

IZT

Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung

Institute for Futures Studies and Technology Assessment

Solarsupport für Schulen

Schlafende Fotovoltaikanlagen für die Umweltkommunikation nutzen

Michael Scharp, Martin Dinziol, Florian Kliche

Werkstattbericht Nr. 102

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des *Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit* unter dem Förderkennzeichen FKZ 0327613 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Berlin, Juli 2009

ISBN 978-3-941374-02-7

© 2009 **IZT**

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

(WerkstattBerichte / IZT, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung; Nr. 102)

ISBN 978-3-941374-02-7

© 2009 **IZT** by Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Printed in Germany

Kurzfassung

Die Frage, wie Energieversorgung in der Zukunft nachhaltig und langfristig gesichert werden kann, steht im Fokus gegenwärtiger politischer Debatten. Erneuerbare Energien spielen eine große Rolle bei den Planungen zur Deckung des zukünftigen Energiebedarfs. Stetig steigende Preise für fossile Brennstoffe wie etwa Kohle, Öl und Gas oder die nach wie vor ungeklärte Frage der Entsorgung atomarer Abfälle machen diese Diskussionen besonders notwendig. Auch um dem Klimawandel entgegenzutreten, bedarf es erneuerbarer und somit CO₂-freier Energien, die auch in Zukunft eine langfristige nachhaltige Energieversorgung sicherstellen.

In diesem Zusammenhang der nachhaltigen Energieversorgung ist das Projekt Solarsupport angesiedelt, welches vom Bundesministerium für Umwelt gefördert wurde (FKZ 0327613). Das Vorhaben wurde vom Unabhängigen Institut für Umweltfragen e.V. (UfU) koordiniert und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH sowie der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie Landesverband Berlin-Brandenburg e.V. (DGS) durchgeführt. Das Projekt befasst sich speziell mit dem Thema der pädagogischen Behandlung der Solarenergie-Nutzung an Schulen. Trotz der relativ hohen Anzahl von Solaranlagen an Schulen nutzen die wenigsten diese Anlagen im Unterrichtszusammenhang. Das Projekt Solarsupport hat eine Befragung unter Schulen mit Solaranlagen durchgeführt. Als Hauptursachen für den unzureichenden unterrichtlichen Einsatz der Solaranlagen benannten die befragten Lehrkräfte „fehlendes pädagogisches Konzept“ und „kein Interesse der Kollegen“, was sich wiederum gegenseitig bedingen kann. Gleichzeitig wurde deutlich, dass sich viele Solaranlagen aufgrund der mangelnden technischen Ausstattung (fehlende Displays, fehlende Auswertungsmöglichkeiten ihrer Erträge und fehlende Einbindung in Schul-Computer und Internet) nur schlecht pädagogisch einsetzen lassen. Auf Grundlage dieser Analyse wurde eine genauere Bestandsaufnahme vorgenommen und analysiert, worin die Hemmnisse beim pädagogischen Nutzen der Anlagen bestehen. Die Arbeit des Projekts gliederte sich in drei Arbeitsbereiche. Erstens wurden Beispiele für Good Practice im Bereich der technischen und datentechnischen Ausstattung von Solaranlagen zum Zweck der pädagogischen und kommunikativen Nutzung entwickelt. Zweitens wurden Beispiele von Good Practice insbesondere der projektorientierten pädagogischen Nutzung zusammengestellt und weiterentwickelt. Drittens wurden Unterrichtseinheiten für die Grundschule (4. und 5. Klasse) und die Primarstufe I entwickelt, welche verschiedene Aspekte der Anlage zum Thema haben und sich insbesondere den Einbezug der Anlage in den Regelunterricht beziehen. Der vorliegende Werkstattbericht über Good Practice im Bereich der pädagogischen Nutzung von Solarenergie dokumentiert die gewonnenen Erkenntnisse. Die Beschreibungen der Good Practice werden durch individuelle Vorschläge zur Optimierung der pädagogischen Anlagennutzung ergänzt.

Abstract

A central question of today's political debates is: Which means are there for ensuring a long-term and sustainable energy supply? Here, strategies for covering tomorrow's energy supply assign renewable energies a decisive role. In face of constantly rising prices for fossil fuels like carbon, oil and gas or the still open question concerning the removal of atomic waste, these discussions are eminently urgent. In order to confront climatic change, renewable energies are needed, so that also in the future a long-term and sustainable energy supply is secured.

Sustainable energy supply is the context for the project Solarsupport, which has been supported by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (FKZ 0327613). The project has been coordinated by the Institute for Environmental Questions ("Unabhängige Institut für Umweltfragen e.V." - UFU) and conducted in cooperation with the Institute for Future Studies and Technology Assessment ("Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH" - IZT) and the German Society for Solar Energy, Regional Association Berlin-Brandenburg (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie Regionalverband Berlin-Brandenburg e.V. - DGS). Particularly, the project is concerned with the pedagogical use of solar energy at school. Despite the relatively high number of solar plants at schools, only a few use their plants for pedagogical means. The project Solarsupport surveyed schools with solar plants. As the main reason for the insufficient pedagogical use of solar plants the interviewed teachers named the lack of a pedagogical concept and their colleagues' disinterest, two factors which are able to reinforce one another. Moreover, it became clear that because of their insufficient technical equipment (no displays, no means for evaluating the plants' output, no connection with the school computers and internet) a high number of the solar plants are not suitable for integration into pedagogical contexts. On the basis of this survey, an detailed analysis has been carried through and reasons for the lack of pedagogic use have been identified. The project concentrated on three work fields. First, it developed examples of good practice regarding the technical and the database equipment of solar plants with special emphasis on its applicability for pedagogical and communicative ends. Second, examples of good practice have been gathered and developed, which especially concern the pedagogical use of the plants in the framework of school projects. Third, the project designed school units for the basic primary school (fourth and fifth class) and the Sekundarstufe I (sixth to tenth class), which deal with several aspects of the plant and which are specifically concerned with including the plants in regular teaching. This Werkstattbericht on Good Practice in the domain of the pedagogical use of solar plants documents the insights the project achieved in the three named areas. The descriptions of good practice are supplemented by individual recommendations for optimizing the pedagogical use of the plants.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
2	Auswahl von Good Practice und Optimierungen.....	8
3	Die pädagogische Nutzung schulischer Solaranlagen.....	12
4	Beispiele für Good Practice-Schulen.....	17
5	Auswertung der Befragung	87
6	Unterrichtseinheit Solarsupport für die Grundschule	114
7	Thema 1: Wie funktioniert unsere Solaranlage?	117
8	Thema 2: Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?	128
9	Thema 3: Wir verbessern unsere Solaranlage!.....	140
10	Solarenergie in der Diskussion.....	148
11	Unterrichtseinheit Solarsupport für die Sekundarstufe.....	158
12	Thema 1: Wie funktioniert unsere Solaranlage?	161
13	Thema 2: Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?	171
14	Thema 3: Wir verbessern unsere Solaranlage!.....	184
15	Thema 4: Solarenergie in der Diskussion.....	196
16	Anhang I: Befragungsbogen.....	204

1 Einleitung

Die Frage, wie die Energieversorgung in Zukunft nachhaltig und langfristig gesichert werden kann, steht im Fokus der heutigen politischen Debatten. Erneuerbare Energien spielen eine große Rolle zur Deckung des zukünftigen Energiebedarfs. Die ständig steigenden Preise für fossile Brennstoffe wie Kohle, Öl oder Gas oder die nach wie vor ungeklärte Frage der Entsorgung atomarer Abfälle machen diese Diskussionen notwendig. Um dem begonnenen Klimawandel begegnen zu können brauchen wir erneuerbare Energien, um auch in der Zukunft eine langfristige nachhaltige Energieversorgung sicherzustellen. „Die Bundesregierung hat in ihrem Energie- und Klimapaket beschlossen, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf 25 bis 30 Prozent zu erhöhen. Das ursprüngliche Ziel bis dahin war ein Anteil von mindestens 20 Prozent. Nach 2020 soll der Anteil kontinuierlich weiter steigen. Schon heute ist der Bereich der erneuerbaren Energien ein bedeutender Wirtschaftszweig und ein Motor für Innovation, Wachstum und Beschäftigung. „Es gab 2006 bereits



235.000 Arbeitsplätze in dieser Branche. Mit dem Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung sollen die Arbeitsplätze bis 2020 auf über 400.000 erhöht werden.“¹

Bereits seit den 1970er Jahren ist die Nutzung der Solarenergie ein Thema an Schulen. Zunächst war es vor allem Thema von Diskussionen und der Vermittlung theoretischen Wissens. Später, in den 80er Jahren, folgten erste Projekte zur Solarenergienutzung an den Schulen, wodurch das Thema auch zum Gegenstand des praktischen Unterrichts wurde. Den ersten Pilotanlagen

(zumeist als Inselösungen ohne Netzeinspeisung) in den 80er Jahren, folgten in den 90er Jahren erste Projekte zur wirtschaftlichen Nutzung von Solaranlagen im Rahmen von Schulprojekten (z.B. an der Alexander-von-Humboldt-Gesamtschule in Viernheim). Außerdem gab es bereits verschiedene Projekte zur Verbreitung kleiner Solaranlagen mit Demonstrationscharakter (Inselanlagen oder netzgekoppelte Anlagen mit einer Nennleistung von zumeist 1 kW_p). Viele dieser im Vergleich zu anderen PV Anlagen mit Netzeinspeisung relativ kleinen Anlagen wurden explizit auch zur schulischen Thematisierung von Solarenergie und erneuerbaren Energien insgesamt angeschafft. Das Stromeinspeisegesetz und später das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2004) gaben der Nutzung der Solarenergie an Schulen, vor allem im Süden Deutschlands, weiteren Auftrieb. Zwischen 10-20% der Schulen in Deutschland haben bereits eine Solaranlage.



¹ http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/40735.php.

In diesem Zusammenhang ist das Projekt Solarsupport thematisch verankert. Das Projekt widmet sich der Ermittlung von Good Practice im Bereich der pädagogischen Nutzung schulischer Solaranlagen sowie der Identifizierung von Faktoren, die den pädagogischen Einbezug der schuleigenen Solaranlagen hemmen. Das Projekt Solarsupport hat zu diesem Zweck eine Befragung unter Schulen mit Solaranlagen durchgeführt. Der vorliegende Werkstattbericht präsentiert die zentralen Einsichten des Projekts. Es werden die Inhalte von Good Practice Projekten zur Solarenergienutzung an Schulen dargestellt und Beispiele dafür angeführt. Hierbei sind „Good Practice“ aufgrund der Projektintention, „schlafende Solaranlagen zu wecken“, nicht im eigentlichen Sinne als Good Practice zu verstehen, da entweder die Anlagen oder die pädagogischen Konzepte Defizite aufweisen, die mit den Produkten dieses Moduls behoben werden sollen. Die hier beschriebenen Good Practice zielen somit auf die Konzepte, die mit der durchgeführten technischen Optimierung erreicht werden sollen. Zudem werden die einzelnen Faktoren, die sich hemmend auf die pädagogische Nutzung der schuleigenen Solaranlagen auswirken erläutern.



Zusätzlich wurde im Rahmen des Projekts eine Unterrichtseinheit „Solarsupport“ entwickelt, die zur didaktischen Unterstützung von Solarprojekten in der Grundschule und der Sekundarstufe I genutzt werden kann. Diese Unterrichtseinheit wird in diesem Werkstattbericht ebenfalls dokumentiert.

Noch immer ist die Errichtung einer Solaranlage an einer Schule für die Aktivisten ein kleines Abenteuer, das viel Engagement von den Initiatoren an den Schulen erfordert, das häufig auch in der Freizeit geleistet wird. Wir möchten diese mit den dargestell-

ten Beispielen ermutigen, sich für eine schuleigene Solaranlage einzusetzen und diese auch im Unterricht zu nutzen. Wir wünschen allen, die sich dafür engagieren viel Erfolg und das Erlebnis, dass Solarenergie zudem einen interessanten und zukunftsrelevanten Unterricht ermöglicht!

2 Auswahl von Good Practice und Optimierungen

Die Schulen zur Beschreibung der Good Practice wurden in einem mehrstufigen Verfahren ermittelt. In einem ersten Schritt erfolgte die Erfassung der schulischen Solaranlagen. Hierzu wurden Expertengespräche mit den Netzbetreibern in Berlin-Brandenburg und in der Region Mittelfranken durchgeführt, die Schulträger der Länder bzw. Regionen befragt sowie Programme von Bund, Ländern und Energieversorgern zur Förderung schulischer Solaranlagen ausgewertet. Hierbei konnten 304 Schulen ermittelt werden.

Ein zweiter Schritt war eine Internet-Befragung der Schulen mit Solaranlagen in den beiden Modelregionen Berlin/Brandenburg und Mittelfranken (vgl. auch www.izt.de/solarsupport). Alle Schulen mit Emailadresse (234 Schulen) wurden auf die Befragung aufmerksam gemacht. Nach ca. vier Wochen wurde eine Erinnerungsmail geschrieben.

Drittens wurden in Schulen, die aufgrund der Kenntnisse des Projektkonsortiums besonders aktiv in der Nutzung der Fotovoltaik sind, Vor-Ort-Termine zur Besichtigung der Anlagen und Gespräche über ihrer pädagogischen Nutzung durchgeführt.

In einem vierten Schritt wurden alle Schulen, die sich an der Online-Befragung beteiligt hatten (35 Schulen mit eigener Ausfüllung der Fragebögen, 14 Schulen mit Antworten von den Errichtern der Anlage), noch einmal angeschrieben mit der Bitte um eine ausführliche Darstellung ihrer schulischen Aktivitäten zur Förderung der Fotovoltaik sowie der Defizite in der Nutzung der Anlagen.

In dem letzten Schritt wurden die Schulen, deren Anlage sich am besten zur Optimierung eignete, ausgewählt. Hierbei musste berücksichtigt werden, dass im Rahmen des Projektes Solarsupport nicht alle Mängel behoben werden konnten, d.h. es konnten nur Schulen ausgewählt werden, deren technische Optimierung finanziell tragbar war. Dabei wurden zudem solche Projekte ermittelt, die für eine Nachnutzung durch andere Schulen interessant sind. Diese wurden zunächst einzeln beschrieben und auf ihre Übertragbarkeit untersucht. Nachnutzbare Projekte oder Projektbestandteile wurden schließlich nach inhaltlichen und didaktischen Gesichtspunkten systematisiert und bilden die Grundlage für die Zusammenstellung der Good Practice.

Hierbei sind mit dem Term „Good Practice“ aufgrund der Projektintention, „schlafende Solaranlagen zu wecken“, nicht nur im eigentlichen Sinne als Good Practice zu verstehende Projekte gemeint, sondern auch Anlagen und Schulen, die typische technische oder pädagogisch-konzeptionelle Probleme aufweisen, die mit den Produkten von „Solarsupport“ aber behoben werden konnten. Die hier beschriebene Good Practice zielt somit auf die Konzepte, die mit der durchgeführten technischen Optimierung erreicht werden sollen.

Auf Basis der genannten Schritte wurden die Projekte von 28 Kooperationsschulen aus Berlin/Brandenburg und Mittelfranken ausgewählt, von denen einige hier vorgestellt werden und deren Anlagen optimiert wurden. Die Kooperationsschule im Solarsupport-Projekt verteilen sich auf die Schultypen wie folgt:

Tabelle 1: Grunddaten der Kooperationsschulen

Schultyp	Berlin/Brandenburg	Mittelfranken
Anzahl der ausgewählten Schulen	18	10
Grundschulen	6	0
Oberschulen	9	7
Berufsschulen/Erwachsenenbild	3	2
Sonstige	1	1

Quelle und Anmerkung: Eigene Darstellung. Bei der Angabe der Schultypen ist zu berücksichtigen, dass zwei Gesamtschulen in Berlin/Brandenburg sowohl bei den Grundschulen als auch bei den Oberschulen mitgezählt wurden und dass die Oberschulen in Mittelfranken bereits mit der 5. Klasse beginnen. Weil erst ab diesem Alter naturwissenschaftlich-technische Grundlagen vermittelt werden, sind keine Grundschulen in Mittelfranken ausgewählt worden.

Die Vorortbesichtigung sowie die Koordination und Durchführung der technischen Maßnahmen wurde in den Regionen Berlin und Brandenburg von der DGS und in der Region Mittelfranken von Solid durchgeführt. Die technische Umsetzung der Maßnahmen erfolgte in Berlin und Brandenburg zum großen Teil in Eigenleistung und in enger Zusammenarbeit mit den Hausmeistern bzw. Haus-technikern der Schulen. In Mittelfranken wurde die Maßnahmen überwiegend von Installationsbetrie- ben durchgeführt.

Außerdem wurden, wenn es die Installationsarbeiten aus Sicherheitsgründen zuließen, interessierte Schüler unter Aufsicht eines Fachingenieurs der DGS die Möglichkeit geboten, an den Installationsar- beiten mitzuwirken.

Bei der Vorortbesichtigung wurde der Bestand der Anlage mit den wesentlichen Komponenten wie Generator, Wechselrichter und sonstiger Komponenten wie z. B. schon vorhandener Messtechnik aufgenommen. Danach wurde in Rücksprache mit den Lehrkräften und unter Abwägung der techni- schen Möglichkeiten die technischen Optimierungsmaßnahmen nach folgenden Kriterien festgelegt:

1. Durch die technische Optimierungsmaßnahme sollte eine verbesserte öffentliche Wahrneh- mung der Photovoltaikanlage bzw. der Nutzung von erneuerbaren Energien an der Schule ge- schaffen werden.
2. In Folge der technischen Optimierungsmaßnahmen sollten die Photovoltaikanlagen pädago- gisch für den Schulunterricht nutzbar gemacht werden.

Die Kosten der technischen Optimierungsmaßnahmen durften die max. Zuwendung in Höhe von 1.200 Euro (netto) je Schule nicht überschreiten.

Die Entwicklungsarbeiten wurden in Kooperation mit insgesamt ca. 20 Schulen aus den beiden Mo- dellregionen Berlin/Brandenburg und Mittelfranken durchgeführt, wobei die einzelnen Schulen meist jeweils nur in ein oder zwei der Arbeitspakete eingebunden waren.

Im Rahmen der Optimierung der Anlagen zeigte sich, dass zumeist gleichartige Mängel vorhanden sind. Wie die folgende Tabelle zeigt, lag der Schwerpunkt der umgesetzten Maßnahmen darauf, die Ertragsdaten und teilweise auch die Umweltdaten (insbes. solare Einstrahlung, Temperatur) zugäng- lich zu machen: entweder durch Displays oder über PC, Intra- bzw. Internet. Damit wurden durch die technische Optimierung die Voraussetzungen zur Auswertung von Umwelt- und Ertragsdaten im Rahmen der pädagogischen Nutzung der Solaranlagen geschaffen.

Tabelle 2: Optimierungsmaßnahmen an den ausgewählten Schulen.

Maßnahme	Anzahl
Aufbau/Wiederherstellung von Inselanlagen	2
Installation von Sensoren zur Erfassung von Umweltdaten	3
Installation von Datenloggern zur Erfassung von Ertragsdaten	7
Aufschaltung der Daten auf einen PC, aufs Intra - oder Internet	4
Installation von Displays	8

Quelle und Anmerkung: Eigene Darstellung. Teilweise wurden mehrere Maßnahmen pro Schule durchgeführt, weshalb die Anzahl höher ist als die Gesamtzahl der Schulen, in denen Optimierungsmaßnahmen vorgenommen wurden.

Im Rahmen einer Optimierung kann z.B. die Schulsolaranlage mit einer Anzeigetafel (Darstellung des aktuellen Ertrags, Sonneneinstrahlung; der eingesparten Menge an CO₂, etc.) oder mit Sensoren (zur Messung der Einstrahlung, Temperaturen, etc.) nachgerüstet werden. Zusätzlich sollte ein Datenlogger installiert werden, der permanent die Betriebswerte der Anlage und die gemessenen Umweltdaten der Sensoren erfasst und über einen längeren Zeitraum speichert. Der Datenlogger kann jederzeit über eine Schnittstelle ausgelesen und die Daten für die weitere pädagogische Nutzung aufbereitet werden. Darüber hinaus ist es möglich, die ermittelten Werte im Internet auf der Schulseite zu präsentieren.

Für diesen Werkstattbericht wurden nach der technischen Optimierung alle Projekte zunächst auf ihre Übertragbarkeit untersucht. Nachnutzbare Projekte oder Projektbestandteile wurden schließlich nach inhaltlichen und didaktischen Gesichtspunkten systematisiert und bilden die Grundlage für die Zusammenstellung der Good Practice. Außer den Kooperationsschulen aus dem Projekt Solar-Support werden auch andere gute Beispiele aus anderen Projekten dargestellt, z.B. Solar Schools und powerado. Unabhängig vom Alter der Schüler/-innen und den technischen Voraussetzungen gelten für diese Good Practice folgende Kriterien:

- Sind Schüler/innen überhaupt einbezogen?
- Wie viele Schüler/innen sind einbezogen (einzelne Schüler/innen, einzelne Klasse/-n, alle Schüler)?
- In welchem Rahmen finden die Projekte statt (z.B. Arbeitsgemeinschaft, Projekttag, Wahl- oder Regelunterricht)?
- Welche Außenwirkung wird mit der Anlage erzielt (Ausstrahlung auf das Schulumfeld, Elternhäuser, Gemeinde etc.)
- Inwieweit trägt das Schulprojekt zur Verbreitung des Klimaschutzgedankens bei?

Insgesamt wurden die folgenden Anlagen der folgenden Schulen für eine Optimierung und als Darstellung von Good Practice ausgewählt:

Tabelle 3: Übersicht der Good Practice Beispiele.

