. Förderverein betreibt Fotovoltaikanlage

Der Förderverein der Schule betreibt diese Fotovoltaikanlage mit einer Spitzenleistung von fünf Kilowatt (kW_p) seit 1996. Die zu erwartende Energiemenge beträgt je nach Sonnenscheindauer zwischen 3.000 und 4.000 Kilowattstunden (kWh) jährlich. Dies entspricht etwa dem Bedarf eines Vierpersonen-Haushaltes. Der Umwelt bleibt jährlich eine Menge von ca. 3 Tonnen des Treibhausgases CO_2 erspart. Die Fotovoltaikanlage steht auf dem Flachdach der Schule und ist genau nach Süden ausgerichtet. Die von der Sonne beschienene Fläche der Solaranlage beträgt 40 m^2 , die benötigte Dachfläche beträgt 200 m^2 . Die fotovoltaisch erzeugte Energie wird ins Netz der Wuppertaler Stadtwerke AG eingespeist. In Wuppertal wurden zu Beginn 56,6 Pfennig, ab dem ab 1. Januar 2001 dann 50,62 Cent pro Kilowattstunde (kWh) erstattet. Diese sogenannte Einspeisevergütung wird entsprechend den Regelungen des Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) 20 Jahre lang gezahlt.

Der aus Sonnenenergie gewonnene elektrische Strom deckte anfangs indirekt ganzjährig die Versorgung sämtlicher Computer der Schule für 5 Stunden täglich. Dies war leider noch nicht einmal 1% des Gesamtbedarfs der Schule an elektrischer Energie, denn der liegt bei ca. 700.000 Kilowattstunden jährlich. Das würde ausreichen um:

- 200 Familienhaushalte zu versorgen oder die
- Pyramide des Pharaos Cheops zu errichten - und das jedes Jahr!

Aber die Gesamtversorgung der Schule mit elektrischer Energie war nicht Ziel des Solarprojekts. Neben einem Beitrag zum Klimaschutz und der Erzeugung von Solarstrom war die Multiplikatorfunktion des Solarprojekts im Stadtteil ein wichtiges Ziel.

5. Didaktik

Der didaktische Zweck der Fotovoltaikanlage steht jedoch im Vordergrund. Folgende didaktische Aspekte werden mit dem Solarprojekt an unserer Schule deutlich:

- die Anzeige der momentan erzeugten Leistung,
- die Anzeige der bisher ins Netz eingespeisten Energie,
- die Verarbeitung der Solardaten im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht,
- die Berechnung der Menge des der Umwelt ersparten Treibhausgases CO₂,
- Vergleich der Leistungsdaten benachbarter Fotovoltaikanlagen,
- die Demonstration des Potentials an erneuerbarer Energie,
- die auf dem Gebäude der Schule gewonnen werden kann,
- die Beobachtung der Energiegewinnung und direkten Nutzung der Sonnenenergie,
- die Information über Klimaschutz und Minderung der CO₂-Belastung,
- die Demonstration dezentraler Energieversorgung und Verringerung von Energietransportverlusten bzw. Umspannungsverlusten.

Bei einem Rückblick auf die gesetzten Ziele kann nach 10 Jahren folgendes festgestellt werden. Die Computer der Schule können schon längst nicht mehr mit der von der Fotovoltaikanlage gewonnenen Energie betrieben werden. Dazu ist ihre Zahl mittlerweile zu groß geworden. Ein wirtschaftliches Ziel wurde jedoch unmittelbar und nicht erst nach zehn Jahren erreicht. Der Förderverein der Schule konnte die Fotovoltaikanlage ohne finanzielle Lasten übernehmen und freut sich jedes Jahr - und das für die Dauer von insgesamt 20 Jahren gesetzlich garantiert - über 1.500 bis 2.000 Euro Einspeisevergütung vom Energieversorger. Dafür läßt sich so manches in der Bibliothek bewegen oder auch mal ein neuer Computer anschaffen.