Optimierte Anlagen und Good Practice	Weitere Good Practice
Askanische Oberschule (B)	Solaranlagen auf Oberstufenzentren OSZ (B)
Freie Montessori-Schule (B)	Surheider Schule (Bremerhaven und Bremen)
Grundschule „Am Pfefferberg“ (Biesenthal, BB)	Gymnasium Neutraubling (BY)
Grundschule an der Bäke (Berlin)	Grundschule Estorf (Niedersachsen)
Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium (Windsbach, BY)	Europaschule Regine-Hildebrandt-Grundschule (Cottbus, BB)
Friedrich-Wilhelm-Gymnasium (Königs Wusterhausen, BB)	Wentzinger Gymnasium und Realschule (Freiburg, BW)
Staatliche Wirtschaftsschule Gunzenhausen (BY)	Alexander von Humboldt-Schule (Viernheim, Hessen)
Gymnasium Eckental (BY)	

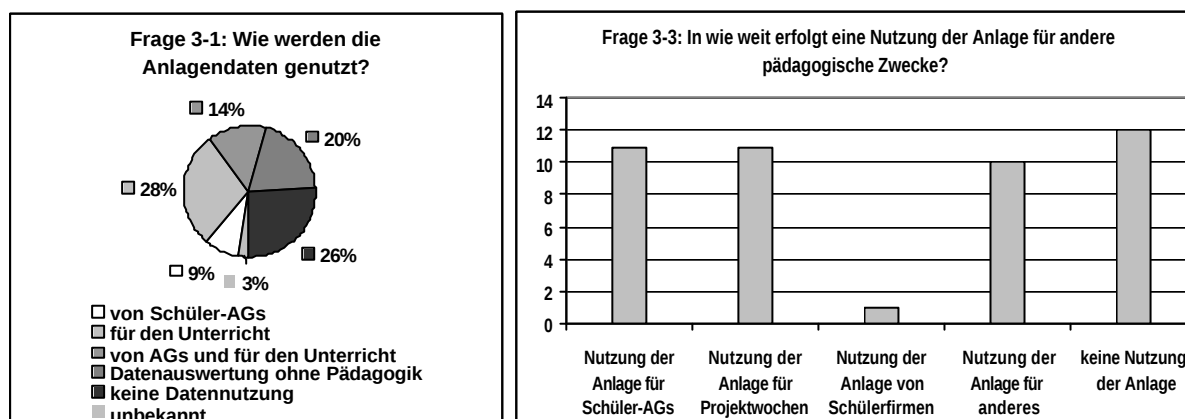
Quelle und Legende: Eigene Darstellung. B=Berlin, BB=Brandenburg, BW=Baden-Württemberg, BY= Bayern.

3 Die pädagogische Nutzung schulischer Solaranlagen

Im Rahmen der Befragung von Schulen über ihre Solaranlagen wurden auch zahlreiche Fragen zu der pädagogischen Nutzung gestellt. Im Mittelpunkt standen hierbei Fragen nach der Einbindung der Anlage in den Schulunterricht. Die Auswertung der Befragung der 35 Schulen, die sich an der Befragung beteiligt hatten, ergaben die folgenden Ergebnisse.

Die Anlagendaten werden zumeist für den Unterricht (15 von 25 Antworten)² oder andere Zwecke wie Schüler-AGs (8 von 25) genutzt.³ Nur in 9 Fällen erfolgte keine Nutzung der Anlagendaten für den Unterricht. Die Anlagen werden zumeist von Schüler-AGs oder für Projektwochen genutzt (22 von 47 Antworten). Bei 12 von 47 Antworten wurde jedoch „keine Nutzung“ der Anlage angekreuzt. Daraus folgt, dass 42% der befragten Schulen ihre Daten in Unterricht einbinden, 23% binden die Daten in AGs ein und bei 35% der Schulen erfolgt keine (pädagogische) Datennutzung. Dies zeigt, dass die pädagogische Einbindung der Anlagendaten nicht ausgeschöpft wird und an vielen Schulen verbessert werden kann. Hinzu kommt, dass den Projektbeteiligten viele Schulen in den Solarsupport Modellregionen Berlin/Brandenburg und Mittelfranken bekannt sind, die zwar über eine Solaranlage verfügen, diese aber für pädagogische Zwecke gar nicht nutzen und sich auch an unseren Befragungen nicht beteiligt haben.

Abbildung 1 und 2: Nutzung der Anlagendaten und Nutzung der Anlage für andere pädagogische Zwecke.

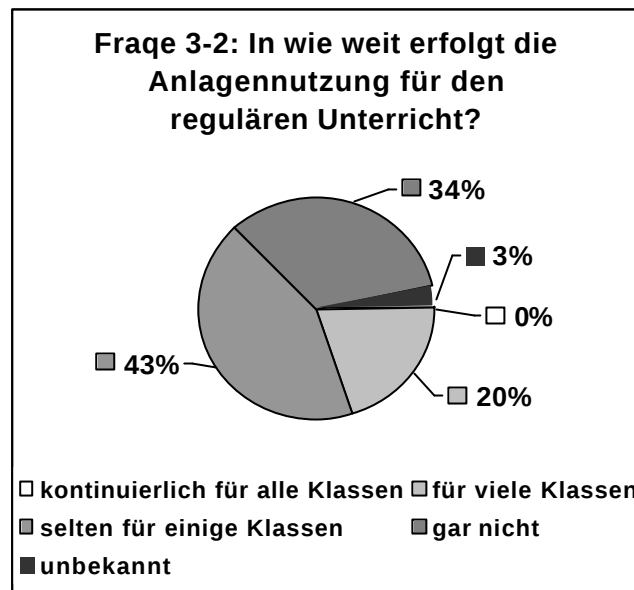


Quelle: Eigene Darstellung.

Auch wenn die Daten bei 42% der befragten Schulen in den Unterricht eingebunden sind, so ist die Einbindung der Anlage in den Unterricht eher selten und schlecht. Das zeigte sich besonders in den Antworten auf die Frage, inwieweit die Anlagennutzung im regulären Unterricht erfolgt. In keiner Schule ist dies kontinuierlich für alle Klassen der Fall. Immerhin antworten 7 von 35 Schulen, dass die Anlage für viele Klassen genutzt wird. Selten für einige Klassen ist dies bei 15 von 35 Schulen der Fall. Bei 12 Schulen erfolgt keine Einbindung in den Unterricht. Auch an diesem Ergebnis zeigt sich, dass das pädagogische Potenzial der Anlagen nicht ausreichend genutzt wird.

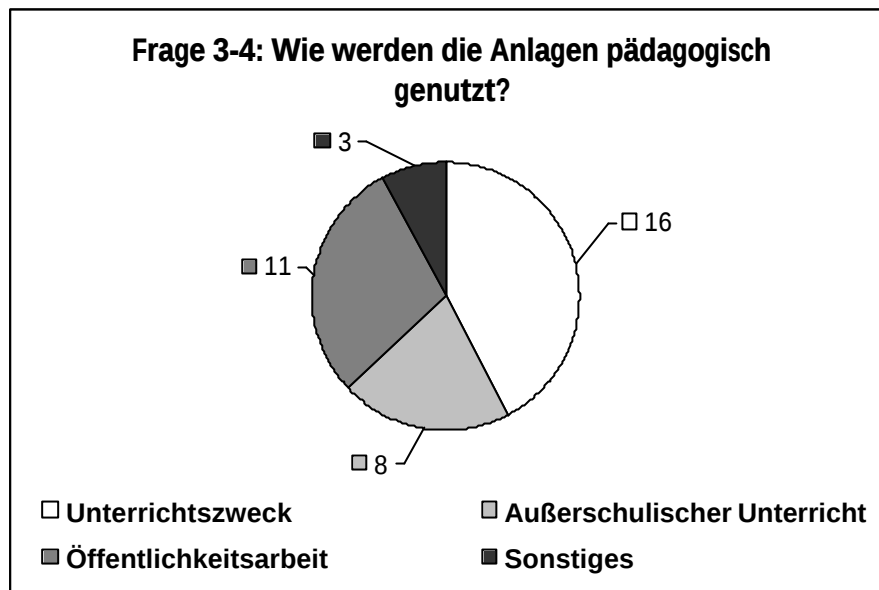
² Nicht immer haben alle 35 Schulen alle Fragen beantwortet, weshalb manche Angabenzahlen niedriger sind.

³ Aufgrund der Auswahlmöglichkeiten Unterricht, Schüler-AG's sowie Unterricht und Schüler-AG's ergibt sich hierbei eine Antwortzahl, die höher ist als die Anzahl der Antworten (n=25).

Abbildung 3: Nutzung der Anlagen für den regulären Unterricht.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die tatsächliche pädagogische Nutzung der Anlagen ist jedoch sehr vielfältig (Frage 3-4). Mehrheitlich wurde die Frage hierzu relativ konkret mit Bezug auf einzelne Unterrichtsfächer beantwortet (13 Antworten). Wie nicht anders zu erwarten, wird die Anlage vor allem im Physikunterricht bzw. in den Naturwissenschaften, Informatik sowie WAT (Werken-Arbeiten-Technik) verwendet. In Informatik geht es zumeist um die Messdatenerfassung bzw. die Tabellenkalkulation. In Physik und WAT wird die Anlage genutzt im Zusammenhang mit der Behandlung der Themen Energie, Strom und Fotovoltaik. Die Nutzung der Anlage als Anschauungs- oder Demonstrationsobjekt und für Führungen für Besuchergruppen im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit nimmt gleichfalls einen großen Teil der Antworten ein (10 Antworten). Ein dritter Schwerpunkt liegt in der Nutzung der Anlage für Projekte bzw. Projektwochen (7 Antworten). Die Ergebnisse zeigen, dass nicht nur die Schüler sowohl im Unterricht, als auch in Projekten und AGs praktisch mit dem Thema EE vertraut gemacht werden, sondern auch dass die Anlagen auf den Schulen durch Demonstrationen und Führungen zu einer gesamtgesellschaftlichen Vermittlung des Themas EE genutzt werden.

Abbildung 4: Pädagogische Nutzung der Anlagen.

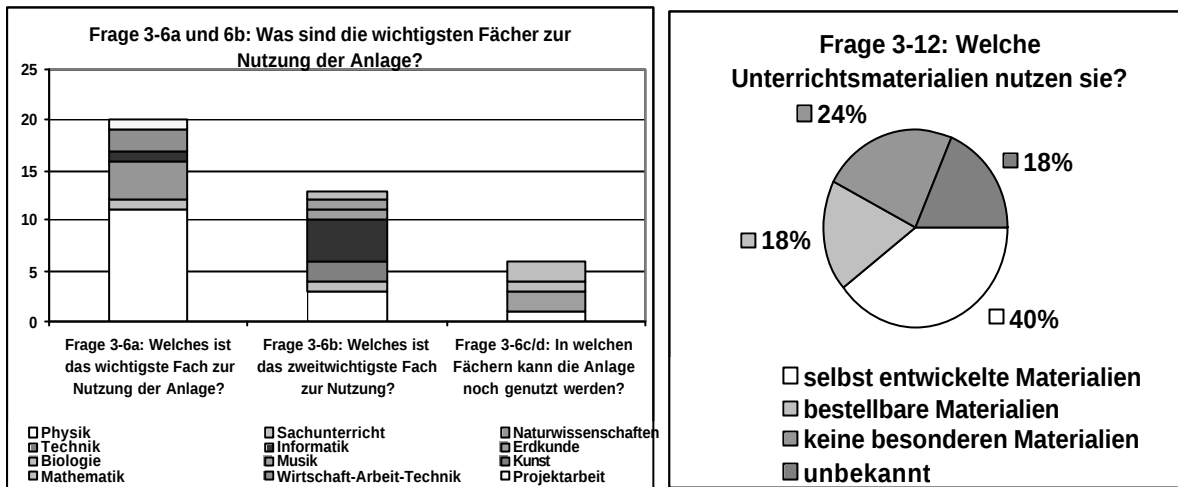
Quelle: Eigene Darstellung.

Ähnliche Antworten wurden auch hinsichtlich der Frage, wie die Anlage noch genutzt werden kann, gegeben (Frage 3-5). Zumeist wurden Nutzungsmöglichkeiten im Unterricht (5 mal), ausschließlich naturwissenschaftliche Fächer oder für Projekte bzw. Projektwochen (5 mal) benannt. Auch die Öffentlichkeitsarbeit spielt hier eine wichtige Rolle und kann noch etwa durch einen Tag der Erneuerbaren Energien, ein Schulfest und im Internet verstärkt werden (5 mal benannt). Weitere Nutzungsmöglichkeiten waren die Ausbildung von Schülerenergiesprechern und zur Darstellung der Energienutzung für die Kühlung.

In einer weiteren Frage in diesem Themenkomplex wurde nach dem Fachbezug der Nutzung der Anlage gefragt (Frage 3-6). Das wichtigste Fach zur Nutzung der Anlage ist der Physikunterricht (14 von 23 Antworten) bzw. der naturwissenschaftliche Unterricht (4 von 23 Antworten). Sachunterricht, WAT, Informatik sowie Projektarbeit wurden insgesamt 5 mal genannt. Bei der zweitwichtigsten Nutzung wurden vor allem Informatik (4 von 14 Antworten) und Physik (3 mal) benannt. Hierin zeigt sich ein allbekanntes Dilemma der Behandlung der Erneuerbaren Energien am Beispiel der Fotovoltaik: Sie sind vor allem ein technisches und naturwissenschaftliches Thema. Andere Fächer werden hiervon kaum berührt.

Weiterhin wurde nach den verwendeten Materialien für die pädagogische Nutzung der Anlage gefragt. Die Mehrheit (15 von 38 Antworten) nutzt selbst entwickelte Materialien. Nur 7 greifen auf bestellbare Materialien zurück. Neun Schulen benutzen keine besonderen Materialien und weitere sieben wählten die Antwortkategorie „unbekannt“.

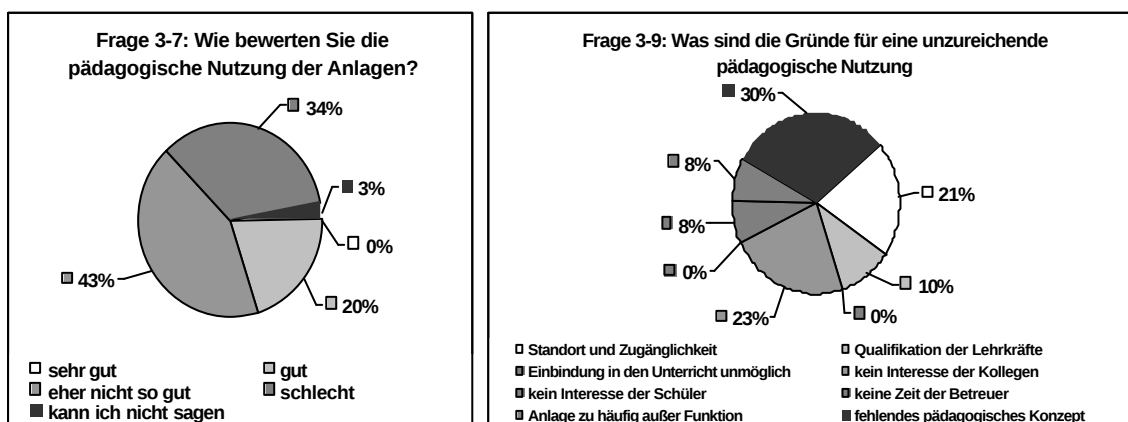
Abbildung 5 und 6: Nutzung der Anlage in unterschiedlichen Fächern und Unterrichtsmaterialien.



Quelle: Eigene Darstellung.

Die oben benannten Einschränkungen hinsichtlich der Nutzung der Anlage schlagen sich auch in der Selbsteinschätzung der pädagogischen Nutzung nieder. 27 von 35 Schulen bewerteten die pädagogische Nutzung als eher nicht so gut oder als schlecht. Nur 7 von 35 bewerteten sie als gut. Dieses Ergebnis drückt deutlich die Unzufriedenheit der Schulen aus. Die Ursachen dieser Bewertung liegen vor allem in dem fehlenden pädagogischen Konzept (12 von 39 Antworten) und dem Desinteresse der KollegInnen (9 Antworten). Diese beiden genannten Antworten stehen zudem im Zusammenhang: Es ist davon auszugehen, dass ein fehlendes oder schwer vermittelbares pädagogisches Konzept, dazu führt, dass das Interesse zur unterrichtlichen Thematisierung der Anlagen bei Kolleginnen und Kollegen erlahmt, die nicht von sich aus „Solarenergie-Fans“ sind. Technisch-bauliche Ursachen werden 8 mal (schlechter Standort / keine Zugänglichkeit) bzw. 3 mal (zu häufig defekt) benannt. Weitere Defizite sind die Qualifikation und der Zeitmangel der Betreuer (7 mal). In der dazugehörigen offenen Frage 3-10 wurden als weitere Gründe noch technische Defizite (2 mal fehlendes Display,) sowie das unzureichende Zeitbudget der Betreuer benannt (2 mal).

Abbildung 7 und 8: Bewertung der pädagogischen Nutzung der Anlagen und Gründe für die unzureichende Nutzung.

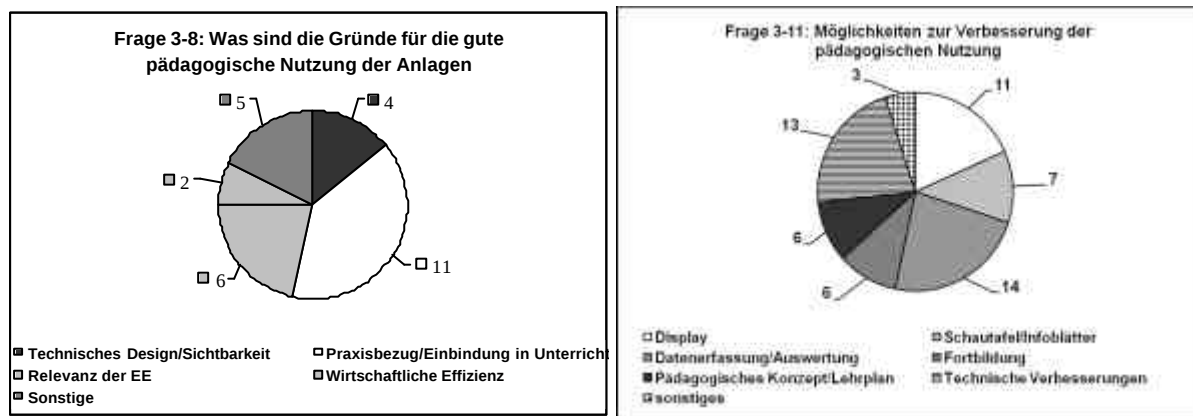


Quelle: Eigene Darstellung.

Auf die Frage nach den Gründen für die gute pädagogische Nutzung der Anlage (Frage 3-8) wurden zumeist ganz praktische Dinge benannt. Als Hauptgründe wurden die Praktische Anwendung der Anlage (5) und in diesem Zusammenhange die Einbeziehung in den Unterricht (6) angeführt. Des Weiteren wurden Gründe wie das technische Design und die Anbringung der Anlage wie zum Beispiel ein großes Info-Display (2) oder die Sichtbarkeit der Anlage (2) genannt. Außerdem wurden die Relevanz der EE betont (6) sowie die wirtschaftlichen Aspekte (Energieeinsparprogramm, 2 mal) genannt.

Die Frage nach den Möglichkeiten der Verbesserung der pädagogischen Nutzung war als offene Frage gestaltet, zeigt aber deutlich, dass sich die verschiedenen Schulen eine Verbesserung der Nutzung durch eine Vielzahl von Maßnahmen wünschen. Hierbei wurden zum einen technische Verbesserung 25 von 41 mal benannt (Display, Schautafel und andere technische Verbesserungen) sowie Verbesserung der Datenerfassung und Auswertung (5 Antworten). Diese Antworten stehen allerdings im Widerspruch zur Verbesserungsmöglichkeit durch pädagogische Konzepte und Weiterbildungen, die insgesamt nur 5-mal benannt wurden, aber in der Frage 3-9 als wichtigster Grund für die unzureichende Nutzung benannt wurden.

Abbildung 9 und 10: Gründe für die unzureichende pädagogische Nutzung und Möglichkeiten zur Verbesserung der Nutzung.



Quelle: Eigene Darstellung.

4 Beispiele für Good Practice-Schulen

4.1 Askanische Oberschule (Berlin)

Name der Schule: Askanische Oberschule

Anschrift: Kaiserin-Augusta-Str. 19, 12103 Berlin

Ansprechpartner: Jörg Eschner

Telefon und Email: 030-2133768, Joerg.Eschner@t-online.de

Internet: <http://www.askanische-oberschule.de>

Schulbeschreibung

Das Schulgebäude der Askanischen Oberschule (Berlin-Tempelhof) wurde 1911 erbaut. Es ist weitgehend unverändert erhalten und wurde in den letzten Jahrzehnten nur geringfügig durch einen Anbau bzw. einen Pavillon vergrößert. Die Schule ist ein Gymnasium und vierzünftig. Ungefähr 75 Lehrer/innen sind an in dieser Schule tätig und unterrichten ca. 820 Schüler/innen.

Im Schulprogramm (siehe www.askanische-oberschule.de) ist als ein Schwerpunkt der Schularbeit die Hinführung zu den modernen Naturwissenschaften bzw. zu aktueller Technik benannt. Insbesondere sollen die Themen Energieeffizienz – regenerative Energien praxisnah mit den beiden Solaranlagen im Unterricht bearbeitet werden. Dies wird u.a. in den von der Schule entwickelten Physik-Grundkursen „Energieumwandlungen I und II“ für das 1. und 2. Semester der gymnasialen Oberstufe umgesetzt.

Das Solarprojekt der Askanischen Oberschule

Seit den achtziger Jahren werden an der Askanischen Oberschule Unterrichts-Projekte zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen durchgeführt. Der Physiklehrer Jörg Eschner hat bundesweit Energieprojekte beraten und arbeitet seit den 90-er Jahren mit dem UfU e.V. zusammen. Von der Senatsschulverwaltung war er für die Betreuung von Energieprojekten an Berliner Schulen zeitweise mit 5 Wochenstunden freigestellt.

Die Schule hat eine Photovoltaik-Anlage mit 1 kW_p Leistung, die aus dem Solar-Programm "Energie 2000" finanziert wurde, welches gemeinsam von der Bewag und dem Senat von Berlin getragen wurde. Außerdem ist an der Schule eine thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung installiert, die mit einem Latentwärmespeicher zur saisonalen Speicherung der Solarwärme gekoppelt ist.

Technische Daten

Tabelle 4: Eigenschaften der Anlage.