6. Solarpfad Ronsdorf



Die Idee eine Fotovoltaikanlage aufs Dach zu bauen wurde von zahlreichen Familien und Firmen im Stadtteil Ronsdorf aufgegriffen. Unter Federführung der Schule wurden die Standorte der thermischen und elektrischen Solaranlagen zum „Ronsdorfer Solarpfad“ zusammengefaßt. Ausgehend von der Gesamtschule können Interessierte Bürger einen für sie informativen Teil des Solarpfades begehen und Anlagen verschiedener Bauart vergleichen und mit den Betreibern Informationen austauschen. Die erste Führung fand am 1. Mai 1997 statt. In den folgenden Jahren arbeiteten die Schüler an der Erweiterung des Ronsdorfer Solarpfades von anfangs 12 auf 50 Stationen. Bis zum Jahr 2003 wurden im Stadtteil Ronsdorf um die Schule herum insgesamt 50 Fotovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 140 Kilowatt Leistung installiert. Das sind 16 % der im gesamten Versorgungsgebiet der Stadt Wuppertal installierten Leistung. Dies waren bis Ende 2003 fast 900 Kilowatt. Vergleicht man nach 10 Jahren Projektlaufzeit den Bestand an Solaranlagen in Stadtteil Ronsdorf läßt sich durch die Multiplikatorfunktion des schulischen Solarprojekts eine deutliche Verdichtung von Solartechnik feststellen. Dazu trägt auch der „Ronsdorfer Solarpfad“ bei.

Eine im Foyer der Schule installierte Anzeigetafel wird täglich von 1200 Schülern, Lehrern und Besuchern passiert. Die aktuellen elektrischen Leistungswerte (Watt) und das Anwachsen der ins Netz eingespeisten Energie (Kilowattstunden) kann jeden Tag beobachtet werden.



Abb. 3: Solardaten öffentlich darstellen

Ein Ziel des Projektes SONNIG ist es, Daten und Erträge anderer Solaranlagen in Ronsdorf oder anderswo zu messen, auszuwerten und zu vergleichen. Im folgenden Kapitel werden Unterrichtsbeispiele gezeigt.

7. Fotovoltaik im naturwissenschaftlichen Unterricht

Didaktische und methodische Überlegungen

Mit dem Bau der Photovoltaikanlage gingen auch Überlegungen zur Einbindung des Themas in den Fachunterricht einher. Es wurden Erfahrungen gesammelt und Ideen entwickelt, die Thematik und die Meßergebnisse im Unterricht zu berücksichtigen. Das betrifft zur Zeit die Fächer Physik, Technik, Chemie, Gesellschaftslehre und Erdkunde.

Besonders bietet das Wahlpflichtfach Naturwissenschaften (Klasse 7-10) an unserer Schule die Möglichkeit ein Konzept rund um die Solaranlage zu entwickeln. Die Themen Sonnenenergie, Licht, Lichtmessung, Beleuchtung, Photovoltaik, Halbleiter, Silizium,



Funktionsweise von Solarzellen wurden unterrichtet. Aber auch für den Unterricht der Sekundarstufe II bietet sich das Thema an. Für einen Physikkurs der gymnasialen Oberstufe kann das Thema einen breiten Bereich abdecken, denn der Einzugsbereich des Themas ist weit gestreckt vom Hallwachseffekt und Einsteins lichtelektrischem Effekt bis zur Konzeption der ersten Silizium-Solarzelle mit einem Wirkungsgrad von 5 % und bis hin zur Entwicklung organischer Solarzellen.

Abb. 4: Mit dem Solar-Experimentierkoffer wird Unterricht praktischer

Zur experimentellen Behandlung des Themas dient ein „Solar-Experimentierkoffer“ des Arbeitskreis Schulinformation Energie (www.mark-e.de/der_solar_experimentierkoffer.asp) der sich hervorragend einsetzen läßt. Der Koffer ermöglicht es, mit 11 beschriebenen Versuchen, fotovoltaische Grundversuche durchzuführen. Der Solar-Experimentierkoffer enthält die komplette Ausstattung für elf Experimente für 12 bis 16 Schüler und bietet sich für den Einsatz in der Sekundarstufe I an. Im zugehörigen Schülerarbeitsheft finden Ihre Schüler die Versuchsanleitungen, Diagramme und Hinweise für die Versuchsaufnahme und -auswertung. Im Lehrerheft finden Sie verschiedene Möglichkeiten für den Themeneinstieg sowie Anregungen für die Umsetzung im Unterricht. Der eigenen Kreativität sind keine Grenzen gesetzt. Allein die Messung der Beleuchtungsstärke führt schnell auch in den Bereich des Energiesparens.

8. Solardatenverarbeitung im Unterricht

Die Schüler arbeiten an der Auswertung und dem Vergleich der Leistungsdaten der Anlage mit anderen Fotovoltaikanlagen. Ziel ist es, Kriterien für die Optimierung von Solaranlagen zu gewinnen. Dazu übertragen sie die Daten in Excel-Tabellen, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

Die Datenerfassung erfolgt am Wechselrichter der Fotovoltaikanlage, bei dem folgende Daten abgefragt werden können:

- Aktuelle Leistung,
- Tages-/Monatsspitzenleistung,
- aktuelle Solarspannung, -strom,
- Solarstrahlung und Modultemperatur,
- Tages-/Monats/Jahresgesamtarbeit.



Abb. 5: Schüler übertragen die Solardaten in Tabellen (Foto: regen e.V.)

Alle 28 Tage werden die Daten in einen externen Rechner übertragen und weiterverarbeitet. Wir arbeiten mit einer Software, die es auch ermöglicht, die Daten als ASCII-Datei zu exportieren. So stellen wir die Meßdaten bis 2005 im INTERNET zur Verfügung: www.efg.wtal.de/SOLAR/son1.htm Die Schüler können die Daten aus dem INTERNET abrufen und in einer Tabellenkalkulation (z. B. EXCEL-Tabellen) verarbeiten.

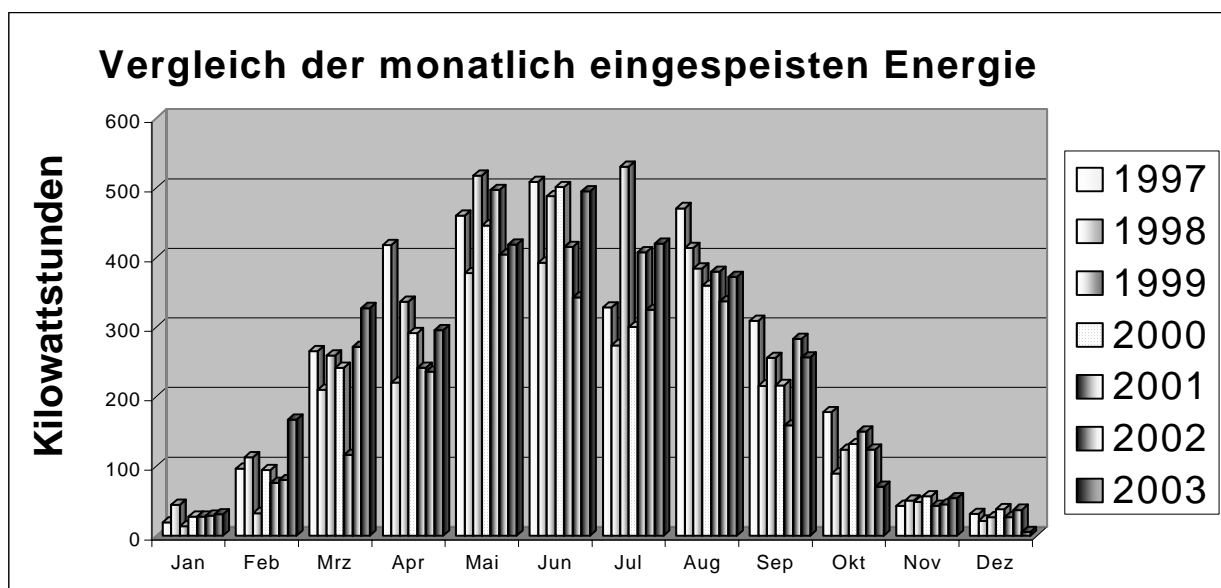


Abb. 6: Vergleich der monatlichen Solarerträge in den Jahren 1997 (links) bis 2003 (rechts): der Juli 1999 war mit 530 kWh fast doppelt so sonnig wie der Juli 1998 mit 274 kWh.

Integriert man die Fläche unter den Leistungskurven, so gewinnt man den Wert der elektrischen Arbeit in Kilowattstunden, die von der Solaranlage an diesem Tages ins Netz eingespeist wurde. Dazu übertragen die Schüler die Daten aus dem Internet in Spalten einer EXCEL-Tabelle. Die Daten sind in einem Zeitraster von zehn Minuten abgelegt. Die Summe der Daten braucht also nur noch durch das Zeitintervall von einer sechstel Stunde geteilt werden. Ein einfache Verfahren, das auch von Schülern der Sekundarstufe I durchgeführt wird.