Inbetriebnahme	am 27.11.2000
Finanzierung	über Bewag
Inst. Nennleistung	1 kW
Modultyp	10 Siemens Module, Typ SR 100
Wechselrichter	SMA, Typ Sunny Boy SWR 850
Schnittstelle	RS 485, Interface RS 485 / RS 232 (Anschluss an PC nicht realisierbar)
Auswertesoftware	Sunny Data (nicht in Betrieb)
Einspeisung ins Schulnetz	Einspeisezähler, Einstrahlungsmessgerät (Handgerät)
Schul-Intranet	Windows 2000 bzw. Windows XP, PC-Raum mit Windows 2000/ Windows XP

Quelle: Eigene Darstellung.

Diese Anlage befindet sich noch im Forschungs-/Erprobungsstadium, sie funktioniert im Augenblick wegen eines noch nicht behobenen Blitzschadens leider nur eingeschränkt.

Die Nutzung der Fotovoltaikanlage im Unterricht

Bewusster Umgang mit Energie, die Bedingungen für die Nutzung regenerativer Energiequellen finden sich an vielen Stellen im Unterricht der natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächer, sowie der Mathematik wieder. Fächerübergreifend sind auch immer wieder Kunst und Sprachen mit einbezogen: So werden bzw. wurden

- in Physik Halbleiter behandelt, Messungen an den Anlagen durchgeführt und ausgewertet
- mit mathematischen Methoden Zusammenhänge zwischen Messdaten untersucht, Beispiele von praxisnahen Rechenaufgaben zum Einsatz von Solarenergie bearbeitet
- im Informatikunterricht die Arbeitsergebnisse auf der Homepage der Schule eingestellt
- im Spanisch – und Englischunterricht Übersetzungen von Anlagenbeschreibungen erstellt
- Realisierungen von Einbindungen von Solaranlagen in Gebäudekonzeptionen unter verschiedenen Aspekten diskutiert
- Schülerinnen und Schüler zu „Anlagenführern“ ausgebildet

Für ihre Arbeit nach der Optimierung der Anlage mit den Solaranlage(n) speziell im (fächerübergreifenden) Physikunterricht hat sich die Schule folgende Ziele gesetzt:

- Die Photovoltaikanlage soll zur Wirkungsgradbestimmung der Kollektoranlage nutzbar sein.
- Die aktuellen Daten der Anlage(n) sollen im Intranet der Schule allen Interessierten zur Arbeit zur Verfügung gestellt werden; ausgewählte Ergebnisse sollen auf der Homepage der Schule veröffentlicht werden.
- Durch Führungen qualifizierter Lehrer/innen und Schüler/innen sollen die Anlagen auch einer interessierten außerschulischen Öffentlichkeit vorgestellt werden.

Abbildung 11 und 12: Photovoltaikanlage der Askanischen Oberschule.



Quelle: Askanische Oberschule und eigene Aufnahme.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage und Optimierung der Anlage

Die Photovoltaikanlage ist zur messtechnischen manuellen Erfassung der eingespeisten elektrischen Energie lediglich mit einem Einspeisezähler am Übergang Wechselrichter / Hausnetz ausgestattet. Die ursprünglich vorgesehene Datenerfassung durch Anschluss eines PCs an den entsprechenden seriellen Schnittstellenanschluss am Wechselrichter funktionierte nicht. Zur Erfassung der solaren Einstrahlung auf die Photovoltaikanlage wurde ein Handmessgerät genutzt. Da so nur Einstrahlungsdaten über

kleine Zeiträume erfasst werden konnten, ist eine ganzjährige Erfassung nur mit großem Aufwand möglich. Zur Optimierung der Photovoltaikanlage wurden Sensoren zur Erfassung von Umweltdaten installiert. Die Sensoren erfassen die solare Einstrahlung auf die Horizontale, sowie die Einstrahlung auf die Modulebene und zum anderen die Modul- sowie Außenlufttemperatur. Weiterhin wurde ein Datenlogger zur Zwischenspeicherung der Betriebsdaten des Wechselrichters sowie der Umweltdaten installiert und über Ethernet auf das Schulintranet geschaltet. Neben der Visualisierung der Daten auf dem Schulintranet ist die Visualisierung der Betriebsdaten der Photovoltaikanlage über das Internetportal "Sunny Portal" möglich. Damit können sich interessierte Schüler/innen und Lehrer/innen jederzeit über das weltweit zugängliche Internet über den Betriebszustand der PV-Anlage informieren.

Durch die realisierten technischen Maßnahmen können nun die Betriebs- und Umweltdaten der Photovoltaikanlage für den Unterricht nutzbar gemacht werden. Hierdurch ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten einer erweiterten pädagogischen/experimentellen Nutzung der Photovoltaikanlage.

Abbildung 13 und 14: Photovoltaikanlage mit installierten Einstrahlungssensoren und Anschluss des Datenloggers an den PC.



Quelle: DGS

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Durch die vorgeschlagenen technischen Maßnahmen sollen die Betriebsdaten (elektrische Kenngrößen, solare Einstrahlung und Temperaturen) für den Unterricht nutzbar gemacht werden.

Außerdem sollen weitere Experimente ermöglicht werden: Bei der Besichtigung der Fotovoltaikanlage fiel auf, dass die Kabel der beiden Solarzellenfelder a 5 m² elektrisch getrennt in das Schulgebäude geführt sind und erst am Wechselrichter zusammengeschlossen werden. Wenn in diese beiden Leitungen je ein Leistungs-/Energiezähler eingeschleift wird, ergeben sich erhebliche Möglichkeiten einer erweiterten pädagogischen/experimentellen Nutzung:

Ein Feld bleibt Referenz,

- das andere wird unterschiedlich verschattet
- das andere wird mit Spiegeln zusätzlich beleuchtet
- der Neigungswinkel des zweiten wird verändert - das zweite wird gekühlt oder durch Wärmeisolation erwärmt

- Der Wirkungsgrad des Wechselrichters ist bestimmbar
- Dies ist immer dann sinnvoll möglich, wenn die Anlage für Schüler in Lehrerbegleitung jederzeit zugänglich ist. Es ist sinnvoll, dass solche Anlagen mit einer zweifachen Leistungsmessung ausgestattet werden. Die gegebene Montage wenigstens eines Feldes müsste geringfügig verändert werden, damit der Neigungswinkel des Feldes ohne großen Aufwand verändert werden kann bzw. Reflektoren mit änderbarem Neigungswinkel montiert werden können.

4.2 Charlotte-Wolf-Kolleg (Berlin)

Name der Schule: Charlotte-Wolff-Kolleg

Anschrift: Pestalozzistr. 40/41, 10627 Berlin,

Ansprechpartner: Dr. Wolfgang Frisch

Telefon und Email: 030 - 9029 28825, sekretariat@charlotte-wolff-kolleg.de

Internet: www.charlotte-wolff-kolleg.de und www.cwk-solar.de

Schulbeschreibung

Das Charlotte-Wolff-Kolleg ist ein Institut des Zweiten Bildungsweges, das seit mehr als 30 Jahren Erwachsene jeden Alters zur Allgemeinen Hochschulreife führt. Praktisch handelt es sich um ein Gymnasium, das nur die Klassenstufen 11, 12 und 13 umfasst, aber nur von ehemals berufstätigen Erwachsenen besucht werden kann. (Bei Frauen mit Kind wird die Betreuungsarbeit als Berufstätigkeit anerkannt). Eine Besonderheit ist, dass auch Blinde oder Sehbehinderte aufgenommen und zum Abitur geführt werden. Der Gesamtlehrgang ist unterteilt in Vorkurs (ein Halbjahr), Einführungsphase (zwei Halbjahre) und Qualifikationsphase (vier Halbjahre). Mit welchem Abschnitt die Teilnehmer/innen beginnen, hängt von den vorherigen Schulabschlüssen ab. Am Ende der Qualifikationsphase legen sie die Abiturprüfung ab und erhalten damit das Zeugnis der Allgemeinen Hochschulreife. Im Jahre 2007 hatte das Kolleg ca. 400 Schüler.

Das Solarprojekt des Charlotte-Wolff-Kollegs

Seit den achtziger Jahren werden am Charlotte-Wolf-Kolleg Solar- und Windenergie-Projekte durchgeführt. Immer gab es engagierte Lehrer und Kollegiaten an der Schule. Regenerative Energiethemen bilden schon lange einen Schwerpunkt in der öffentlichen Diskussion und auch in den Schulen. Darüber hinaus wurden an dem Kolleg über einen Zeitraum von zwei Jahren durch ein vorbildliches Energieeinsparprogramm etwa 50.000€ eingespart und damit wurden die Ausgaben der Stadt verringert. Die Schule erhielt 50% des Einsparungsbetrages zur freien Verwendung.

Abbildung 15 und 16: Aufbau der Solaranlage des Charlotte-Wolff-Kollegs.



Quelle: <http://www.cwk-solar.de/de/informationen.html>

Die Solaranlage der Schule wurde über das Solar-Programm "Energie 2000" finanziert, welches gemeinsam von der Bewag und dem Senat von Berlin getragen wurde. Mit Hilfe dieses Solarprogramms wurde 60 Berliner Schulen die Möglichkeit geboten, kostenlos komplette 1 kW-Photovoltaik-Anlagen von der Bewag zu erhalten. Die Anlagen mussten von den Schulen auf dem Schulgelände aufgebaut und an das Bewag-Netz angeschlossen werden. Das Bauamt Charlottenburg liefert die Gehwegplatten und die Bautenschutzmatte. Kleinere Materialien wurden von der Schule selbst gekauft. Die Solaranlage wurde von Schülern in Eigenarbeit auf der Dachterrasse des Schulgebäudes aufgebaut.

Der Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die von den Solarmodulen erzeugte elektrische Energie wird über einen Wechselrichter, der die Gleichspannung in Wechselspannung umwandelt, in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Alle Messdaten der Solaranlage werden mit Hilfe eines Computers seit dem 13. Mai 2002 aufgezeichnet. Das hierbei zur Anwendung kommende Programm wurde von den Schülern selbst geschrieben.

Abbildung 17 und 18: Die Solaranlage des Charlotte-Wolff-Kollegs und die Messstation.



Quelle: <http://www.cwk-solar.de/de/informationen.html>

Technische Daten

Tabelle 5: Kenndaten der Solaranlage.

Modultyp	SR 100 Siemens (10 Stück)
Konfiguration	12 V
Nennleistung	100 W
Nennstrom	5,9 A
Nennspannung	17,0 V
Kurzschlussstrom	6,5 A
Leerlaufspannung	21,6 V
Temperaturbereich	-40 bis +85
Relative Luftfeuchtigkeit	85
Max. zulässige Systemspannung	1000 V (per ICE) 600 V (per U.L.)
Flächendruck	2400 N/m ²
Maximale Verwindung	1,2°C
Hagelschlag/Hagelkörner	25 mm
bei max. Windgeschwindigkeit	v = 23/s
Gewicht	10,9 kg
Kosten	ca. 7.500 €

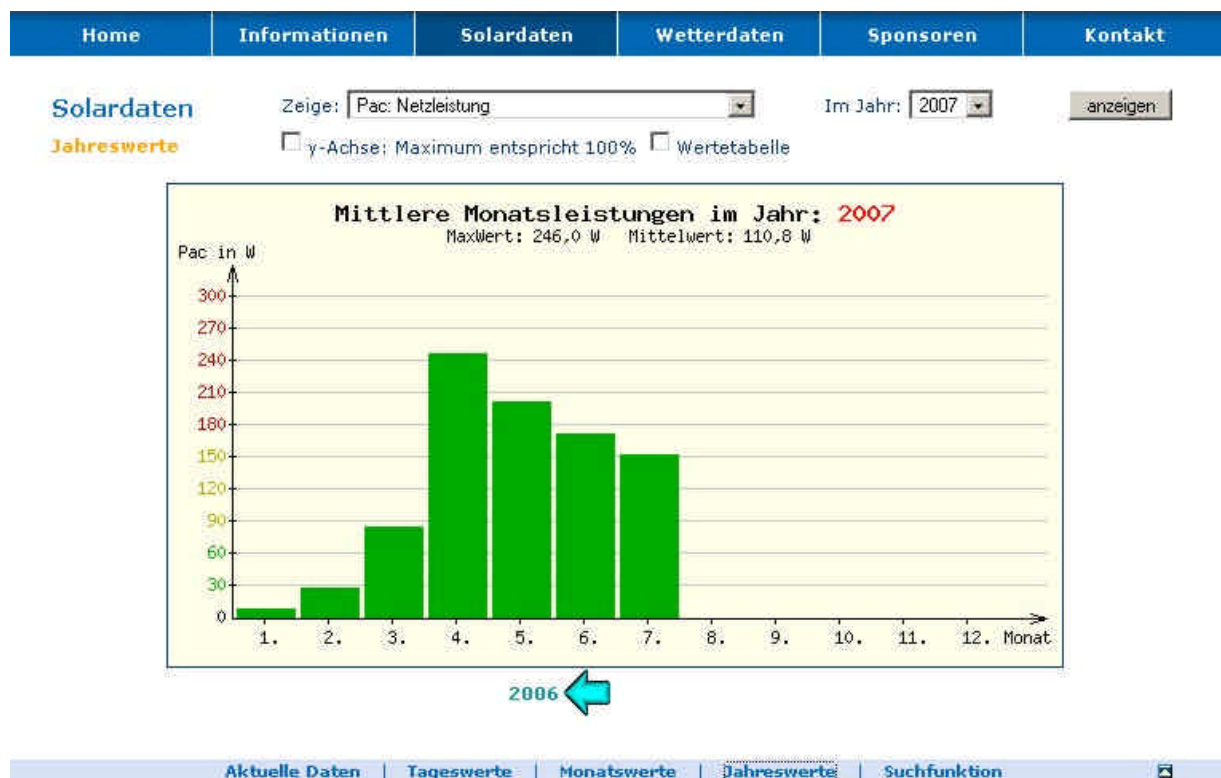
Quelle: <http://www.cwk-solar.de/de/informationen.html>

Die gespeicherten Messdaten der Solarmodule werden in eine MySQL⁴ Datenbank eingelesen. Die Datenbank befindet sich auf dem Schul- und auf einem Internet-Server.

Seit dem Mai 2003 stehen alle Messdaten weltweit und zeitgleich zur Verfügung. Die graphische und tabellenförmige dynamische Darstellung der Messdaten im Intra- und Internet erfolgt mit Hilfe von PHP. Die Messdaten lassen sich als Tages-, Monats- oder Jahresübersichten darstellen. Um die Abhängigkeit der Solarenergie von Wetterparametern untersuchen zu können, wurden Messsonden für die Luft-Temperatur, die Solarmodul-Temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und den Luftdruck installiert. Seit dem 24. Februar 2006 werden die Messdaten über einen Datenlogger, der die Zeit mittels einer Funkuhrsonde (DCF77) erhält, in die Datenbank des Solar-Computers und zeitgleich in eine Datenbank des InternetServers gespeichert.

Um die Abhängigkeit der Solarenergie von Wetterparametern untersuchen zu können, wurden Messsonden für die Luft-Temperatur, die Solarmodul-Temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und den Luftdruck installiert. Seit dem 24. Februar 2006 werden die Messdaten über einen Datenlogger, der die Zeit mittels einer Funkuhrsonde (DCF77) erhält, in die Datenbank unseres Solar-Computers und zeitgleich in eine Datenbank des InternetServers gespeichert.

Abbildung 19: Automatische Datenauswertung im Internet.



Quelle: <http://www.cwk-solar.de/de/Jahreswerte.html>

⁴ MySQL ist eine Open-Source-Software. Sie kann zur Erstellung für dynamische Webauftritte genutzt werden. Hierbei können Datenbanken mit zahlreichen Tabellen genutzt werden, in denen die Anlagendaten abgespeichert und wieder abgerufen werden können.

Die Nutzung der Fotovoltaik im Unterricht

Das Bewusstsein für Energie und die Nutzung erneuerbarer Energien spiegelt sich auch im Unterricht der natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächer deutlich wider:

- In Physik werden Halbleiter behandelt sowie Messkurven ausgewertet.
- In Mathematik werden funktionale Zusammenhänge zwischen Messdaten untersucht sowie Berechnungen von Aufgaben zur Solarenergie, zum Flächenbedarf, zum Einstrahlungswinkel, zu den Wirkungsgraden u.a. durchgeführt.
- In Informatik erfolgt die Programmierung der Datenerfassung und die Darstellung des Solarprojektes im Internet sowie die kontinuierliche Optimierung der Software.
- In Spanisch und Englisch wird die Internetseite in diese Sprachen übersetzt.
- Regelmäßig werden Führungen für die Schüler veranstaltet, wenn das Thema Photovoltaik und Energieerzeugung im Unterricht behandelt wird.
- Weiterhin bietet die Schule auch Führungen für Externe wie z.B. die Volkshochschule an.

Behandlung der Fotovoltaik und der Anlage in außerschulischen Aktivitäten

Der Schwerpunkt der Nutzung der Fotovoltaik lag jedoch in der Aufbauphase und in einigen Arbeitsgruppen, die sich vor allem um die Datenerfassung der Anlagendaten auch nach dem Verlassen der Schule kümmern.

In der Aufbauphase war es auch ein Ziel, dass alle Messdaten der Anlage sowie die Wetterdaten nicht nur auf dem Schulserver, sondern auch zeitgleich im Internet veröffentlicht werden können. Hierzu waren umfangreiche Programmierarbeiten notwendig, die von Schülern der Informatik-Gruppe durchgeführt wurden. Parallel dazu wurde eine Solar-Seite für die Schule (vgl. www.cwk-solar.de) programmiert, die umfassende Informationen zur Solaranlage sowie zur Fotovoltaik enthält. Inzwischen verwendet die Schule die Programm-Version 23 der Software zur Datenerfassung und -darstellung.

Darüber hinaus steht die Solaranlage für die Besucher der Charlottenburger Volkshochschule, die auch im Gebäude des Kollegs untergebracht ist, für Besichtigungen zur Verfügung.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage und Optimierung der Anlage

Die Anlage war eigentlich vollständig ausgestattet, es fehlte jedoch ein Display zur Darstellung des Ertrages. Dieses Display ist für die Öffentlichkeitsarbeit besonders wichtig, da die Anlage nicht von der Straße aus sichtbar ist. Um auf die Anlage aufmerksam zu machen, wurde deshalb ein Display an der Fassade installiert. Das Display zeigt nun die aktuelle Leistung, den Ertrags sowie die CO₂-Einsparung der Photovoltaikanlage an.

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Im Mittelpunkt der Optimierung steht die Information der Schüler und der Besucher der Volkshochschule über die praktikierbare Verwendung der Fotovoltaik zur Energieerzeugung. Hiermit soll ein Bewusstsein geschaffen werden, dass eine Energieerzeugung nicht nur zentral in Kraftwerken, sondern auch dezentral mit erneuerbaren Energien erfolgen kann. Nur wenn Fotovoltaik allgegenwärtig sichtbar ist, kann eine gesamtgesellschaftliche Diskussion von Solarenergie und Umweltschutz erfolgreich sein. Zur Optimierung der pädagogischen Nutzung wurde eine Anzeige zur Visualisierung der aktuellen Leistung, des Ertrags sowie der CO₂-Einsparung der Photovoltaikanlage installiert.

4.3 Fichtenberg-Oberschule, Berlin

Name der Schule: Fichtenberg-Oberschule (Gymnasium)

Anschrift: Rothenburgstr. 18, 12165 Berlin,

Ansprechpartner: Wolfgang Schwarz (wgg.schwarz@arcor.de)

Telefon und Email: 030-90299-2354 und Fichtenberg-Oberschule@web.de

Internet: <http://www.fichtenberg.cidsnet.de> (keine Hinweise zur Solaranlage)

Schulbeschreibung

Die Fichtenberg-Oberschule ist ein Gymnasium mit über 700 Schülern in Berlin. Die Schule verfolgt neben der Vermittlung von Kenntnissen und der Erziehung zur Urteilsfähigkeit unter anderem das Ziel, die Schülerinnen und Schüler zu selbständigem gesellschaftlichem Handeln zu motivieren.

Die Schule wurde in 2006 und 2007 als Umweltschule in Europa – Internationale Agenda 21-Schule zertifiziert. Darüber hinaus hat sich die Fichtenberg-Oberschule auch aktiv am Programm der Bund-Länder-Kommission BLK-21 – Bildung für nachhaltige Entwicklung – und dem Folgeprogramm Transfer 21 mit diversen Projekten beteiligt. Beispiele hierfür sind:

- Umweltgruppe Future-Fichte
- Aktion für Recycling-Papier
- Druckerpatronenrecycling
- Tag der Erneuerbaren Energien 2005
- Veranstaltung zu "Gut Heizen - gut sparen - gutes Gewissen" 2006
- Fortbildungsveranstaltungen zur Förderung des selbstorganisierten Lernens (SOL)
- Teilnahme an Veranstaltungen zum Thema Zukunftsorientierung
- Kontakte zu anderen Schulen und zu Partnern im Bezirk
- Bereitstellung von Unterrichtsmaterialien
- Schulentwicklungsgruppe Fichte-f.i.t. 1999-2004

Eine Besonderheit der Schule ist das Wahlpflichtfach NTU (Natur-Technik-Umwelt), in dem vielfältige Themen der Bildung für nachhaltige Entwicklung thematisiert werden. Das Fach kann jeweils für ein oder zwei Jahre gewählt werden, bisher in der Klasse 9 und 10, ab 2007 auch in Klasse 8. Experimentelles Arbeiten sowie das Erlernen und Einüben naturwissenschaftlicher Arbeitstechniken und Auswertungsmethoden werden verbunden mit überfachlichen Aspekten. Es hängt von der Lehrkraft ab, wie intensiv das Thema Energie behandelt wird.

Die Schule hat einen Vertrag mit einem Energiedienstleister (ESP Pool 19) und dem Bezirksamt Steglitz-Zehlendorf zur jährlichen Durchführung eines Energieprojekts im 10. Jahrgang. Aufgrund dessen profitiert die Schule finanziell vom sorgsamem Umgang mit Energie.