An dem bewölkten 12. Juli 2003 (links) wurden 13,85 Kilowattstunden, an dem unbewölkten 14. Juli 2003 (rechts) wurden 22,06 Kilowattstunden Energie gewonnen.

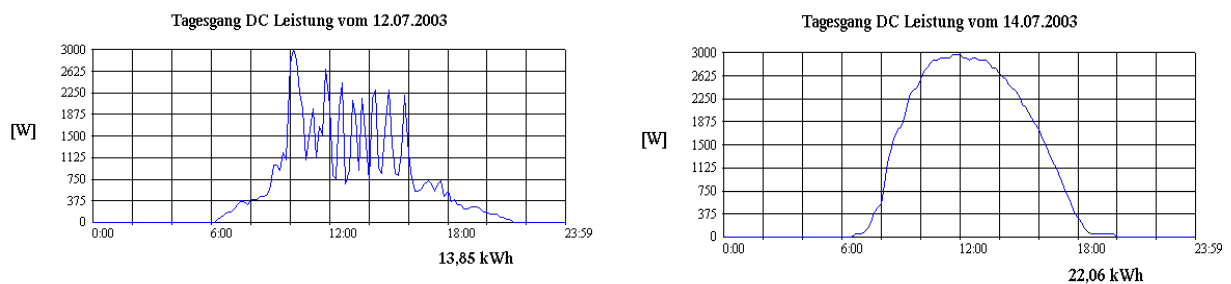


Abb. 7: Die Grafiken zeigen den Verlauf der von der Solaranlage erzeugten elektrischen Leistung (Watt) an einem bewölkten Julitag (links) und einem unbewölkten Julitag (rechts).

Ob nun ein Sommer wirklich verregnet war oder nicht wird in folgender Graphik deutlich.

So war das Jahr 2003 das insgesamt ertragreichste Jahr der letzten zehn Jahre. Mit 3287 Kilowattstunden war es um 20 % sonniger als das Jahr 2002 mit 2655 Kilowattstunden.

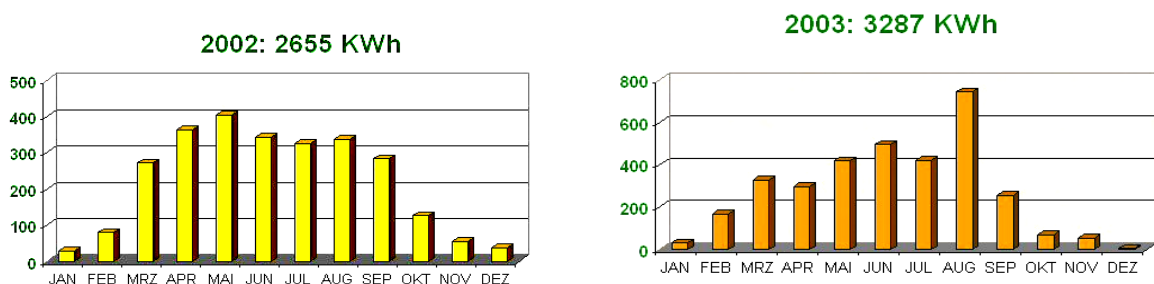


Abb. 8: Vergleich der gewonnenen Energie in den Jahren 2002 und 2003

9. Weiter Unterrichtsbeispiele

Der Bezug zum Lehrplan Physik des zehnten Jahrgangs sind die Themen elektrische Arbeit und Leistung. Die Schüler sollten diese Begriffe auseinanderhalten können, was manchen "Experten" schwer fällt. Beim Thema Halbleitertechnik ist die Behandlung der Effekte an der p-n-Grenzschicht vorgesehen. Der fotovoltaische Effekt vermittelt die theoretische Grundlage der Solartechnik. In der Chemie geht's um Gewinnung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie. Elektrolyse und Wasserstofftechnologie, Solarwasserstoff und Brennstoffzellen.