Das Solarprojekt der Fichtenberg Oberschule

Die Solaranlage wurde im Jahr 1998 auf einem flachen Nebengebäude der Schule errichtet. Finanziert wurde sie vor allem durch den Energieversorger in Berlin, der BEWAG, im Rahmen eines Schulprogramms sowie durch Spenden. Sie ist nicht zugänglich für Schüler, kann aber vom Treppenhaus der Schule aus gesehen werden. Bei der Anlage handelt es sich um 1 kW_p-Anlage. Der erzeugte Strom wird ins Netz eingespeist. Für die erzeugte Energie gibt es ein sehr kleines Display in der Eingangs-

halle.. Das Display wird nach einem Austausch des Wechselrichters der Solaranlage im Sommer 2007 nicht mehr mit Daten versorgt (Stand Ende 2007).

Ein weiteres Solar-Modul wurde auf dem Flachdach der Turnhalle installiert. Anfänglich wurde mit dem Strom eine Umwälzpumpe und ein Springbrunnen in einem kleinen Teich betrieben. Diese Anlage ist nicht mehr funktionstüchtig.

Abbildung 20: Die Solaranlage der Fichtenberg-Oberschule.



Quelle: DGS

Technische Daten

Tabelle 6: Anlagedaten.

Modultyp	SR 100 Siemens (10 Stück)
Konfiguration	12 V
Nennleistung	100 W
Nennstrom	5,9 A
Nennspannung	17,0 V
Kurzschlussstrom	6,5 A
Leerlaufspannung	21,6 V
Wechselrichter	SMA, Typ Sunny Boy 850

Quelle: Fichtenberg-Oberschule.

Die Behandlung des Themas Fotovoltaik im Unterricht

Aufgrund der Lehrplananbindung wird im Regelunterricht die Solarenergie im Fach Physik der 10. Klasse behandelt. Aber auch in der Oberstufe und im Wahlpflichtfach NTU spielt das Thema eine Rolle. Im Jahre 2006 wurde beispielsweise das Thema „Bewertung von Schulexperimentierbausätzen zum Thema erneuerbare Energien“ im Fach NTU durchgeführt und auf einem Workshop des Verbandes der Energieversorger präsentiert.

Abbildung 21: Datenlogger und Informationstafel in der Aula.



Quelle: DGS

Behandlung der Fotovoltaik in außerschulischen Aktivitäten

In 2005/2006 hat sich die Fichtenberg Oberschule am Wettbewerb "Jugend mit unendlicher Energie" des Bundesumweltministeriums beteiligt. Der Projektbeitrag war eine Dokumentation des "Schultages der erneuerbaren Energien" (s.u.), den die Schule am 27.4.2005 im Rahmen des Programms Transfer 21 durchgeführt hat. An verschiedenen Stationen im Schulgebäude konnten sich die Schülerinnen und Schüler informieren. Themen aus den Bereichen Solarenergie, Klimaschutz, Heizungstechnik, Energiesparen und 19 Jahre Tschernobyl wurden von Schülerinnen, Schülern, Lehrkräften, dem Hausmeister und außerschulischen Experten vorgestellt. U.a. fand ein Workshop des UfU zur Solarenergienutzung mit Solarzellenbruchstücken und mit tragbaren Sonnenkollektoren und eine Vorstellung der Arbeit des Solarvereins statt.

In 2006 hat die Schule eine Veranstaltung "Gut heizen - gut sparen - gutes Gewissen" durchgeführt, die von einem Physik-Grundkurs mit Unterstützung durch das Programm Transfer-21 und externen Energie-Experten (u. a. dem Solararchitekten Ludewig) veranstaltet wurde. Zu dieser Veranstaltung gehörten Exponate und Experimente (z.B. Messung des Wärmeverlustes an Modellhäusern aus Styropor oder die Darstellung der Wärmeverteilung mit einer Kamera), die Übergabe des Energieverbrauchsausweises für das Schulgebäude durch einen Vertreter des Umweltamtes sowie zahlreiche Vorträge zum Thema Energie.

Im Jahr 2007 haben alle 10. Klassen und die Physikgrundkurse des 12. Jahrgangs an einem Energietag beteiligt. Ein Grundkurs Physik hat sich speziell mit Solarenergie beschäftigt. Abbildung 22, 23 und 24: Preisverleihung beim Wettbewerb des BMU sowie Experimente auf der Veranstaltung „Gut heizen“.

Abbildung 25 und 26: Energietag.

Quelle: <http://www.fichtenberg.cidsnet.de/page/index.php?wo=transfer21-energie.htm&offen=5>

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage

Die Nutzung der Anlage wird durch mehrere Defizite behindert. Zum einen funktioniert die Datenübertragung vom Ort des Wechselrichters in die Eingangshalle der Schule nicht mehr. Weiterhin besteht keine Datenübertragung zu den PCs des Physikraumes. Durch ein neues Interface in der Eingangshalle oder eine entsprechende Schaltung könnten die Daten in die Eingangshalle oder sogar in den Physikraum übertragen werden. Im Physikraum wäre ein kleines Display und eine Möglichkeit zum Auslesen der gespeicherten Daten sinnvoll. Auch das Display ist viel zu klein, um eine kontinuierliche Wahrnehmung zu ermöglichen. Weiterhin ist die Inselanlage zum Betrieb des Springbrunnens im Teich defekt.

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Mit der Optimierung der Anlage soll zweierlei erreicht werden. Zum einen soll eine Stärkung der subjektiven Wahrnehmung von Solarenergie durch ein großes Display in der Eingangshalle erfolgen. Ein großes Display mit verschiedenen Leistungsangaben wird auch kontinuierlich beachtet. Hiermit könnte ein Bewusstsein der Schüler für die dezentrale Energieerzeugung auch in ihrer Schule gefördert werden. Mit der Optimierung der Anlage wird auch das Profil der Schule als Agenda 21-Schule gestärkt. Weiterhin ermöglicht die Darstellung der Energieerzeugung auch eine öffentlichkeitswirksame Darstellung der Fotovoltaik bei den besuchenden Eltern.

Zum anderen kann die pädagogische Nutzung der Fotovoltaik durch die Datenanbindung an die Rechner des Physikraumes stark verbessert werden. Mit der Datenauslesung lassen sich nicht nur abstrakte Unterrichtsaufgaben erstellen, sondern konkrete, die auf der Schulanlage beruhen. Auch sind Projekte im NTU-Unterricht möglich, die bisher so nicht umzusetzen waren. Beispiele hierfür wären der Vergleich von Energie- und Wetterdaten oder Aufgabenstellungen zur Leistungsfähigkeit der Anlage.

Besichtigung und Optimierung der Anlage

Im Rahmen der technischen Optimierung der Anlage wurden die fehlerhaften Kommunikationsverbindungen zwischen Wechselrichter und Datenlogger wieder hergestellt und die Daten von der Photovoltaikanlage auf das Schul-Intranet aufgeschaltet.

4.4 Freie Montessori-Schule (Berlin)

Name der Schule: Freie Montessorischule Berlin

Anschrift: Köpenzeile 125, 12557 Berlin

Ansprechpartner: Hartmut Oswald (UfU)

Telefon und Email: 428499321, hartmut.oswald@ufu.de

Internet: <http://www.monte-berlin.de/>

Das Solarprojekt der Freien Montessori Schule

Die Freie Montessori-Schule ist eine private und staatlich anerkannte Bildungseinrichtung für Kinder und Jugendliche im Alter von zwei bis sechzehn Jahren mit einem Kinderhaus und einer Ganztagschule (Grundschule und Oberschule in der Sekundarstufe I). Sie umfasst die Klassenstufen 1 bis 10. Derzeit sind ca. 150 Schüler/innen in fünf altersgemischten Lerngruppen (zweimal 1. bis 3. Klasse, zweimal 4. bis 6. Klasse, einmal 7. bis 10. Klasse) an der Schule.

Ein Grundansatz der Montessori-Schulen ist der Wunsch der Kinder: „Hilf mir, es selbst zu tun!“, weshalb sich die Pädagogen als Begleiter des Selbstaufbaus des Kindes verstehen. Das Lernen der Kinder und Jugendlichen findet in einer dafür vorbereiteten Umgebung statt. Dabei steht die Persönlichkeit des Kindes im Mittelpunkt. Ziel ist es, die Kinder und Jugendlichen mit ihren individuellen Begabungen und Neigungen zu achten, zu fördern und ihre Kompetenzen zu entwickeln. Als selbstbewusste Persönlichkeiten sollen sie sich verantwortungsvoll in die Gestaltung unserer Gesellschaft einbringen können. Im Kinderhaus werden die Grundlagen für das Lernen in der Schule gelegt. Der Übergang der Kinder zwischen Kinderhaus und Schule und den Lerngruppen erfolgt zeitlich variabel entsprechend ihres Entwicklungsstandes.

Das besondere Profil dieser Bildungseinrichtung liegt im handelnden Lernen. Bereits ab der Klasse 1 sollen sich die Kinder Fähigkeiten und Kenntnisse in Naturwissenschaften und musisch-ästhetischen Bereichen aneignen. Die Kinder und Jugendlichen lernen und arbeiten in jahrgangsübergreifenden Gruppen. Bevorzugte Arbeitsformen sind dabei die Freiarbeit, die Projektarbeit und in höheren Klassen die Arbeit in Kursen und Schülerfirmen.

Abbildung 27 und 28: Solarmodule vor dem Aufbau und Installation der Anlage.



Quelle: DGS / Montessori-Schule

Die Montessori Schule hat ein Schulgebäude vom Berliner Senat angemietet. Mit vermietet wurde eine (defekte) 100 W_p-Inselanlage aus dem Jahre 1997 und ein 60 W-Windkraftanlage. Hard- und Software waren kein Bestandteil der Anlage. Im Rahmen eines Solarprojektes wurden zunächst Spon-

soren (Vattenfall) gewonnen, die neue Module bereitstellten. Anschließend erfolgte der Aufbau der Anlage mit einem hohen Anteil an Eigenleistung.

Energieprojekte werden in den altersgemischten Klassenstufen 4 bis 6 (Energiesparen in der Schule) und 7 bis 10 (Reaktivierung der Solar-Wind-Hybridanlage und Aufbau eines Messplatzes zur Datenerfassung und -auswertung) durchgeführt. Die Projekte finden bisher im Rahmen von Arbeitsgemeinschaften und Projektwochen (sog. „Expertenwochen“) statt.

Abbildung 29: Die Solaranlage der Montessori-Schule.



Quelle: DGS / Montessori-Schule

Technische Daten

Tabelle 7: Anlagedaten.

Zustand der PV-Anlage	erneuert im Sommer 2007
Modultyp	2 100 W-Module von Solon, Inselanlage, 2 Solon Module, Typ PS 100
Inst. Nennleistung	200 W
Komponenten	2 Solar-Akkus, je 12 V, 140 Ah inkl. Laderegler
Wechselrichter	Inselwechselrichter
Schul-Intranet	PC-Arbeitsplatz mit Windows XP
Finanzierung	neue PV-Module über Vattenfall, Messplatz über Veolia-Stiftung

Quelle: Montessori-Schule

Die Nutzung der Fotovoltaik im Unterricht

Bisher wird das Thema Fotovoltaik nicht im Unterricht behandelt, da aufgrund fehlender Technik keine Datenauswertung möglich ist. Energieprojekte werden in den altersgemischten Klassenstufen 4 bis 6 (Energiesparen in der Schule) und 7 bis 10 (Reaktivierung der Solar-Wind-Hybridanlage und Aufbau eines mit Messplatzes zur Datenerfassung und -auswertung) durchgeführt. Die Projekte finden bisher im Rahmen von Arbeitsgemeinschaften und Projektwochen (sog. „Expertenwochen“) statt.

Behandlung der Fotovoltaik und der Anlage in außerschulischen Aktivitäten

Wegen des großen finanziellen Aufwandes zur Instandsetzung und Weiterentwicklung der Solar-Wind-Hybridanlage hat die Schule in Zusammenarbeit mit UfU und DGS Berlin Förderanträge bei Vattenfall und der Veolia-Stiftung gestellt. Beide wurden bewilligt, weshalb ein umfangreiches Kon-

zept umgesetzt werden konnte (siehe pädagogische Ziele). Bei der Umsetzung des Konzeptes waren immer auch Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Energie-AG einbezogen.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage und Optimierung der Anlage

Das größte Defizit der Anlage war das Fehlen von Hard- und Software sowie Messtechnik zur Datenerfassung, so dass die Anlage zwar Strom erzeugte und für theoretische Diskussionen genutzt werden konnte, aber nicht für das praktische Arbeiten. Im Rahmen der Optimierung wurde ein Datenlogger zur Erfassung von Umweltdaten (solare Einstrahlung auf den PV-Generator, Modultemperatur, Außenlufttemperatur sowie Windgeschwindigkeit) sowie der elektrischen Größen der PV-Inselanlage und Kleinstwindkraftanlage zur Auswertung der Anlagen über einen PC installiert.

Abbildung 30 und 31: Experimentierplatz der Solar-Hybridanlage und Präsentation des Experimentierplatzes.



Quelle: DGS

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Die pädagogische Nutzung ist nach der Optimierung als Freiarbeit geplant. Im Rahmen einer Schüler-Arbeitsgemeinschaft sowie an Projekttagen soll die Anlage in Projekte der Klassenstufe 7 bis 10 eingebunden werden. Die Schwerpunkte sollen hierbei die folgenden sein:

- Kennen lernen der Funktionsweise der Solar-Hybridanlage
- Erfassung und Auswertung der Energieverbrauchsdaten der Schule
- Nutzung des erzeugten Stromes (Springbrunnen, Hofbewässerung, Akkuladegerät usw.)
- Präsentation der gelieferten Energiemenge der Solar-Hybridanlage und eingesparten Kohlendioxid-Emissionen an einer Pinnwand in der Schule und im Internet
- Verwendung des ausgetauschten Moduls als Energiequelle für den Bau eines Solarmobiles
- Vernetzung mit anderen Solarschulen zum Austausch von Projektideen
- Teilnahme an Schülerwettbewerben wie „Jugend forscht“ und „Schüler experimentieren“
- allmähliche Komplettierung und Erweiterung der Ausstattung des Energielabors

Besichtigung und Optimierung der Anlage

Die Anlage wurde im März 2007 besichtigt. Die technische Optimierung erfolgte im Herbst/Winter 2007/08. Die Schwerpunkte bildeten dabei die Wiederherstellung der Funktion der Inselanlage und die Installation eines Datenloggers zur Erfassung von Umweltdaten sowie der elektrischen Größen der PV-Inselanlage und Kleinstwindkraftanlage zur Auswertung der Anlagen über einen PC.

4.5 Grundschule „Am Pfefferberg“ (Biesenthal, Brandenburg)

Name der Schule: Grundschule „Am Pfefferberg“

Anschrift: 16359 Bahnhofstr.9-12, Biesenthal,

Ansprechpartner: Heike Müller

Telefon und Email: 03337-430 86 30, heikemuller@gmx.de

Internet: <http://www.grundschule.biesenthal.de/>

Schulbeschreibung

Die Grundschule ist eine ländliche Schule mit 240 SchülerInnen. Im Herbst 2007 wurde ein Schulprogramm für den erstrebten Ganztagsschulbetrieb u.a. mit dem Schwerpunkt Natur- und Umweltbildung erstellt. Eine Besonderheit der Schule ist die flexible Schuleingangsstufe.

Eine Besonderheit der Schule ist die flexible Schuleingangsstufe der Grundschule. Die Kinder erhalten in der flexiblen Schuleingangsstufe die Chance, entsprechend des Entwicklungsstandes bei Schulbeginn zu lernen. Dabei ermöglichen die Bedingungen einen flexiblen Wechsel in die Jahrgangsstufe 3 nach ein, zwei oder auch drei Schulbesuchsjahren. Folgende Organisationsstrukturen sind für die Flex charakteristisch:

- In der altersgemischten Klasse lernen Erst- und Zweitklässler gemeinsam.
- Jahrgangsspezifische Unterrichtsteile werden durch zwei Lehrerinnen abgesichert.
- Die Sonderpädagogin unterstützt den Lernprozess aller Kinder.
- Das Lernen der Kinder erfolgt nach einem rhythmisierten Tagesablauf.

Alle Kinder eines Jahrganges werden in die Grundschule aufgenommen. Für Kinder mit vermutetem sonderpädagogischen Förderbedarf im Bereich Sprachen, Verhalten oder Lernen wird im Vorfeld der Einschulung kein Feststellungsverfahren durchgeführt.

Die Grundschule hat eine sehr aktive Umwelt-AG. Diese wurde auf Initiative der LA 21 Biesenthal gegründet. Die AG vernetzt das Engagement der Schüler/innen mit den Aktivitäten der Gemeinde. So haben die Schüler/innen im letzten Jahr einen Fühlpfad auf dem öffentlichen Spielplatz angelegt. Auf dem Amtsfest im September 2007 schenkten die Schüler/innen mit Solarwärme gebrühten Kaffee aus und haben über Themen des Klimawandels und des ökologischen Stromwechsels informiert. 2006 nahm die Umwelt-AG an dem bundesweiten Schülerwettbewerb „Bio find ich Kuh-l“ teil. Hierbei hat die AG ein Theaterstück „Die traurige Kuh“ frei nach den Geschichten Findus und Petterson von Sven Nordquist geplant und umgesetzt.

Das Solarprojekt der Grundschule „Am Pfefferberg“

Die Schule hat seit einigen Jahren eine PV-Anlage von 1,1 kW_p mit einer Stromeinspeisung in das öffentliche Netz. Die Anlage ist gut sichtbar an der Fassade angebracht und hat eine Anzeigetafel im Eingangsbereich. Die Finanzierung erfolgte über den Schulträger und durch Spenden. Durch Eigenarbeit der Eltern (Verlegung der Kabel über den Schulhof) konnten Kosten eingespart werden. Der Erlös von knapp 600 € jährlich steht der Schule vollständig für Projekte aus dem Umweltschutzbereich zu Verfügung.

Abbildung 32 und 33: Installation der Sensoren und fertige Anlage.

Quelle: DGS

Technische Daten

Tabelle 8: Anlagedaten.

Leistung	1,1 kW _p Fassadenanlage
Module	Silizium, polykristallin
Ausrichtung	Süd
Wechselrichter	Sunnyboy
Display	LCD-Anzeige, IP 65, Wagner & Co Solartechnik, Anzeige (Leistung, Tages -, Gesamtarbeit)

Quelle: Grundschule „Am Pfefferberg“.

Die Nutzung der Fotovoltaik im Unterricht

Bisher erfolgt keine kontinuierliche Nutzung der Anlage im Rahmen des Unterrichts. Die Gründe hierfür sind vor allem ein fehlendes pädagogisches Konzept zur Nutzung der Anlage für den Unterricht sowie ein nicht sehr großes Interesse des Kollegiums an der Anlage.

Behandlung der Fotovoltaik und der Anlage in außerschulischen Aktivitäten

Die Anlage wird vor allem pädagogisch für die Umwelt-AG für pädagogische Zwecke. An Projekttagen werden mit einzelnen Klassen Projekte durchgeführt. Beispiele hierfür sind:

- Juni 2005: Alle Schulklassen bekamen eine Unterrichtsstunde lang, die Solaranlage und die Anzeigetafel erläutert und durften im Anschluss mit den kleinen Solarmodulen des Solarkoffers experimentieren.
- Mai 2007: Projekttag mit der 5. Klasse zur Thematik Klimaschutz, Einführung in die Solartechnik mit Erläuterungen, Arbeitsblättern und einem Film, sowie Solarexperimente aus dem Solarkoffer
- Schuljahr 07/08: die Schüler der Umwelt-AG lesen regelmäßig die Anzeigetafel ab und tragen die Werte in eine Tabelle ein und rechnen den durchschnittlichen Verbrauch seit der letzten Ablesung aus.

Diese Aktionen wurden jeweils von Frau Müller von der Lokalen Agenda 21 Biesenthal durchgeführt.

Im Rahmen der Umwelt-AG und zum Teil im Unterricht wird auch der Solarexperimentierkoffer genutzt, zum Experimentieren und Basteln verwendet wird, um das Prinzip der Stromerzeugung aus Sonne erfahrbar zu machen. Beispiele für diese Experimente sind:

- Herbst 2006: Die Schüler der Umwelt-AG setzten sich in 3 AG-Doppelstunden mit der Thematik Sonne und Sonnenenergienutzung auseinander und experimentierten mit den Solarmodulen und Verbrauchern des Solarkoffers.
- Juni 2007: Die Schüler der Umwelt-AG führen Messreihen mit den Solarmodulen des Koffers durch und dokumentierten diese.
- Juli 2007: Die Schüler der 1. Klasse konnten eine Doppelstunde lang, mit dem Solarkoffer experimentieren

Die Schule präsentierte sich auf dem Amtsfest der Gemeinde im September 2007 erstmals mit dem Profil der Solarschule und informierte über die Möglichkeiten des Stromanbieterwechsels zu Ökostromanbietern. Dies geschieht in Kooperation mit den Akteuren der Lokalen Agenda 21 Biesenthal. Außerdem wird mit Sonnenenergie gebrühter Kaffee ausgeteilt und ein Klimaballon aufgepumpt.

Die Solaranlage steht aber auch zur Besichtigung anderer Gruppen zur Verfügung wie z.B. die einer Gruppe palästinensischer Lehrer, die sich in 2007 über die Möglichkeiten der Einnahmen für Schulen durch Solarenergie informiert haben.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage und Optimierung der Anlage

Die PV-Anlage und die Ableseeinheit wurden bisher kaum im Unterricht genutzt, da eine Einbindung in das Schulkonzept und eine Verantwortlichkeit für die pädagogische Betreuung fehlt. Auf der Ablesetafel wurde den Schüler/innen manchmal erklärt, wie die Leistung mit dem Sonnenschein zusammenhängt und wie die Gesamtstrommenge zustande kommt. Eine kontinuierliche Auswertung der Messdaten findet bisher nicht statt, da dies mit der Anzeigetafel nicht möglich ist.

Abbildung 34: Installierter Datenlogger im PC-Raum.



Quelle: DGS

Zur Optimierung wurden Einstrahlungs- und Temperatursensoren an der PV-Anlage installiert. Weiterhin wurde ein Datenlogger zur Zwischenspeicherung der Betriebsdaten des Wechselrichters sowie der Umweltdaten installiert, sowie der Datenlogger über Ethernet auf das Schulintranet aufgeschaltet. Neben der Visualisierung der Daten auf dem Schulintranet ist die Visualisierung der Betriebsdaten der Photovoltaikanlage über das Internetportal "Sunny Portal" möglich. Damit können sich interessierte

Schüler/innen und Lehrer/innen jederzeit über das weltweit zugängliche Internet über den Betriebszustand der PV-Anlage informieren.

Ein weiteres Defizit waren fehlende Kenntnisse des Kollegiums bezüglich der Möglichkeiten der Nutzung der Anlage. Hierbei handelt es sich um ein typisches Defizit bei vielen Schulen, in denen die Anlage zumeist vom Physiklehrer betreut wird. Um dem abzuweichen, wurde eine Lehrerfortbildung entwickelt. Gemeinsam mit der Leiterin der Umwelt-AG wurde ein Konzept für die Nutzung der Anlage entwickelt. Hierbei soll vor allem eine Erfassung der Messdaten mit dem Auswertungsprogramm vorgenommen werden, damit die Daten zum praxisorientierten Unterricht in der 5. und 6. Klasse genutzt werden können. Auch die Schüler/innen der Umwelt-AG sollen kontinuierlich eine Auswertung der Daten durchführen. Hieraus soll eine Broschüre entstehen, die im Rahmen einer Öffentlichkeitsarbeit über die Vorteile von Sonnenenergie informieren soll.

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Die Leiterin der Umwelt-AG verfolgt das Ziel, die Fotovoltaik-Anlage zukünftig in den Schulunterricht einzubinden. Hierbei soll vor allem eine Erfassung der Messdaten mit einem Auswertungsprogramm vorgenommen werden, damit die Daten zum praxisorientierten Unterricht in der 5. und 6. Klasse genutzt werden können. Mit Schuljahresbeginn 07/08 kam ein neuer Lehrer an die Schule, der Interesse hat, sich mit der Einbindung der Photovoltaik in den Unterricht auseinanderzusetzen. Er hat die Installation des Auswertungsprogramms befürwortet und wird sich in dessen Anwendung einarbeiten. Weiterhin hat er sich bereit erklärt, die vom UfU erstellten Unterrichtseinheiten im Frühjahr 2008 zu erproben und zu bewerten. Von der Leiterin der Umwelt-AG wird er eine Einführung in die Nutzung des Solarkoffers bekommen.

Auch Schüler der Umwelt-AG beschäftigen sich mit der Datenauswertung. Daraus könnte ein Projekt entstehen in Richtung der Öffentlichkeitsarbeit zu Vorteilen von Sonnenenergie, z.B. eine Broschüre der Schüler, die sie auf Stadtfesten verteilen können. Hier sollen jedoch die Schüler eigene Ideen entwickeln und dem soll nicht vorgegriffen werden. Geplant ist dies für das Schuljahresende 2008.

Abbildung 35 und 36: Schüler/innen vor dem Display und beim Basteln mit Solarzellen.



Quelle: Heike Müller 2008

Technische Optimierung der Solaranlage

Im Rahmen des Projektes Solarsupport wurden folgende technische Optimierungen vorgenommen:

- Installation von Sensoren zur Erfassung von Umweltdaten,
- Installation eines Datenloggers zur Untersuchung der Photovoltaikanlage und
- Aufschalten der Daten auf das Schul-Intranet.

4.6 Grundschule an der Bäke (Berlin)

Name der Schule: Grundschule an der Bäke

Anschrift: Haydnstr. 15, 12203 Berlin,

Ansprechpartner: Jens Haase

Telefon und Email: Tel. 844 16 430, Fax 844 16 459, schulleitung@baeke.net

Internet: <http://www.baeke.net>

Schulbeschreibung

Die Grundschule an der Bäke ist eine dreizügige staatliche Grundschule im offenen Ganztagsbetrieb mit einem Hort. Im Jahre 2007 waren ca. 470 Schüler/innen an der Schule in den Klassenstufen eins bis sechs.

Die Bäkeschule hat einige besondere pädagogische Schwerpunkte. Im Mittelpunkt steht das Profil des sozialen Lernens. Hintergrund hierfür ist zum einen die staatliche gewünschte Profilbildung der Schulen einerseits, und ein Aufnahme von zukünftigen Entwicklungen der Gesellschaft durch die Schule andererseits. Beispielsweise leben ca. ein Drittel der Schüler/innen bei einem alleinerziehenden Elternteil, der Anteil Kinder nicht deutscher Staatsangehörigkeit liegt bei knapp 10% und der Anteil sozial schwacher Familien mit Befreiung von der Zuzahlung bei Lernmitteln liegt bei 13% mit steigender Tendenz. Mit dem Leitbild „Soziales Lernen“ und ihrem starken Engagement in diesem Bereich versucht die Grundschule an der Bäke, adäquat auf diese Problemlage zu reagieren.

Das Leitbild des sozialen Lernens wird durch zahlreiche Projekte im regulären Unterricht in unterschiedlichen Klassenstufen untersetzt. Hierzu gehören beispielsweise der Umgang mit Konflikten und Gefühlen, Mobbing, die interkulturelle Erziehung, das geschlechtsspezifische Rollenverhalten, Suchprävention und das Freizeitverhalten.

Neben diesem großen Projekt hat die Schule regelmäßig 30 bis 40 Arbeitsgemeinschaften in verschiedenen Bereichen (Sport, Musik, Theater, Sprachen, Computer, Lesen, Keramik, Streitschlichter u.a.m.).

Einige dieser Projekte gehören zur Schulhofgestaltung, bei der die Schule sehr aktiv ist. Ein Beispiel ist das Weidenzaun Projekt auf dem Schulgelände. Die Schüler standen hierbei vor der Aufgabe, wie man einen rund 50 Meter langen Zaun bauen kann, der nie gestrichen werden muss, nicht verrottet, nicht zum Klettern einlädt, nett anzusehen ist - und trotzdem nicht viel kostet und von Schülern gebaut werden kann. Ein anderes Projekt widmet sich der Schulhofgestaltung mit großen Sandsteinblöcken.

Das Solarprojekt der Grundschule an der Bäke

Die Solaranlage wurde im Rahmen des Solaranlagenprogramms der BEWAG und durch Spenden finanziert. Bei der Anlage aus dem Jahre 2001 handelt es sich um eine typische 1 kW_p-Anlage ohne Auswerte-Einheit auf dem Schuldach. Die PV-Anlage speist den produzierten Strom ins Schulnetz ein.

Abbildung 37 und 38: Aufbau der Anlage.

Quelle: Grundschule an der Bäke

Technische Daten

Tabelle 9: Anlagedaten.

Installierung	PV-Anlage errichtet am 17.04.2001
Finanzierung	über Bewag
Inst. Nennleistung	1 kW _p
Modultyp	10 Siemens Module, Typ SR 100
Wechselrichter	SMA Wechselrichter, Typ Sunny Boy 850
Schnittstelle	RS 485, Interface RS 485/RS 232
Software	Sunny Data
Sonstiges	Einspeisung ins Schulnetz Elektroenergiezähler (PC-Raum) PC-Raum mit Windows XP, Beamer

Quelle: Grundschule an der Bäke.

Die Nutzung der Fotovoltaik im Unterricht und in außerschulischen Aktivitäten

Bisher erfolgt die Nutzung der Anlage nur selten für einige Klassen im regulären Unterricht. Sie wird jedoch für Schüler-AGs im außerschulischen Unterricht verwendet. Soweit möglich, hat die Schule versucht, externe Kräfte an die Schule zu holen. So wurden vor dem Greifen der Hartz-IV-Gesetze mehrere Arbeitsgemeinschaften im Rahmen so genannter Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen (ABM) zum Bereich Elektrotechnik durchgeführt. Hier wurden u.a. von den teilnehmenden SchülerInnen kleine Elektromotoren selbst gebaut einschließlich der Herstellung der Kollektoren aus Kupferrohr. Soweit möglich, wurde auch mit pädagogischen Institutionen wie dem UfU zusammen gearbeitet, um Schülerprojekte durchzuführen.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage und Optimierung der Anlage

Der größte Schwachpunkt der derzeitigen Nutzung ist ein fehlendes pädagogisches Konzept, mit dem die Anlage in den Unterricht integriert werden könnte. Allerdings basiert dieses Defizit auch auf den strukturellen Rahmenbedingungen der letzten Jahre:

- Der naturwissenschaftliche Unterricht steht erst seit kurzem erst wieder in der Stundentafel der Grundschule, die Schulen erhalten jedoch keinerlei Mittel für eine Lehrmittel-Grundausrüstung hierzu und es sind auch kein Fachlehrer hierfür verfügbar. Letzteres wird sich auch kaum ändern, da es keinen dazu passenden Lehramts-Studiengang – außer in Biologie – gibt.

- Solartechnisches Experimentiermaterial und Messgeräte sind zu teuer als das sie neben anderen absolut notwendigen Materialien beschafft werden können.

Darüber hinaus hat die Anlage technische Defizite, die ihre Nutzung erschweren. Die an der Schule vorhandene Anlage ist aus Sicherheitsgründen nicht begehbar. Weiterhin fehlen Mess- oder Auswertungsmöglichkeit (Auswerteeinheit und Software). Eine Anbindung der Anlage an die im Computerraum vorhandenen PC ist nicht vorhanden. Gleichfalls fehlen Möglichkeiten, den erzeugten Strom intern auf dem Gelände oder in der Schule zu verwenden, um die Anlage auch praktisch erfahrbar zu machen.

Abbildung 39 und 40: Solaranlage der Grundschule an der Bäke und Schülerexperimente beim Anlagenaufbau.



Quelle: Grundschule An der Bäke

Abbildung 41 und 42: Installierte Anzeigetafel.



Quelle: DGS

Pädagogischen Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Die Schule verfolgt das Ziel, den Schülern wenigstens für den Aspekt Photovoltaik echte Einblicke in den Bereich erneuerbare Energien geben zu können. Nebenaspekte wären die Unterstützung des

Mathematikunterrichts (Auswertung von Messreihen, graphische Umsetzungen und Darstellungen), der Anwendung von Standard-PC-Software (Tabellenkalkulation), des Deutschunterrichts (technische Sachverhaltsbeschreibungen) u.a.m.

Weiterhin hat die Schule das Ziel, die Anlage technisch so umzurüsten oder zu erweitern, dass von den Schüler/innen mit dem erzeugten Strom im Niederspannungsbereich (max. 24 Volt) direkt experimentiert werden könnte.

Die Idealvorstellung der Schule für eine umfassendere Darstellung und Behandlung der erneuerbaren Energien wären Sonnenkollektoren zur Warmwassergewinnung, ein kleiner Windkraft-Generator parallel zu den Photovoltaik-Zellen und die Schaffung der Voraussetzungen für eine Begehrbarkeit der Anlage.

Gleichfalls soll eine Kooperation mit wissenschaftlichen und pädagogischen Instituten wie dem UfU soll aufrecht erhalten und durch die Kooperation mit Science Lab ergänzt werden, damit aktuelle Entwicklung in der Pädagogik zu erneuerbaren Energien weiter verfolgt werden können.

Besichtigung und Optimierung der Anlage

Nach der Optimierung ist es nun möglich, auf die Anlage im Schulalltag hinzuweisen, da das Display für alle Schüler/innen und Besucher zugänglich ist. Auf dieser Basis ist nun geplant, den Schüler/innen wenigstens für den Aspekt Photovoltaik echte Einblicke in den Bereich erneuerbare Energien geben zu können. Nebenaspekte wären die Unterstützung des Mathematikunterrichts (manuelle Auswertung der angezeigten Erträge und Erstellung von Messreihen, grafische Darstellung), der Anwendung von Standard-PC-Software (Tabellenkalkulation), des Deutschunterrichts (technische Sachverhaltsbeschreibungen) u.a.m.

Im Rahmen einer Optimierung wurde zunächst ein gut sichtbares Display an zentraler Stelle im Eingangsbereich angebracht, aber die Netzanbindung konnte aufgrund hoher Kosten nicht erfolgen.

4.7 Johannes-Scharrer-Schule / Hersbruck (Bayern)

Name der Schule: Johannes-Scharrer-Realschule

Anschrift: Happurger Str. 13, 91217 Hersbruck

Ansprechpartner: Gerhard Oswald, Dipl.-Phys., Betreuer der Anlage

Telefon und Email: 09151-3351, johannes-scharrer-realschule@t-online.de

Internet: www.jsr-hersbruck.de (keine Hinweise zur Solaranlage)

Schulbeschreibung

Die Realschule Hersbruck trägt den Namen des Vaters der ersten Deutschen Eisenbahnstrecke von Nürnberg nach Fürth, einem gebürtigen Hersbrucker. Es sind derzeit über 850 Schüler/-innen mit fast 50 Lehrkräften an der Schule. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig ohne die anderen Ausbildungsrichtungen zu vernachlässigen. Angeboten werden in der Sekundarstufe 1 die Wahlpflichtfächergruppen Mathematik-Naturwissenschaften, Wirtschaft, Französisch und Sozialwesen.

Die Solaranlage der Johannes-Scharrer-Schule

Die Photovoltaikanlage von Siemens wurde 1996 installiert. Der Träger ist der Kreis Nürnberger-Land. Eingespeist wird in das Netz der Eon-Bayern. Die Anlage wurde überwiegend von dem Ener-

gieversorger finanziert. Die Nennleistung beträgt 1,1 kW_p (1,06kW effektiv). Die Anlage ist zugänglich auf dem Flachdach des Schulgebäudes montiert.

Abbildung 43 und 44: Service-Team mit der PV-Anlage u. bei der Reinigung der Paneele.



Quelle: Johannes-Scharrer-Realschule.

Ursprünglich diente die Anlage überwiegend zur Demonstration der Solartechnik als Beispiel für die regenerative Energieerzeugung. Gegenwärtig werden in einem Projekt Erfahrungen mit Wartungsarbeiten an der Anlage gesammelt.

Technische Daten

Tabelle 10: Anlagedaten.

Module:	Siemens SNS 1100
Leistung	1,1 KW _p
Neigungswinkel	ca. 25°, nahezu Süd-Ausrichtung, keine Verschattung

Quelle: Johannes-Scharrer-Schule.

Die Nutzung der Fotovoltaik im Unterricht

Gemäß Physik-Lehrplan der Bayerischen Realschulen gehört die Photovoltaik als Teilbereich der erneuerbaren Energien zu dem Hauptthema „Grundlagen der Energieversorgung“ in der 10. Jahrgangsstufe aller Ausbildungsrichtungen. Die PV-Anlage dient hierbei als sehr wichtiges Anschauungsobjekt und kann von den Schülern auch „begriffen“ werden. Die an der vorhandenen Anzeige (siehe Abbildung) abgelesenen/erfassten Daten können im Unterricht interpretiert und ausgewertet werden. Die Anlage ist somit in den Unterricht (in verschiedenem Umfang) eingebettet. Bereits in der 8. und 9. Klasse kann im Rahmen des Physikunterrichts zur Elektrizität sowie elektrischer Energie und Leistung die PV-Anlage herangezogen werden. Was im Einzelnen mit der PV-Anlage gemacht wird, liegt im Ermessen der Lehrkräfte.

Behandlung der Fotovoltaik und der Anlage in außerschulischen Aktivitäten

Die PV-Anlage wird schon jetzt für Schülerprojekte genutzt. In einem Projekt zur Photovoltaik wurden Einflussfaktoren auf die effektive Nutzung der PV-Anlage experimentell ermittelt und ein Beitrag für die Ausschreibung „Ertragsoptimierung der PV-Anlage“ des Solarenergiefördervereins Bayern wurde im März 2006 eingereicht und mit einem der beiden Hauptpreise versehen. Die erfassten Ertragsdaten werden an den Solarenergieförderverein Bayern e.V. übermittelt. (Projektbeschreibung in

der Broschüre „Sonne in der Schule, 10 Jahre Solarenergie an Schulen in Deutschland – Betriebsbericht 2005“, www.sev-bayern.de)

Ein weiteres Projekt befasst sich mit der Verbesserung der Präsentation auf der Schul-Homepage. Für die Betreuung der Anlage ist ein Schülerwartungsteam zuständig. Bei Projektpräsentationstagen der Schule kann die PV-Anlage auch von der Öffentlichkeit besichtigt werden.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage

Die Anlage hat derzeit verschiedene Schwachstellen, die die Nutzung behindern:

- Der Wechselrichter ist durch natürlichen Verschleiß sehr alt. Ein Austausch ist dringend geboten.
- Ein Display zur Darstellung aktueller oder kumulierter Daten fehlt gänzlich. So kann das Bewusstsein bei den Schülern für diesen Themenbereich (Energieversorgung, Alternativenenergiequellen, Reduzierung von CO₂-Emissionen) nur unzureichend geweckt werden.
- Eine Anbindung an das Schulnetz und geeignete Auswerte- und Darstellungssoftware fehlen.
- Als Konsequenz können für die unteren Jahrgangsstufen nur unzureichende pädagogische Konzepte zur Einbindung der PV-Anlage entwickelt und angeboten werden.

Pädagogischen Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Der Umgang mit dem unvermeidlichen Klimawandel, dessen Folgen und deren Abmilderung gehört zu den essentiellen Aufgaben der Menschheit und muss im Unterricht ebenfalls mehr Raum erhalten, und zwar fächerübergreifend sowie jahrgangsstufenübergreifend. Eine optimierte Nutzungsmöglichkeit der PV-Anlage, die ja die Sonne als den Energielieferanten überhaupt anzapft und somit beispielhaft für die Nutzung regenerativer Energiequellen ist, wäre somit sehr wünschenswert. Aufgrund der fehlenden elektronischen Datenerfassung, Darstellungsmöglichkeit und Auswertesoftware wird die Anlage in anderen Fächern z.B. Deutsch (Klimadiskussion), Erdkunde (Klimawandel, alternative Energienutzung), Biologie oder Chemie nur sporadisch in Unterrichtssequenzen eingebaut. Infolge dessen hat die Schule sich folgende Ziele gesetzt:

- Bessere Nutzungsmöglichkeiten der PV-Anlage im Physik-Unterricht der 9. und 10. Klassen.
- Nutzung der PV-Anlage für alle Jahrgangsstufen in den Fächern Deutsch, Erdkunde, Biologie und Chemie neben Physik über alle Jahrgangsstufen.
- Ausbau des Einsatzes der Anlage für Schülerprojekte.
- Aufbau von Schülerarbeitsgruppen, die sich den erneuerbaren Energien widmen.
- Die Themen Klimawandel, Alternativenenergienutzung und Emissionsreduzierung als roten Faden in allen Jahrgangsstufen umzusetzen.

Im Rahmen des Projektes Solarsupport wurden keine technischen Optimierungen durchgeführt.

Abbildung 45: Schüler erklären die Solartechnik, Ablesen der Ertragsdaten.

Quelle: Johannes-Scharrer-Realschule.

4.8 Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium (Windsbach, Bayern)

Name der Schule: Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium

Anschrift: Moosbacher Str. 9, 91575 Windsbach

Ansprechpartner: Helmut Kirsch, Tel.: 09871/1295,

Telefon und Email: 09871/315, kirsch-h@web.de

Internet: www.jsbg.de

Schulbeschreibung

Das Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium Windsbach hat sowohl die sprachliche - (neusprachlich und humanistisch), eine naturwissenschaftlich-technische -, als auch eine musische Ausbildungsrichtung. Es ist zudem das Betreuungsgymnasium des weltbekannten Windsbacher Knabenchores.

Zurzeit werden ca. 1.000 Schüler/innen von 82 Lehrkräften unterrichtet. Die Schule hat durch starkes Wachstum mehrere Erweiterungsbauten hinter bzw. vor sich.

Das Solarprojekt des Johann-Sebastian-Bach-Gymnasiums

Die PV-Anlage wurde vor etwas mehr als 10 Jahren über das Programm „Sonne in die Schulen“ angeschafft. Einige Lehrer/innen und eine Schülergruppe haben die Anlage, unter Mithilfe des Hausmeisters, selbständig montiert. Der Bausatz für eine Flachgestellmontage wurde zur Befestigung als Wandmontage an der Attika am Eingangsbau umgeändert. Dies wurde auf Wunsch der Baubehörde vom Landratsamt Ansbach so durchgeführt, da eine Begehung der Flachdächer vermieden werden sollte. Die Anlage hat eine sehr gute Südausrichtung mit guten Energieertrag. Der Winkel der Module zur Horizontalen beträgt 60°. Der Vorteil hiervon ist, dass anfallender Schnee leichter abrutscht und zudem eine Selbstreinigung der Module durch ablaufenden Regen sicherstellt. Nachteilhaft ist, dass im Hochsommer bei Sonnenhochstand der Einstrahlungswinkel nicht ideal ist. Dafür ist im Frühjahr und Herbst bei oft klarem Himmel und noch niedriger Außentemperatur ein sehr guter Einstrahlungswinkel vorhanden. Im Vergleich ähnlicher Anlagen in Bayern ist die Jahresenergieausbeute immer über dem Durchschnitt dieser Anlagen.

Abbildung 46 und 47: Klasse 8c bei der Teilbeschattung der PV-Anlage und Datenanzeige mit 22“-Flachbildschirm.



Quelle: Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium

Die erzeugte Energie wird in das Schulnetz eingespeist. Es ist daran gedacht, nach Abschluss von Um- und Anbaumaßnahmen, die auch eine neue Stromhaupteinspeisung erfordern, mit dem Energieversorger einen Einspeisevertrag in dessen Netz abzuschließen.

Technische Daten

Tabelle 11: Anlagedaten.

Anlagenleistung	1 kW _p
Solarmodule	SOLARA, Typ M55, Leistung: 53 W _p
Wechselrichter	Siemens, SPN1000

Quelle: Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium.