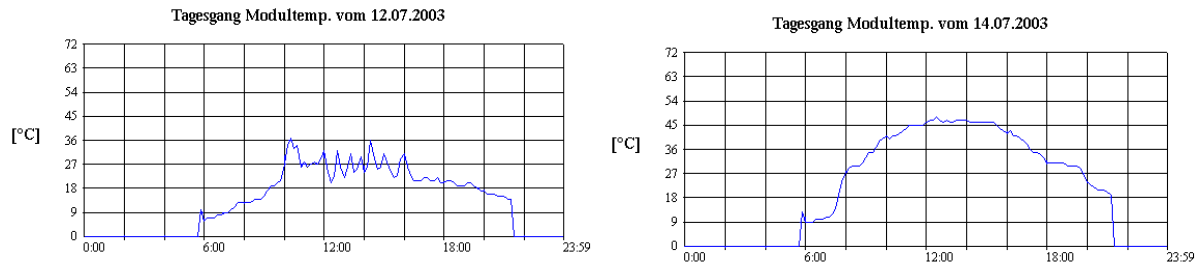


Abb. 9: Die Grafiken zeigen den Verlauf der Modultemperatur (Grad Celsius).
Der Sommer 2003 war mit über 45 Grad Celsius der heißeste in zehn Jahren.

Wirtschaftsgeographie thematisiert die Energiequellen und Energieströme weltweit. Solartechnologie könnte in Zukunft Lücken in der Energieversorgung abgelegener Gebiete schließen. Dabei sind Sonnenscheindauer und Sonnenstrahlung interessante Parameter. So beträgt die Sonnenscheindauer in Nordrhein-Westfalen zwischen 1.300 und 1.600 Stunden pro Jahr, in Baden-Württemberg bis zu 1.900 Stunden pro Jahr. Die Solarstrahlung erreicht in Deutschland Werte zwischen 800 und 1.200 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr. In Gebieten zwischen 20. und 40. Breitengrad, zum Beispiel in der Sahara aber auch im Himalaja, liegen die Werte zwischen 2.000 und 2.500 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr.

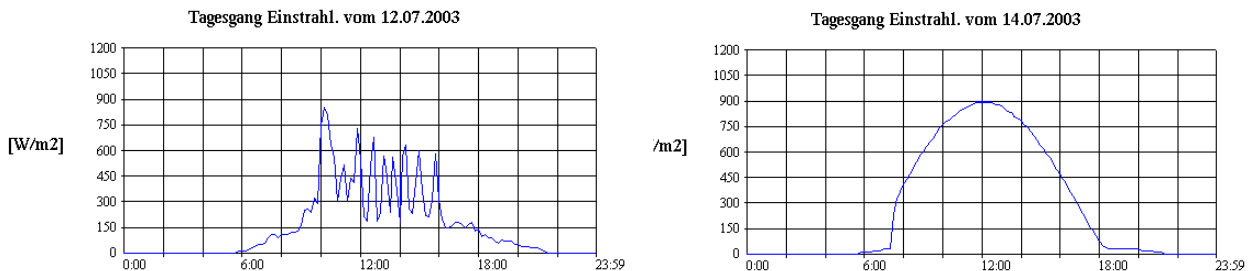


Abb. 10: Die Grafiken zeigen den Tagesverlauf der Solarstrahlung (Watt pro Quadratmeter)

Auch die Geschichte der Fotovoltaik ist höchst interessant. Der fotovoltaische Effekt wurde schon 1839 von dem französischen Physiker Henry Becquerel entdeckt. Albert Einstein konnte im Jahr 1905 den fotovoltaischen Effekt theoretisch erklären. Parallel zu Entwicklung der Halbleitertechnik und des ersten Transistors wurde 1954 die erste Silizium-Solarzelle hergestellt. Dies war die Voraussetzung für die solare Energieversorgung von Satelliten. Der amerikanische Satellit Vanguard I war 1958 der erste, der durch fotovoltaische Zellen versorgt wurde. Heute wird die Internationale Raumstation (ISS) mit elektrischer Energie versorgt. Ins deutsche Verbundnetz speisen Fotovoltaikanlagen jährlich circa 280 Millionen Kilowattstunden ein.



Abb. 11: Ansicht der Anlage im Jahr 2006

Foto: Ehlert

Dieser Beitrag wurde mit freundlicher Genehmigung entnommen aus:

Bisek, K.: Schuldach mit Solaranlage - regenerative Energienutzung. Rechtsfragen, Sicherungsmaßnahmen, Unfallprävention klären. In: Sicher durch den Schulalltag. Raabe Verlag Berlin Oktober 2003

Bisek, K.: SONNIG geht's prima. Schüler installieren eine Solaranlage. In: Sicher durch den Schulalltag. Raabe Verlag Berlin März 2004