Allgemeine Ziele bei der Optimierung der PV-Anlage

Durch eine große Flachbildanzeige in der Aula erreicht die PV-Anlage eine wesentlich größere Aufmerksamkeit sowohl bei Schülern als auch bei Eltern und Besuchern. Durch das starke Wachsen der Schule – die Schülerschaft und damit auch die Elternanzahl hat sich in den letzten 10 Jahren fast verdoppelt – ist hier ein deutlich gesteigertes Interesse vorhanden. Auch die Zahl der Schulveranstaltungen in der Aula ist durch die vielen Schulzweige der Schule eminent gestiegen. Die Schulaula ist in den Pausen häufig überfüllt, so dass sich Schüler durch die Großanzeige über die Daten der Anlage informieren können.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage und Optimierung der Anlage

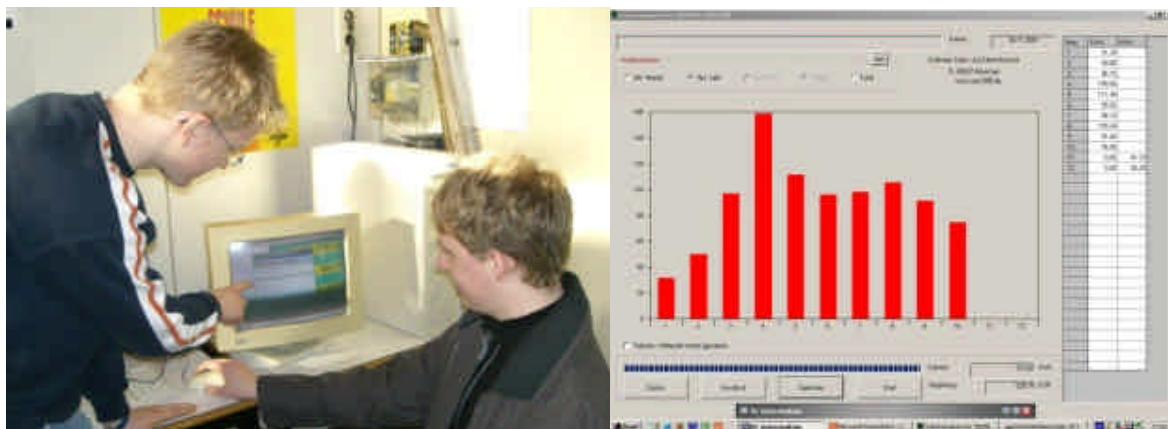
Bisher wurden die Daten der Anlage nur über das kleine Display am Wechselrichter in einem sehr kleinen Technikraum angezeigt. Der Raum ist für eine ganze Schulklasse nicht begehbar. So wurden in den vergangenen Jahren die Daten der Anlage nur sporadisch im Physik-Unterricht der 10. Klassen genutzt, weil sie nur durch Ablesung im Technikraum verfügbar waren. Auch für die Öffentlichkeit (Eltern, Besucher) war zwar das Vorhandensein der PV-Anlage durch die gute Einsehbarkeit der Paneele im Pausenhof und Eingangsbereich zu bemerken, über Daten konnte man allerdings keine Informationen erhalten.

Im Rahmen der Optimierung wurde das Ausleseprogramm Horus entwickelt und in der Aula ein 22“-Flachbildschirm installiert. Die Entwicklung des Ausleseprogramm Horus wurde von der Schule selbst

in Auftrag gegeben, da es damals keine derartigen Programme gab. Das Programm kann alle Werte, die der Wechselrichter speichert, über z.B. Powerpoint ausgeben und je nach Auswahl zu einer Monitor-Anzeige bringen. Die Anzeige verläuft parallel im Technikraum, in dem die Schülersolargruppe den PC bedienen und auch eine Anzeigenauswahl treffen kann und über einen Videosplitter in der Aula auf den 22"-Flachbildschirm, wo die ausgewählten Daten angezeigt und von Schülern und Besuchern wahrgenommen werden können. Ein Zeitschaltprogramm setzt PC und Bildschirm zu ausgewählten Zeiten in Gang. Über eine Intranetleitung im Haus gelangen alle Daten auch in den Physikbereich. Dort können sie über Laptops und Beamer im Unterricht direkt verwendet werden.

Eine mögliche Anwendung im Unterricht ist die Besprechung des Einflusses einer Teilbeschattung der Module auf die Leistung der Anlage. Auf dem Schulhof wirft eine entfernt stehende Birke am Nachmittag einen langen Schatten, der im Laufe der Zeit über die Module wandert. Dadurch kommt es während einer relativ kurzen Zeit zu einer kleinen Leistungsverminderung im PV-Bereich. Dies kann man z.B. durch eine Datenauflistung der Vortageswerte an einer kleinen Delle im tP-Diagramm nachweisen. Auf Basis der Werte kann man mit den Schüler/innen über den Einfluss einer Teilbeschattung der Module diskutieren. Auch quantitative Aufgaben können von den Lehrer/innen mit schuleigenen PV-Daten berechnet werden. Ebenso können Diagramme, die Horus liefert und darstellt, auch in anderen Fächern wie z.B. Mathematik und Geographie für den Unterricht verwendet werden. Durch das Fach Natur und Technik in der 7. Jahrgangsstufe des bayerischen Gymnasialtyps G8 ist eine weitere Einbindung der Themen Energie und erneuerbare Energie im Unterricht gegeben. So wird zurzeit das Thema Energie in drei Altersstufen behandelt. Es besteht also vermehrter Bedarf über Daten und Diagramme.

Abbildung 48 und 49: Einrichten von Horus für das Internet und Ertragsdiagramm.



Quelle: Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium

4.9 Katholische Theresienschule / Berlin

Name der Schule: Katholische Theresienschule

Anschrift: Behaimstraße 29, 13086 Berlin

Ansprechpartner: Henning v. Gynz-Rekowski (h.v.gynz-rekowski@web.de)

Telefon und Email: Tel. 030/9246425, theresienschule@t-online.de

Internet: <http://www.theresienschule.de> (keine Hinweise zur Solaranlage)

Schulbeschreibung

Die Theresienschule ist ein freies katholisches Gymnasium und von daher einer zweifachen Zielsetzung verpflichtet. Als Gymnasium hat sie zum einen die Aufgabe, ihren SchülerInnen die Voraussetzungen für ein Universitätsstudium zu vermitteln:

- die Fähigkeit, selbstständig zu lernen
- sicheres und korrektes fachliches Wissen
- Konzentrationsfähigkeit und methodisches schlüssiges Denken
- wissenschaftliche Redlichkeit und vorurteilslose Diskussions- und Argumentationsfähigkeit
- Interesse für Lösungen von Problemen
- soziale Kompetenz
- Bereitschaft zur Kooperation
- Leistungsfreude und
- verantwortungsvolles Anwenden des Wissens.

Diese Fähigkeiten sind nötig, um ein Hochschulstudium erfolgreich absolvieren zu können. Zum anderen will sie als katholische freie Schule eine alternative Schule sein, die in der modernen pluralistischen Welt den heranwachsenden jungen Menschen eine Orientierung vermittelt.

An dem grundständigem Gymnasium sind in 2007 ca. 700 SchülerInnen. Die Schwerpunkte des Gymnasiums liegen auf dem musischem und dem naturwissenschaftlichem Gebiet.

Das Solarprojekt der Katholischen Theresienschule

Die Schule verfügt über eine Solaranlage mit 30 Modulen Unisolar 64 mit insgesamt ca. 2 kW Spitzenleistung. Jedes Modul hat ca. 64 W_p. Die Anlage ist auf dem Flachdach des Schulgebäudes aufgestellt. Die Energie wird ins öffentliche Netz eingespeist.

Die Anlage wurde im April 2001 in Betrieb genommen. Finanziert wurde sie aus verschiedenen Quellen: 10.200 Euro wurden vom Frauenverein der Heiligen Hedwig gespendet, je 3.000 € vom BmWI im Rahmen des Programms „Sonne in der Schule“ und vom Förderverein der Schule sowie 4.100 € vom Erzbischöflichen Ordinariat.

Abbildung 50: Solaranlage der Theresienschule.

Quelle: Theresienschule.

Technische Daten

Tabelle 12: Anlagedaten.

Module	30 Module Unisolar 64
Leistung	ca. 2 kW Spitzenleistung, je Modul ca. 64 W _p
Ertrag	ca. 1.900 kWh/a
Visualisierung	Grid Master 2.0, Visualisierungsprogramm für den ASP-Wechselrichter Grid III für Windows 3.XX und Windows 95/98 der Fa. HvG Hard and Software Engineering, Krefeld

Quelle: Katholische Theresienschule.

Die Nutzung der Photovoltaik im Unterricht

Alternative Energiequellen werden im Rahmen des Physikunterrichts in der 10. Klasse behandelt. Da Festkörperphysik im Lehrplan nicht mehr enthalten ist, kann die Funktionsweise von Solarzellen nur ganz prinzipiell behandelt werden. Im Rahmen des Physikleistungskurses wurde im Rahmen der Wahlgebiete im 4. Semester bisher zweimal das Thema „Lichterzeugung – Lichtnutzung“ bearbeitet. Im Wahlpflichtkurs „Experimentalkurs“ (Klasse 9) werden alternative Energiequellen ausführlich behandelt. Zum Thema Solarzellen wird das Angebot des Schülerlabors des HMI zum Selbstbau von Grätzelzellen (Farbstoffzellen) genutzt.

Behandlung der Photovoltaik und der Anlage in außerschulischen Aktivitäten

Zur Nutzung der Solaranlage der Schule gab es vor drei Jahren eine Arbeitsgemeinschaft, an der 13- bis 15-jährige Schüler beteiligt waren. Die Erfahrungen, die dabei gewonnen wurden, bilden die Grundlage für die Gestaltung des Experimentalkurs-Themas. Darüber hinaus wurden zwei öffentliche Veranstaltungen zur Darstellung der Solaranlage durchgeführt. Zielgruppe waren hierbei die Spender, die die Anschaffung der Anlage ermöglicht hatten.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage

Die Anlage hat derzeit noch einige Defizite. Zum einen fehlt ein öffentlich sichtbares Display. Dadurch ist der Wirkungsbereich praktisch auf die Schüler beschränkt, die einmal die Gelegenheit hatten, die Anlage auf dem Dach direkt in Augenschein zu nehmen (was eigentlich nicht gestattet ist).

Weiterhin ist die gegenwärtig installierte Software völlig unzureichend. Die Speicherung erfolgt nur im Arbeitsspeicher bei mitlaufendem Rechner. Bei jedem Absturz gehen die Daten verloren. Nach drei Wochen ist die zur Verfügung stehende Speicherkapazität erschöpft. Während der großen Ferien stoppt die Aufzeichnung zur Halbzeit.

Auch die pädagogische Nutzung weist Defizite auf, was jedoch durch Vorgaben begründet ist. Die Vorgaben des Rahmenplanes der Sekundarstufe 1 nehmen nur ganz allgemein im Wahlthema 5 „Alternative Energiesysteme nutzen“ auf die Solarenergie Bezug. Will man genauer auf die Funktionsweise eingehen, muss man jedoch vom Rahmenplan abweichen!

Abbildung 51 und 52: Die Solaranlage der Katholischen Theresienschule.



Quelle: Katholische Theresienschule.

Pädagogischen Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Die Schule hat sich verschiedene Ziele für die pädagogische Nutzung der Anlage gesetzt. Zum einen soll die Nutzung der Solarenergie als praktische Möglichkeit demonstriert werden. Weiterhin sollen die Grundlagen für eine realistische Beurteilung der Möglichkeiten der Solarenergienutzung vermittelt werden. („Was ist technisch und ökonomisch möglich – und was nicht?“). Auch die Vermittlung der Funktionsweise von Solarzellen soll einen Einblick in die Festkörperphysik gegeben, ohne die heute weit verbreitete elektronische Geräte nicht verstanden werden können.

Optimierung der Anlage

Der Wechselrichter wurde ausgetauscht. Auf den Schulrechnern wurde eine Auswertungssoftware installiert. Zusätzlich wurde ein Display angeschlossen.

Abbildung 53 und 54: Anschluss des Wechselrichters und Auswertung der Daten.

Quelle: Katholische Theresienschule.

4.10 Friedrich-Wilhelm-Gymnasium (Königs Wusterhausen, Brandenburg)

Name der Schule: Friedrich-Wilhelm-Gymnasium

Anschrift: Köpenicker Straße 2b, 15711 Königs Wusterhausen

Ansprechpartner: Uwe Peschel

Telefon und Email: 03375-293734 uwe.peschel@etsag.de

Internet: <http://www.etsag.de/>

Das Solarprojekt des Friedrich-Wilhelm-Gymnasiums

Das Friedrich-Wilhelm-Gymnasium liegt in Königs Wusterhausen etwa 30 Kilometer süd-östlich von Berlin. Im Jahre 1997 gründete sich an dem Gymnasium das Energie-Team, eine aktive Schülergruppe und interessierte Lehrer, die zusammen für die Installation der ersten Schulsolaranlage auf der Dachterrasse der Schule sorgten. Die erste polykristalline Solaranlage wurde über das Projekt „Sonne Online“ von Preußen Elektra (jetzt E.ON) und einem Zuschuss seitens des Fördervereins des Friedrich-Wilhelm-Gymnasiums finanziert. Der große Erfolg dieses Projektes führte dann dazu, dass in den Jahren 1999/2000 eine weitere monokristalline Photovoltaikanlage mit Zuschüssen aus Bundes- und Landesmitteln errichtet wurde. Um jedoch Strom nicht nur zu produzieren und kostenlos ins Schulnetz einzuspeisen, sondern auch verkaufen zu können, mussten Spenden für die Einspeiseleitung vom Schuldach bis in den Stromübergabepunkt im Erdgeschoss eingeworben werden. Seit 2002 konnten die solaren Erträge auch kommerziell genutzt werden. Mit den anschließend erwirtschafteten Einnahmen und einer Anschubfinanzierung seitens der Deutschen Kinder- und Jugendstiftung wurden bis 2004 zwei weitere Anlagen angeschafft und installiert.

Alle Anlagen wurden, um des besseren Verständnisses willen und um Kosten zu sparen, von den Schülern weitgehend selbst aufgebaut. Als Tragegerüst – ein wichtiger Kostenfaktor – wurden Holzgerüste gewählt. Nur wenige Arbeiten wie z.B. der Anschluss an das Stromnetz wurden von Fachfirmen durchgeführt. Günstig war hierbei die Installation der Anlagen auf einer großen Dachterrasse, die diese Selbstbauarbeiten ermöglichte. Ab dem Sommer 2003 begann auch die Gründung der Schülerfirma mit Unterstützung der DKJS – Deutsche Kinder- und Jugendstiftung – und im Sommer 2004

erfolgte dann endlich die Gründung der Energie-Team Schüler-Aktiengesellschaft im Rahmen der ersten Vollversammlung.

Abbildung 55: Die Anlagen des Energie Teams von Kyocera, Siemens, Mitsubishi II und I (von links nach rechts) und das Energie-Team.



Quelle: Friedrich Wilhelm Gymnasium 2006

Die Energie-Team Schüler-Aktiengesellschaft ist eine Schülerfirma. Ihre Gründung wurde mit einer Satzung beschlossen, die Auskunft über die Struktur, das Anliegen und die Geschäftsidee gibt. Organe der Aktiengesellschaft sind die Vollversammlung der Aktionäre, der Vorstand und der Aufsichtsrat. Im Vorstand sind immer aktive Schüler des Gymnasiums vertreten. Im Aufsichtsrat „sitzt“ grundsätzlich der betreuende Lehrer. Das Anliegen der Aktiengesellschaft ist den Schülern des Gymnasiums das im Unterricht erworbene Wissen in der Praxis anzuwenden (Energie-Team 2005, §1.3). Als Geschäftsidee liegt der Gesellschaft die Produktion und die Vermarktung von Strom zugrunde. Die Einnahmeverwendung ist gemäß Satzung beschränkt auf die Unterhaltung und den Ausbau der Photovoltaik-Anlagen, dem Ausbau der Ökolaube als Firmensitz sowie Investitionen in eine Wind- und Wasserkraftanlage. Einnahmen können aber auch zur Gewinnausschüttung verwendet werden, wobei jedoch die Aktionäre bisher nur für das Geschäftsjahr 2004 hiervon Gebrauch machten. Teilhaber an der Aktiengesellschaft kann jeder werden, der die vorhandenen Aktien zeichnet. Die Aktien haben einen – dauerhaft festgesetzten – Wert von fünf EURO und können als normale oder als Förderaktie erworben werden. „Normale Aktien“ erhalten auf Beschluss der Aktionärsversammlung Anspruch auf eine Dividende. Diese betrug bei der letzten Ausschüttung in 2005 bei 4% und wird aus den Einspeisevergütungen bezahlt. Die Anzahl der Aktien ist derzeit auf 701 Stück limitiert, von denen 350 Stück im freien Umlauf sind. Die Aktien sind nicht frei handelbar, können jedoch unter Einbehaltung einer Bearbeitungsgebühr an die Aktiengesellschaft zurückgegeben werden. Darüber hinaus gibt es noch Förderaktien, die nicht dividendenberechtigt sind. Neben der Betätigung im praktischen Umweltschutz wollen die Schüler unternehmerisches Denken lernen und in unternehmerisches Tun umwandeln, so dass sie nach dem Motto "Mit ökonomischen Erfolg zum ökologischen Erfolg" handeln. In der Tat umgesetzt bedeutet das, dass sich die Schülerfirma durch eigene Einnahmen weiterentwickelt. Nachdem die ersten PV-Anlagen von verschiedenen Programmen und Organisationen gefördert wurden (z.B. „Sonne online“, „Sonne in der Schule“, durch die Deutsche Kinder- und Jugendstiftung) ist die Energie-Team Schüler-Aktiengesellschaft jetzt in der Lage, sich über die Einnahmen aus Strom- und Aktienverkäufen sowie durch Wettbewerbsgewinnen selbst zu finanzieren. So wurde beispielsweise die vierte PV-Anlage komplett aus eigenen Mitteln finanziert.

Im Durchschnitt beläuft sich der Ertrag pro Anlage auf etwa 700 kWh jährlich. Somit erwirtschaften das Energie-Team jedes Jahr ca. 2.800 kWh Strom, den es für durchschnittlich 48 Cent/kWh an den Stromanbieter E.ON edis verkauft. Die Anlagendaten und Stromerträge werden vom Energie-Team mit einer Software zur Ertragsanalyse von Photovoltaikanlagen überwacht und für einen Systemvergleich der unterschiedlichen Anlagentypen hinsichtlich Störungsfreiheit, Effizienz und Leistung verwendet. Seit Beginn der Installation der ersten Anlage bis Ende 2005 gewann das Energieteam ca. 15.000 kWh Strom aus Sonnenlicht. Dies entspricht einer CO₂-Ersparnis von ca. 10,5 t.

Für ihr Engagement ist das Energie-Team mehrfach ausgezeichnet worden. So erhielt es auf dem Technologietag 2006 in Teltow den Schülerpreis TECCI, den Innovationspreis von „Welt der Wunder“ (RTL II) in der Sparte Jugend und den „Ideenmacher-Preis“ von Thyssen-Krupp. Im Rahmen des Wettbewerbs des Solarenergiefördervereins Bayern e.V. zum Thema "Möglichkeit und Grenzen der Nutzung der Photovoltaik" gewann das Projekt den 1. Preis. In dem Wettbewerbsbeitrag dokumentierten die Schüler die Auswirkungen des Wetters auf die Erträge der Solaranlagen.

Abbildungen 56 und 57: Modulwechsel und Aufbau einer Solaranlage durch das Energieteam.



Quelle: Energie-Team o.J.

Photovoltaik-Anlagen, ihre Betreuung und ihre Nutzung zu wissenschaftlichen Zwecken ist ein dauerhaftes Projekt für die jährliche Projektwoche, bei dem jedes Jahr aufs Neue wieder Schüler/innen mitarbeiten können. Ebenso können alle Schüler/innen des Gymnasiums bei dem Energie-Team mitarbeiten. Die Mitglieder des Energieteams halten auch in den Klassen Vorträge zur Gewinnung neuer Mitglieder. Aus der Beschäftigung mit dem Thema Energie entsprangen auch weitere Unterrichtsprojekte in anderen Fächern wie z.B. der Bau eines (thermischen) Solarkollektors in Physik oder die Entwicklung einer Software zur Analyse der Stromproduktion im Informatik-Leistungskurs. Ein weiteres derzeit laufendes Projekt ist die Initiative „KW macht Watt!“, die an die Solarbundesliga anknüpft. Nach derzeitigem Stand nimmt Königs Wusterhausen den Rang 9 in der Landesliste von Brandenburg ein. Um diesen Rang zu verbessern, führen Mitglieder des Energie-Teams als „Botschafter“ eine Aktualisierung des Bestandes an PV- und Solarthermie-Anlagen durch und erfassen die Leistungsdaten im Interview mit den Bürgern. Weitere Ziele der Initiative sind der Aufbau eines Solarnetzwerkes durch die Ansprache von Handwerkern, Architekten und Anlagenbetreibern, sowie die Information der Bürger über Fragen zur solaren Stromerzeugung.

Abbildung 58 und 59: Installation der Anzeigetafel und fertig installiert über dem Vertretungsplan.



Quelle: Gymnasium KW

Optimierung der Anlage

Im Rahmen von Solar Support wurde eine Anzeigetafel über dem Vertretungsplan installiert. Über die Anzeige werden permanent u.a. die eingespeiste elektrische Energie und die vermiedenen CO₂-Emissionen öffentlichkeitswirksam dargestellt.

4.11 Staatliche Wirtschaftsschule Gunzenhausen (Bayern)

Name der Schule: Staatliche Wirtschaftsschule Gunzenhausen

Anschrift: Bismarckstraße 24, 91710 Gunzenhausen

Ansprechpartner: Robert Wiehn, Gymn.L. Physik/Sport, Betreuer der Schule

Telefon und Email: 09831-674270, verwaltung@bsz-gun.de

Internet: <http://www.bsz-gun.de>

Schulbeschreibung

Die Wirtschaftsschule Gunzenhausen wird in zwei Varianten geführt. Die vierstufige Wirtschaftsschule führt in vier Jahrgangsstufen (7. bis 10. Klasse) zur Mittleren Reife. Dabei wird ein besonderer Schwerpunkt in die kaufmännische Grundausbildung mit Datenverarbeitung und Textverarbeitung gelegt. Die zweistufige Wirtschaftsschule beginnt mit der 10. Jahrgangsstufe und bietet vor allem für Hauptschüler/innen mit qualifizierendem HS-Abschluss eine gute Gelegenheit die Mittlere Reife zu erlangen.

Das Solarprojekt der Wirtschaftsschule Gunzenhausen

Auf dem zugänglichen Flachdach der Schule wurden seit 1996 drei Solaranlagen von Schülergruppen montiert. Die erste Anlage wurde vom Schulträger finanziert, dem Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen sowie dem örtlichen Energieversorger (Stadtwerke Gunzenhausen). Die Nennleistung beträgt 1,06kW_p. Die zweite Anlage wird vom Landkreis betrieben. Die Nennleistung beträgt 3,85kW_p. Sie wurde im Schuljahr 2003/04 durch Schüler der Projektgruppe „Photovoltaik“ errichtet. Die dritte Anlage wurde im Schuljahr 2005/06 gleichfalls durch Schüler der Projektgruppe „Photovoltaik“ aufgebaut. Betreiber der Anlage ist die BSZ Sonnenfreunde Gunzenhausen GbR. Gesellschafter

der GbR sind sechs Lehrkräfte des Beruflichen Schulzentrums Gunzenhausen. Die Nennleistung dieser Anlage beträgt 8,40 kW_p.

Abbildung 60 und 61: Schuldach mit Solaranlage und das Aufbauteam.



Quelle: Staatliche Wirtschaftsschule Gunzenhausen

Nutzung der Anlage in der Schule

Die Nutzung der Anlage in der Schule wird vornehmlich durch bestehende Projektgruppen getragen. Das Fach „Projektarbeit“ ist seit 2001/02 reguläres Pflichtfach an Wirtschaftsschulen. An der Staatlichen Wirtschaftsschule Gunzenhausen wählen Schüler/innen eine Projektgruppe für ein ganzes Schuljahr. Ziele sind selbständiges, teamorientiertes Arbeiten, damit die gemeinsam erarbeiteten Projektziele erreicht werden. Darüber hinaus ergaben sich verschiedene Kooperationen mit dem Betreiberverein, mit EEG-Betrieben, in denen die Schüler/innen eingebunden wurden. Außerdem erfolgte eine Beteiligung an örtlichen Ausstellungen und Messen mit eigenen Projektarbeiten.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlagen und Ziele einer Optimierung

Die Anlage hatte verschiedene Schwachstellen, welche die Nutzung behindern. Zum einen fehlte ein Display zur Darstellung aktueller und kumulierter Daten. Dadurch ist die Anlage den jüngeren Schülern, die nicht am Aufbau beteiligt waren, nicht bekannt. Weiterhin fehlten eine Anbindung an das Schulnetz und geeignete Auswertungs- und Darstellungssoftware. Diese Probleme konnten im Rahmen des Projektes Solarsupport behoben werden, indem eine Anzeige zur Visualisierung der Photovoltaikanlagedaten installiert und die Anlage an das Schul-Intranet über einen Datenlogger angebunden wurde.

Es ist geplant, die aktuellen Themen um die Nutzung erneuerbarer Energien, aber insbesondere der an der Schule vorhandenen Photovoltaikanlage verstärkt in Projekte des Pflichtfaches einzubinden. Dabei können in Zukunft durchaus verschiedene Schwerpunkte gesetzt werden:

- Rechtlich-organisatorischer Rahmen zum Betreiben von Anlagen.
- Finanzwirtschaftliche und steuerrechtliche Aus- und Bewertungen.
- Auswertung und Darstellung der Daten in physikalisch-technischer und kaufmännischer Hinsicht.
- Kooperation innerhalb der Projekte mit Anbietern und Dienstleistern aus dem EE-Bereich.
- Aufbereitung von Inhalten für den Unterricht in anderen Fächern der Schule.
- Kooperation mit Klassen der Berufs- und Meisterschule am Beruflichen Schulzentrum Gunzenhausen.

Abbildung 62: Anzeigetafel der Solaranlage.

Quelle: Wirtschaftsschule Gunzenhausen

Außerhalb des Faches „Projektarbeit“ können in vielen anderen Fächern, in denen explizit die Umweltproblematik eine Rolle spielt, Erfahrungen und Daten aus dem Betreiben der PV-Anlage Eingang finden. Dies gilt insbesondere für Betriebswirtschaft, Volkswirtschaft, Sozialkunde und Deutsch.

Der Umgang mit den Folgen des Klimawandels und dessen Abmilderung gehört zu den grundlegenden Aufgaben der Menschheit, dem sich die Schule pädagogisch stellen will. Dieser Thematik soll im Unterricht mehr Raum gegeben werden, nicht nur im naturwissenschaftlichen Fächern sondern auch fächerübergreifend z.B. in den Fächern Deutsch, Erdkunde, Sozialkunde, Betriebswirtschaft, Volkswirtschaft. Demzufolge hat sich die Schule die folgenden Ziele gesetzt:

- bessere Nutzung der PV-Anlage im Physikunterricht der 10. Jahrgangsstufe,
- bessere Nutzung der PV-Anlage in allen Jahrgangsstufen in den Fächern Deutsch, Erdkunde, Biologie und Sozialkunde,
- besondere Berücksichtigung der PV-Anlage in den kaufmännischen Fächern der Wirtschaftsschule (Betriebswirtschaft, Volkswirtschaft, Datenverarbeitung, Projektarbeit) sowie
- Bildung einer Projektgruppe „Photovoltaik“, welche die bestehenden PV-Anlagen wirtschaftlich verwaltet.

4.12 Gymnasium Neutraubling (Bayern)

Name der Schule: Gymnasium Neutraubling

Anschrift: Gregor Mendel Str. 5, 93073 Neutraubling,

Ansprechpartner: OStR Andreas Schnellbögl, OStR Klaus Berger

Telefon: 0941-704 0487 (p); 09401 522510(d);

Email: andreas.schnellboegl@gymnasium-neutraubling.de

Internet: <http://www.gymnasium-neutraubling.de/klimaverein/start.php>

Schulbeschreibung

Das Gymnasium Neutraubling im Regierungsbezirk Oberpfalz wurde 1974 gegründet. Mehrmals musste das Schulgebäude vergrößert werden, um dem Bedarf in Neutraubling und dem Umland gerecht zu werden. Das Gymnasium, das eine sprachliche und eine naturwissenschaftliche Ausbildungsrichtung anbietet, besuchen derzeit ca. 1.460 Schüler. Es beginnt mit der fünften Klasse und die Re-

gelzeit bis zum Abitur dauert acht bzw. neun Jahre. Mit der Einführung des achtjährigen Gymnasiums in Bayern 2004/05 wurde im Fach Natur und Technik ab dem ersten Jahr im Gymnasium das Interesse der Schüler/innen an naturwissenschaftlichen Themen gestärkt.

Das Solarprojekt am Gymnasium Neutraubling

Im Jahre 1996 startete das Solarprojekt des Gymnasiums Neutraubling mit der Installation der ersten Photovoltaikanlage. Sie wurde mit Hilfe des Programms "Sonne in der Schule" finanziert, die Einspeisung des Stroms erfolgte zunächst in das Schulnetz. Die Montage der Anlage leistete der Physiklehrer Peter Holzgartner gemeinsam mit Schülern eines Leistungskurses Physik. Die Anlage ist auf einem leicht zugänglichen Flachdach montiert, so dass die Module im Winter einfach vom Schnee befreit werden können. Die erste Erweiterung mit einer zweiten Anlage fand im Frühjahr 2003 statt, die zweite Erweiterung im Frühjahr 2005. Zur Vergrößerung des Neigungswinkels erfolgte die Montage mit durch Schrauben verlängerten Haltewinkeln. Inzwischen speisen alle Anlagen den Strom in das öffentliche Netz ein, so dass aus den Erträgen auch Erweiterungen und Instandhaltung finanziert werden können. Pro Jahr werden ca. 14.500 kWh Strom von den Anlagen erzeugt. Damit wird eine CO₂-Einsparung von ca. 7.500 kg pro Jahr geleistet. In Bezug auf den Stromverbrauch der Schule konnten in 2005 ca. 3% des Schulstroms aus erneuerbaren Energien erzeugt werden.

Abbildung 63 und 64: Erste und zweite PV-Anlage des Gymnasiums.



Photos: Gymnasium Neutraubling / Verein für Klimaschutz und Solarförderung

Um den Klimaschutz am Gymnasium voranzubringen, hat eine Gruppe von Lehrern im Jahr 2004 den Verein für Klimaschutz und Solarförderung am Gymnasium Neutraubling e.V. gegründet. Der Verein ist auch Eigentümer aller PV-Anlagen. Die Ziele des Vereins sind die Umwelterziehung am Gymnasium Neutraubling durch Projekte, Exkursionen, Gestaltung von Ausstellungen, die Betreuung der Energiemanager des Gymnasiums, die Betreuung und Auszeichnung von hervorragenden Facharbeiten oder Aktivitäten im Bereich Umweltschutz, der Ausbau der Photovoltaik am Gymnasium Neutraubling sowie die Information und Beratung der Schüler/innen, Kollegen, Eltern und Bevölkerung. Ein weiteres Vereinsziel ist die finanzielle Unterstützung von Projekten in unterentwickelten Ländern zur Verbesserung der lokalen Energieversorgung durch Nutzung erneuerbarer Energien. Die Solaranlage wird vor allem für Projekte im Physikunterricht der Klassen 8 bis 10 genutzt. Beispielhafte Themen hierzu sind u.a. Energieversorgung und Elektronik. Für die anderen Jahrgangsstufen wird die Photovoltaik-Anlage vor allem für Referatsthemen oder Projekttag genutzt. In der Oberstufe können Schüler/innen zum Thema Photovoltaik Facharbeiten schreiben. Eine Facharbeit im Rahmen des Leistungskurses Physik hatte eine Langzeitauswertung der Erträge der zweiten PV-Anlage als Thema.

Abbildung 65 und 66: Wechselrichter im Physiksaal und die Ausbildung der Energiemanager.

Quelle: Gymnasium Neutraubling / Verein für Klimaschutz und Solarförderung

Insbesondere in Vertretungsstunden wird über das Thema regenerative Energieversorgung diskutiert und informiert. Eine Sammlung von Videos, DVDs und Computerpräsentationen veranschaulicht die technologischen Möglichkeiten. Die Entlastung der Atmosphäre vom Treibhausgas Kohlendioxid durch die Photovoltaikanlagen wird hier ebenso diskutiert wie auch andere Klima schonende Aktivitäten der Schule, die mit einer Gesamtbilanz der Kohlendioxidemissionen dargestellt werden.

Technische Daten

Tabelle 13: Anlagencharakteristika des Gymnasiums

Anlage	Leistung	Typ
Anlage 1	1,1 Kilowatt Maximalleistung	monokristallin
Anlage 2	3,0 Kilowatt Maximalleistung	polykristallin
Anlage 3	5,0 Kilowatt Maximalleistung	polykristallin
Anlage 4	5,2 Kilowatt Maximalleistung	polykristallin

Quelle: Gymnasium Neutraubling / Verein für Klimaschutz und Solarförderung.

Behandlung der Photovoltaik und der Anlage in außerschulischen Aktivitäten

Erneuerbare Energien, Energiesparen und die Photovoltaik-Anlage werden vor allem im außerschulischen Unterricht und bei anderen Aktivitäten behandelt. Zur Finanzierung der Erweiterungen wurden beispielsweise zwei „Solar-Sponsorenläufe“ durchgeführt, bei denen sich alle Schüler/innen beteiligen konnten. Dies stärkte das Interesse der Kinder an und die Identifikation mit „ihrer“ PV-Anlage. Der erste Webseitenaufttritt wurde von Schülern erstellt und auch von Schülern betreut. Mehrere Exkursionen der Energiemanager der Schule führten zu großen Photovoltaik-Anlagen oder regenerativen Kraftwerken in der Umgebung. Im Juli 2006 fanden Projekttag statt, die der Klimaschutzverein unterstützte. Dazu konnten Solarkoffer von der Firma REWAG ausgeliehen werden, die eine Vielzahl von Experimenten ermöglichten. Darüber hinaus bauten die beteiligten Schüler aus einfachen Bauteilen ein Aufwindkraftwerk und führten Experimente mit einer Solarpumpe durch. Seit 2004 läuft an dem Gymnasium auch das „Energiemanager-Projekt“. Hierzu werden in jeder Klasse zwei Schüler/innen zu Energiemanagern ernannt, deren Aufgaben es ist, für energiesparendes Lüften zu sorgen, die Heizung zu überwachen und am Ende des Unterrichts das Licht auszuschalten. Ein schulweiter

Stromspartag ruft die Einsparregeln zu Beginn der kalten und dunklen Jahreszeit in Erinnerung. Er kann durch Bereitstellung des Lastganges auch genau ausgewertet werden und bringt ca. 10-20% Ersparnis. Das Engagement der Energiemanager wird durch den Verein u.a. mit dem Angebot von Exkursionen gefördert. Zur Schulung der Energiemanager werden Projektstunden angeboten, auf denen neben den Aufgaben der Energiemanager auch die alternative Stromversorgung behandelt werden. Ein weiteres Umweltschutzprojekt ist das Sammeln von leeren Druckerpatronen. Durch den Verkauf dieser Patronen an Unternehmen können erhebliche Einnahmen für die Erweiterung der PV-Anlagen erwirtschaftet werden. Es ist zudem geplant, ab 2009 Einnahmen aus der Einspeisevergütung für Energieprojekte im südlichen Afrika zu verwenden. Ein Fifty-fifty Vertrag mit dem Schaufwandträger ist in Vorbereitung.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage und Ziele einer Optimierung

Die Anlagen der Schule befinden sich auf verschiedenen Schuldächern. Bei der Installation der ersten Anlage waren noch keine finanziellen Mittel für die Anschaffung eines Displays vorhanden, so dass nur die Leistung der Erweiterungsanlagen erfasst und dargestellt wird. Bisher ist es auch nicht möglich gewesen, die Anlagendaten mit dem Computer zu erfassen, da weder Software noch ein Datenlogger vorhanden war. Es fehlen auch Messeinrichtungen für die Sonneneinstrahlung und die Modultemperatur. Die fehlende Technik und die fehlende Anbindung an das Computernetz der Schule ist eine der wichtigsten Ursachen dafür, dass an anderen Schulen übliche Schülerprojekte über die Leistung der Anlagen in Abhängigkeit des Wetters nicht möglich sind. Ein weiteres Defizit ist das Fehlen von Experimentierkästen, mit denen praktische Versuche zur Photovoltaik durchgeführt werden könnten. Hiermit wäre eine enge Verzahnung von Unterricht und die Thematisierung der PV-Anlage möglich.

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Generelles Ziel einer Optimierung der Anlage sollte die bessere Einbindung der Anlage in den schulischen Unterricht und in das alltägliche Leben der Schüler/innen sein. Hierbei sollten die folgenden Ziel angestrebt werden:

- Durch eine Datenerfassung der Anlage können Schüler/innen im Unterricht mit den eigenen Schuldaten arbeiten.
- Mit einem Display der Erstanlage wird eine verbesserte Aufmerksamkeit für die Anlage erreicht. Schüler/innen können die Änderung der Leistung der Anlage im Laufe eines Tages beobachten oder beim Vorbeiziehen von Wolken verfolgen.
- Displays erzeugen auch Aufmerksamkeit für die Erzeugung von regenerativen Strom. Hiermit wird auch die Transparenz der Arbeit erhöht und die Schüler/innen erfahren, dass erneuerbare Energien ein Bestandteil des Alltags sind.
- Mit den Anlagen kann man jungen Menschen auch praktisch aufzeigen, dass es neue Berufsfelder gibt bzw. dass klassische Berufe wie „Installateur“ auch „Hightech“ bedeutet.

4.13 Berliner Oberstufenzentren TIEM und BWD

Name der Schule: Oberstufenzentrum TIEM (Technische Informatik, Industrieelektronik u. Energie-management)

Anschrift: Goldbeckweg 8-14, 13599 Berlin

Ansprechpartner: Bernd Röske

Telefon und Email: Tel. (030) 354946-0, info@energie.be.schule.de

Internet: <http://www.osztiem.com> (keine Hinweise zur Solaranlage)

Name der Schule: OSZ BWD (Bürowirtschaft und Dienstleistungen)

Anschrift: Mandelstr. 6, 10409 Berlin

Ansprechpartner: Klemens Griesehop

Telefon und Email: Tel. 42185411, oszbwd@gmx.de

Internet: <http://www.oszbwd.de> und www.solarverein-berlin.de/GbR3.html

Schulbeschreibung

Am 1.2.1981 teilte sich die Planck-Oberschule in einen energietechnischen (OSZ Energietechnik) und in einen nachrichtentechnischen Zweig (OSZ Nachrichtentechnik). Das OSZ Energietechnik gründete sich am Goldbeckweg in Haselhorst und ging mit damals 31 Lehrerinnen und Lehrern in Betrieb. Die Schule wuchs kontinuierlich, musste ab 1984 die erste Filiale eröffnen und erlebte die Wende 1989 mit ca. 2700 Schülerinnen und Schülern der energietechnischen Handwerks- und Industrierufe. Im April 1993 erfolgte eine Reorganisation der schulischen Ausbildung – der handwerkliche Teil wechselte nach Lichtenberg, das OSZ Energietechnik II (heute Hein-Möller-Schule) entstand. Die industriellen energietechnischen Ausbildungsberufe verblieben im OSZ Energietechnik I im Goldbeckweg in Spandau. Am 1.5.2004 wurde das OSZ Energietechnik I in OSZ TIEM umbenannt. Zur Zeit sind am OSZ TIEM ca. 120 Lehrkräfte für ca. 2500 Schülerinnen und Schüler beschäftigt

Das OSZ BWD ist 1998 gegründet worden und beschäftigt zur Zeit ca. 100 Lehrer/innen. Diese unterrichten ca. 1500 Schüler/innen, mit den Ausbildungsschwerpunkten Bürokaufmann/-frau, Kaufmann/-frau für Bürokommunikation.

Das Solarprojekt des OSZ TIEM

Die Schule beschäftigt sich intensiv mit dem Thema Nachhaltigkeit und versucht diese Thematik mit Hilfe eines Lehrerteams in den Schulalltag einzubinden. Ende 2007 wurde am OSZ TIEM ein Ausbildungspavillon für regenerative Energien und Energiemanagement errichtet. Das Lehrgebäude ist für die Ausbildung in dem neu eingerichteten bundesweit einzigartigen Berufsausbildungsgang „Assistent für Regenerative Energie und Energiemanagement“ und dem geplanten Ausbildungsgang „Elektroniker(in) für Gebäude- und Infrastruktursysteme“ bestimmt.

Das Gebäude soll ein Lernort mit Labor- und Werkstattcharakter sein, in dem durch Mess- und Steuertechnik das Energiemanagement im eigenen Gebäude sowohl optimiert als auch gelehrt wird. Weiterhin sollen technische Einzelkomponenten, z.B. thermische Solarkollektoren oder Photovoltaikmodule aufgebaut und getestet werden. Es dient auch als Kooperationsstätte zu anderen Bildungsträgern und Firmen, die auf den Gebieten der regenerativen Energie tätig sind.

Abbildung 67: Ausbildungspavillon für regenerative Energien und Energiemanagement.

Quelle: DGS

Es ist geplant, weitere Solaranlagen nach diesem Modell an Berliner Oberstufenzentren zu errichten. Außerdem ist vorgesehen, einen Ausbildungsverbund zum Thema erneuerbare Energien zwischen den Oberstufenzentren zu organisieren. Dabei sollen die Azubis alle dafür relevanten Kenntnisse und Fertigkeiten in speziellen Lehrgängen an dem jeweils darauf spezialisierten Oberstufenzentrum erwerben können.

Die dritte Bürger-Solaranlage Berlins, eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 30 kW_p auf dem Dach des Oberstufenzentrums Technische Informatik, Industrieelektronik und Energiemanagement (OSZ TIEM) in Spandau, wurde im Jahre 2004 errichtet. Initiiert wurde die Anlage vom Solarverein Berlin e.V., finanziert wird sie von der „Bürger-Solar Berlin 3 GbR“ durch 80.000 Euro Gesellschafteranteile und ein Darlehen über 60.000 Euro von der Umweltbank.

Abbildung 68 und 69: Bürgersolaranlage auf dem OSZ (links) und dem OSZ BWD (rechts).

Quelle: <http://www.solarverein-berlin.de/GbR3.html>

Die Bürgersolaranlage auf dem OSZ BWD

Auf dem Oberstufenzentrums Bürowirtschaft und Dienstleistungen (OSZ BWD) wurde mit finanzieller Beteiligung von Lehrern und anderen Privatpersonen gleichfalls eine Solaranlage errichtet und hierzu die Mandel-Solar GmbH & Co. KG gegründet. Die Initiative ging von der Lehrer-Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeit“ aus und die Umsetzung erfolgte in Kooperation mit der abs concept

GmbH Berlin. Am Aufbau der Anlage waren Azubis vom Ausbildungsprojekt „StrOHMerinnen“ von Life e.V. beteiligt.

Bei einer Anlagengröße von 12,4 kW_p und der prognostizierten „Solarernte“ von jährlich rund 800 kWh/kW_p werden ca. 10.000 kWh/a Strom erzeugt, der ins Netz eingespeist wird. Mit der nach dem Erneuerbare Energien Gesetz garantierten Vergütung von 0,49 € pro kWh erwirtschaftet die Anlage ca. 4.900 € pro Jahr. Durch die Einspeisung des Solarstroms wird die Freisetzung von jährlich ca. 6.000 kg CO₂ vermieden.

4.14 Surheider Schule (Bremerhaven und Bremen)

Name der Schule: Surheider Schule,

Anschrift: Isarstraße 58, 27574 Bremerhaven

Ansprechpartner: Robert Thorsten Maaß, E-Mail: energiesparen.schulen@bremerhaven.de

Telefon und Email: 0471-3913900, Surheider@Schule.Bremerhaven.de

Internet: energiesparen.schulen@bremerhaven.de

Arbeitsblätter: <http://stabi.hs-bremerhaven.de/34plus/versuche/weiter/Stationen.htm>

Das Solarprojekt von ¾ plus -Projekt an der Surheider Schule

Das Projekt ¾plus- SPAR WAT(T) an Bremerhavener Schulen hilft Schulen, Energie und Wasser einzusparen und das Thema in den Unterricht zu integrieren. Inzwischen nehmen alle 40 Bremerhavener Schulen an dem Projekt teil und auch in Bremen machen alle 160 Schulen der Freien Hansestadt mit. In Bremerhaven kooperiert die Bremer Energie-Konsens GmbH mit dem Magistrat und den Seestadt Immobilien zur Förderung des Energie- und Wassersparens an Bremerhavener Schulen. Die Schulen werden über ein Anreizsystem an den Einsparungen beteiligt: 70% der eingesparten Mittel fließen für Re-Investitionen in Energiesparmaßnahmen und zur freien Verfügung wieder an die Schulen zurück. Um den Schülerinnen und Schülern der 4. Jahrgangsstufe eine eigenständige Umsetzung des Themas Erneuerbare Energien zu ermöglichen, hat ¾ plus-Bremerhaven ein Set von zehn Versuchsstationen zu Erneuerbaren Energien entwickelt. Die Materialien werden von den Mitarbeitern von ¾ plus genutzt, um die Themen in den Bremerhavener Klassen in Unterrichtseinheiten zu behandeln. Durch Nutzung der Materialien und die Verankerung des Projekts in die Lehrpläne bekommen alle Bremerhavener Grundschüler/innen einmal jährlich Kontakt zu diesen Themen. Somit nimmt das Projekt eine Vorbildfunktion unter den bundesdeutschen Großstädten ein. In den 1. Klassen führen die „Energie-Detektive“ von ¾ plus in das Thema Strom, Wasser und Heizung ein und führen hierzu eine Unterrichtseinheit durch. Hierbei werden auch Heizungsdetektive aus der Klasse benannt, die für die Ein- und Abschaltung der Heizungsthermostate und das Schließen der Fenster und Türen zuständig sind. In den 2. Klassen erhält jede Klasse eine Doppelstunde mit Versuchen zum Thema Heizung und Wärme, in den 3. Klassen zum Thema „Wasser sparen“ und in den 4. Klassen zu „Erneuerbare Energien“. Die Surheider Schule wurde als Beispiel für die ¾ plus-Schulen ausgewählt, weil an ihr neben dem stadtweiten Unterricht in Bremerhaven auch viele Energiespar-Techniken praktisch umgesetzt werden. Zusätzlich sind an der Schule eine solarthermische, eine PV- und eine Regenwassernutzungs-Anlage installiert, die den Schüler/innen diese Technologien demonstrieren und die in den Schulalltag integriert werden. Immer wieder ist die Ökologisierung der eigenen Schule auch Thema von Unterrichtsprojekten und Projekttagen. Um eine PV-Anlage oder eine thermische Solaranlage an einer Schule pädagogisch sinnvoll nutzen zu können, genügt es nicht, dass sie auf dem Dach steht und Strom produziert bzw. Wasser erwärmt. Ihre Funktionsweise muss den Schüler/innen erläutert und dabei auch bildlich möglichst anschaulich vermittelt werden. Am besten geschieht dies unter Mitwir-

kung der Kinder. Zusätzlich ist ein kindgerechtes Display notwendig, wenn die Erträge der Anlage zum Unterrichtsthema gemacht werden sollen oder um einfach nur festzustellen, wie die Erträge von der Uhrzeit, den Wetterverhältnissen und der Jahreszeit abhängig sind. Für Schüler/innen ab der Sekundarstufe I ist außerdem auf eine einfache und fehlerfreie Auslesung der Ertragsdaten zu achten, um diese auch mit Hilfe der schuleigenen EDV weiterverarbeiten zu können, was weitere Unterrichtsbezüge ermöglicht. Letzteres ist in der Surheider Schule, die Kinder nur bis zur 4. Klassenstufe unterrichtet noch nicht sinnvoll. Die Darstellung der Funktionsweise der beiden Solaranlagen und des Ertrags der PV-Anlage stellen ihre pädagogischen Nutzungsmöglichkeiten aber sicher.

Abbildungen 70 und 71: Schema der Schulsolaranlage und Anzeigentafel der Solaranlage.



Quelle: Eigene Aufnahmen

Die Versuche und Modelle vom $\frac{3}{4}$ plus -Stationenlernen

Die Beschäftigung mit dem Thema Energie zieht sich durch alle vier Klassenstufen der Bremerhavener Grundschulen. Das Thema Erneuerbare Energien wird dabei in der 4. Klasse behandelt und mit der Methode des Stationenlernens von den Kindern in Kleingruppen – idealerweise nur zwei Kindern – eigenständig erarbeitet. Die ganze Schulklasse durchläuft dabei der Reihe nach alle Stationen, die von $\frac{3}{4}$ plus entwickelt worden sind. Die Ergebnisse der Experimente, die aufgrund des Ringbetriebes beim Stationenlernen von den einzelnen Arbeitsgruppen in unterschiedlicher Reihenfolge durchlaufen werden, werden von den Schüler/innen in einem Arbeitsbogen protokolliert und ausgewertet (vgl. Anhang). Die Kinder beschäftigen sich zunächst mit Lichtmessungen als Grundlage für die später behandelte Sonnenenergie. Es folgen Versuche zum „selbst produzierten“ Strom beim Fahrraddynamo und bei einem Radio, das alternativ über einen Handkurbel-Generator oder über eine Solarzelle mit Strom versorgt werden kann. Anschließend folgen weitere Experimente zur Sonnenenergie, wobei die Stromerzeugung experimentell untersucht und mit Bastelarbeiten verbunden wird, wodurch die Schüler auch Ausstellungstücke produzieren können, die später in der Schule ausgestellt werden können.

Abbildungen 72 und 73: Radiohören mit einem Handkurbelgenerator und solares Basteln.



Quelle: Eigene Aufnahmen.

Die Experimente zur Windenergie behandeln zunächst – in einer für 9- bis 10-Jährigen angemessenen Form – den Aufbau von Windkraftanlagen und die Erzeugung von elektrischem Strom aus dem Wind. Hierzu sind einfache Bausätze vorhanden, die die Kinder in kurzer Zeit zusammensetzen und nach Durchführung einiger Experimente für die nächste Gruppe auch wieder zerlegen. Bei diesen Experimenten wird gleichzeitig auch auf das Thema Energieeffizienz eingegangen, indem zunächst einer Glühlampe und danach eine LED-Lampe mit den angeblasenen Windrädern elektrisch versorgt werden. Offensichtlich ist es wesentlich schwieriger die Glühlampe zum Leuchten zu bringen.

Abbildungen 74 und 75: Windbausatz für die Schüler und experimentierender Schüler.



Quelle: Eigene Aufnahmen.

Weitere Stationen beinhalten weiterführende Lernmaterialien am PC. Dies sind zum einen die Löwenzahn-CD „Wind“ sowie eine PC-Station zum Thema Wind im Internet. Abschließend werden noch andere Methoden der eigenen Stromproduktion, z.B. „Strom und Schorle“ vorgestellt. Neben dem Stationenlernen, bei dem jede Station nur ein oder maximal zweimal vorhanden sein muss, weil sie von den Schüler/innen nacheinander durchlaufen werden, verleiht $\frac{3}{4}$ plus auch Klassensätze für einzelne Experimente, wenn diese von allen gemeinsam durchgeführt und intensiver besprochen werden sollen. Das Projekt „Erneuerbare Energien“ ist vollständig in den Unterricht integriert, da es Bestandteil in allen 4. Klassen Bremerhavens ist. Von Schule zu Schule wird es jedoch unterschiedlich hinsichtlich der Einbettung in andere Unterrichtsinhalte gehandhabt. Aufgrund des umgesetzten Konzeptes, bei der in jeder Klassenstufe etwas zum Thema „Energie“ angeboten wird, hat das Projekt aber auch einen eigenen Rahmen geschaffen, den Lehrer/innen ausfüllen können.

4.15 Grundschule Estorf (Niedersachsen)

Name der Schule: Grundschule Estorf

Anschrift: Osterberg 1, 21727 Estorf (Niedersachsen)

Ansprechpartner: Peter Wortmann, Email: p-wortmann@t-online.de

Telefon und Email: 04140/433 / gs.estorf@t-online.de

Das Solarprojekt an der Grundschule Estorf

Die Grundschule mit ca. 110 Schüler/innen und zehn Lehrer/innen verfolgt ein umfassendes Konzept der Nutzung Erneuerbarer Energien. Sie betreibt eine solarthermische Anlage zur Erwärmung des Duschwassers und zur Heizungsunterstützung der Turnhalle. Die PV-Anlage auf dem Turnhallendach deckt zu 60% den Strombedarf der Schule. Die bisherige Heizung im Schulgebäude wird mit Mineralöl betrieben, aber es ist geplant auch hier auf Erneuerbare Energien umzustellen mit einer Biomasse-Heizung. Erklärte Ziele der Schule sind es, zum einen den gesamten Energiebedarf mittelfristig auf regenerative Energien umzustellen und zum anderen konsequent Energie zu sparen. In dieses Projekt sind alle Schüler/innen, die Lehrer/innen und die Elternschaft mit einbezogen. Wie viele andere Schulen stand auch die Grundschule vor einem Problem: Wie finanziere ich meine Solaranlage? Die Gemeinde wollte kein Geld zur Verfügung stellen. Um die Anlage finanzieren zu können, wurde deshalb eine Bürgerbetreibergesellschaft gegründet. (In einer Betreibergesellschaft finden sich viele Leute zusammen, die gemeinsam ein Projekt umsetzen und hierzu eine vertraglich geregelte Gesellschaft gründen) In Estorf war das Projekt die Errichtung einer Solaranlage auf der Turnhalle für die Grundschule. In der Gesellschaft sind Lehrer/innen, Eltern und andere Bürger von Estorf vertreten. Alle Beteiligten gaben Geld in einen gemeinsam Topf: von 500 € bis zu 5.000 €. Mit weiteren Spenden kamen so mehr als 50.000 € zusammen. Über der Turnhalle wurde nach dem Bau eine große Anzeigentafel angebracht. Auf der Tafel kann jeder ablesen, wie viel Strom die Anlage bis heute und wie viel sie am Tag produziert hat. Die Daten können auch mit einem Schulcomputer ausgelesen werden. Dann können die Schüler mit den Werten rechnen: Wie viel Strom hat sie im Monat erzeugt oder wie viel Strom wird sie in zehn Jahren erzeugen. Wie viel Strom wird im Winter und wie viel im Sommer erzeugt? Können wir so schädliche Treibhausgase wie CO₂ vermeiden? Hiermit kann die Solaranlage auch in den Schulunterricht eingebunden werden. Die besondere Herausforderung, der sich die Schule gestellt hat, ist die praktische Integration der Erneuerbaren Energien in den Schulalltag. Hierbei geht die Schule einen spielerischen Weg. Von der ersten Klasse an bauen Kinder mit Legosteinen Modelle und integrieren hierbei die Solartechnik mit Elektromotoren. Aber auch Holzmodelle als Bausätze werden verwendet um die Kinder zu begeistern. In höheren Klassen der Primarstufe können die Kinder auch eigene Modelle im Werkunterricht entwerfen und bauen wie z.B. ein Flugzeug-Mobile. Durch den spielerischen Umgang der Grundschüler mit Photovoltaik, dem Basteln von Solarspielzeug und experimentieren mit der Sonneneinstrahlung und deren Umsetzung in elektrische Energie sollen die Kinder die Bedeutung und die Nutzung der EE erleben können. Begleitet wird dies durch einfache Lerneinheiten über Elektrizität und Photovoltaik, um den Kindern ein Grundverständnis beizubringen, wieso ihre Modelle fahren oder schwimmen können mit der Kraft der Sonne. Themen der Unterrichtseinheit sind:

- Was ist Strom?,
- Wie wird Strom erzeugt?,
- Welche Energie braucht ein Haus?,
- Die Sonne als Energiequelle!
- Erstellung von Lernpostern.

Dieses Engagement für die Erneuerbaren Energien wird auch im außerschulischen Unterricht weitergeführt: Die Schüler präsentierten beispielsweise mit Unterstützung der Lehrer/innen ihre Modellbauten und die Aktivitäten der Schule auf regionalen Messen in Hamburg, Lüneburg und Bremen sowie auf zahlreichen Veranstaltungen in der Region. Aber auch die Eltern werden mit einbezogen durch Schulungen zum Basteln mit Solarzellen um insbesondere den kleinsten Schülern mit Rat und Tat zur Hilfe stehen zu können.

Abbildungen 76 und 77: Solarspielzeug und Solarmobile der Grundschule Estorf.



Quelle: Eigene Aufnahme und Aufnahme Wortmann, Modell der Firma Winkler

Das Solarboot-Projekt

Eines von vielen Beispielen ist das Basteln von Solarbooten aus einfachen Materialien. Hierzu werden nur wenige Dinge benötigt: Ein Solarset, Styropor, Klebstoff, Zahnstocher und Klebeband. Das Solarset enthält eine kleine Solarzelle von fünf mal fünf Zentimeter, einen Elektromotor und ein Gehäuse mit einem Propeller. Als Werkzeug braucht man Messer, Schere und Acrylfarbe. Zunächst muss sich der Schüler Gedanken machen, wie sein Boot aussehen könnte. Soll es ein Boot mit einem flachen Rumpf sein wie ein Luftkissenboot oder soll es ein Katamaran sein? Alles ist möglich, solange der Rumpf flach im Wasser liegt und sich nicht dreht. Das Styropor lässt sich leicht mit einem Messer schneiden. Zwei Rümpfe bei einem Katamaran können mit einem Mittelblock und Zahnstocher zusammengehalten werden. Das Solarset ist schnell montiert: Die Solarzelle wird flach auf den Rumpf gelegt und der Motor mit dem Windrad am Ende des Rumpfes auf einem kleinen Türmchen befestigt. Mit wenigen Handgriffen kann solch ein Boot hergestellt werden. Die Idee, mit einfachen Materialien die Nutzung von Erneuerbaren Energien zu demonstrieren, ist nicht nur eine spannende Aufgabe für die Schüler, sondern auch pädagogisch wertvoll. Praxis und Wissensvermittlung gehen Hand in Hand. Hierzu kommt noch Freude am Spiel. Und weil die Idee so tragfähig ist, hat die Grundschule Estorf einen Solarwettbewerb veranstaltet. Im Sommer 2005 wurde zu einem Wettbewerb für drei Altersgruppen aufgerufen. Jedes Team, welches sich beteiligen wollte, konnte ein einheitliches Solarset bestehend aus Motor, Luftpropeller, Solarmodul und Motorhalterung preiswert erwerben. Die Rumpfkonstruktion war freigegeben wobei jedoch die Größe des Bootes auf eine Fläche von DIN A4 begrenzt war.

Abbildungen 78 und 79: Kleines Kind mit Solarboot und Solarbootmodell.

Quelle: Eigene Aufnahme (International Workshop Renewable Energy for Children and Youth) und Wortmann

An zwei Schulen wurden je 20 Teams gebildet und für diese Teams Vorläufe veranstaltet. Die anderen Kinder meldeten sich einzeln nach einer Reihe von Zeitungsberichten. Im September 2005 fand dann der öffentliche Wettbewerb auf dem Marktplatz von Stade statt. Mit Strohhallen (bessere Alternative: Holzplanken) und einer Polyethylen-Teichfolie wurde ein vier mal zehn Meter großes Wettkampfbassin errichtet. Die Teilnehmer traten in drei Altersgruppen gegeneinander an. Ziel war es, sein ungenlenktes Solarboot möglichst schnell dreimal im Becken von Rand zu Rand fahren zu lassen. Es war zulässig, mit Spiegeln Sonnenlicht auf die Solarmodule zu lenken. Weitere Aufgaben der Teams waren die Erstellung einer Dokumentation und das Zeichnen zweier Bilder zum Thema „Sonne ist Leben“. Zur Bestimmung des Gewinners wurden die Zeit der Solarboote sowie die Dokumentation und die Bilder einbezogen. Insgesamt beteiligten sich mehr als 200 Kinder und Jugendliche an dem Wettbewerb und den Vorausscheidungen. Hierbei waren fast die Hälfte der Teilnehmer Mädchen.

Abbildung 80: Solar-Mode llboot-Wettbewerb in Stade 2005.

Quelle: Wortmann 2005.

4.16 Regine-Hildebrandt-Grundschule (Cottbus, Brandenburg)

Name der Schule: Europaschule Regine-Hildebrandt-Grundschule

Anschrift: Theodor-Storm-Straße 22, 03050 Cottbus

Ansprechpartner: Lothar Nagel (Schulleiter) und Martina Hösel (Projektleiterin)

Telefon und Email: 0355-524014 / grundschule-2-cottbus@t-online.de

Internet: www.rhg-cottbus.de

Das Solarprojekt der Regine-Hildebrandt-Grundschule

Die Regine-Hildebrandt-Grundschule ist eine anerkannte Europaschule und Umweltschule. Mit ihren Partnerschulen veranstaltet sie gemeinsame Projekte wie z.B. Ökocamps und Projektstage wie „Save the Whales“ oder „Kids for Nature“. In der Zeit von 1990 bis 2000 hat sich die Schule intensiv der Schulhofgestaltung und -begrünung mit Stein- und Experimentiertgarten gewidmet. Die Zuwendung zu den Erneuerbaren Energien entsprang eigentlich einer spontanen Bemerkung eines Schülers bei der Besichtigung eines Braunkohletagebaus: „Wenn Braunkohle so alt ist, muss sie doch ins Museum!“ Aber wenn Braunkohle ins Museum gehört, wie kann man Kindern eine andere Energieversorgung nahe bringen? Es war von Anfang klar, dass man den Kindern zeigen will, wie man Probleme lösen kann. Das Thema Energie musste nur so aufbereitet werden, dass Energie nicht abstrakt, sondern ein Alltagsthema für die Schüler werden kann. Im Fokus der Umweltaktivitäten steht deshalb die Integration der Solarenergie in den Schulunterricht, die in allen Klassenstufen und fächerübergreifend behandelt werden soll. Ihre Projekte stellen die Schüler regelmäßig auf Messen und Veranstaltungen vor. Für ihre Aktivitäten erhielt die Schule im Jahr 2001 den Brandenburger Umweltpreis, sie wurde Bundessieger bei den Schulen im Wettbewerb „Saubere Landschaft“ in 2002, sie erhielt das Agenda 21-Gütesiegel in 2002, mit dem Solarballon wurden sie Bundessieger im Wettbewerb des BMU „Jugend mit unendlicher Energie“ in 2006 und wurde gleichfalls mit dem Thema Solarenergie an der Schule als offizielles Dekadeprojekt der Bildung für nachhaltige Entwicklung der UNESCO anerkannt. Als erster Schritt auf dem Weg zur Integration von Energie in den Schulunterricht wurde ein Experimentierkasten „Wärme von der Sonne“ für ein Unterrichtsprojekt einer sechsten Klasse angeschafft. Ziel des Projektes war es, bei den Schülern Verständnis für die Nutzung der Solarenergie zu gewinnen. Die Aktion kam bei den Schülern sehr gut an. Daraufhin beschlossen das Kollegium und die Elternvertretung, sich intensiver mit Erneuerbaren Energien auseinander zu setzen und Wege zu finden, wie Solarenergie für die Schüler praktisch erfahrbar gemacht werden kann. Eine eigene Solaranlage war deshalb auch nahe liegend, denn an der Anlage können Schüler gut erfahren, wie die moderne Technik einfach und nutzbringend zur Stromgewinnung angewendet werden kann. Um die Photovoltaik-Anlage zu ermöglichen, halfen auch die Schüler mit: Sie suchten und fanden Sponsoren für die Schulanlage. Im Jahr 2001 wurde dann die 1,1 kW_p Anlage errichtet. Alle Leitungen und Installationen wurden an den Wänden gut sichtbar und beschriftet verlegt, um die Anlage für den Unterricht nutzbar zu machen. Nach einiger Zeit wurde auch eine große Anzeigetafel errichtet. Auf der Anzeige kann man sehen, wie viel Strom im Augenblick, am Tag und insgesamt erzeugt wird. Die Anlagendaten können auch in den Computerraum übertragen werden. Hierzu wird ein von der Brandenburgischen TU Cottbus entwickeltes altersgerechtes System für Grundschüler verwendet. Damit ist die Photovoltaik-Anlage eine Anlage zum Anfassen: Für Schüler/innen und auch für Lehrer/innen und Eltern.

Abbildung 81 und 82: Montage der Photovoltaik-Anlage und die Anzeigentafel der PV-Anlage.

Quelle: Regine-Hildebrandt-Schule und eigene Aufnahme

Erneuerbare Energien im Regelunterricht

Die Begeisterung der Schüler/innen und Lehrer/innen war so groß, dass „Sonne“ und „Energiegewinnung aus Sonnenkraft“ dauerhaft im schulinternen Lehrplan verankert wurden. Das Kollegium erarbeitete hierzu fächerübergreifende Unterrichtsbausteine für die Klassen 1 bis 6:

- Klasse 1: In der ersten Klasse werden einfache Versuche gemacht. Sie zeigen, was die Sonne alles kann. Die Sonne erwärmt die Erde, sie ist der Grund für einen Sonnenbrand, sie schmilzt Eis und Schokolade. Die Sonne macht auch Licht und kann mit Solarmodulen Uhren aufladen.
- Klasse 2: Im Frühjahr werden Sonnenblumenkerne ausgesät. Die Schüler/innen schauen bis zum Sommer zu, wie die Sonnenblumen wachsen. So lernen sie, dass die Sonne die Pflanzen wachsen lässt. In der zweiten Klasse führen sie auch ein Theaterstück auf: Die Sonne und das Muffeltier.
- Klassen 3 und 4: Im Sachunterricht wird das Projekt „Sonnenschlau“ durchgeführt. Im Kunstunterricht werden Sonnenbrillen und Solaruhren gebastelt.
- Klasse 5: In der fünften Klasse wird die Sonne in Erdkunde behandelt. Die Schüler/innen lernen das Planetensystem und die wichtige Bedeutung der Sonne kennen.
- Klasse 6: In der sechsten Klasse planen diese Klassen einen Projekttag, an dem sie ausgewählte Projekte präsentieren. In 2000/2001 haben die Klassen Solarkollektoren gebaut, in 2001/2002 Solaröfen, in 2002/2003 Sonnenuhren, in 2003/2004 Solarballons und in 2004/2005 ein Treibhaus aus Müll. Hierzu wurden von den Klassen zum einen Modelle geplant und gebaut. Darüber hinaus organisierten sie einen Projekttag für die 2. Klassen, an dem sie ihre Ergebnisse präsentierten u.a. durch Theateraufführungen, Erzählung von Geschichten, Vorführung von Modellen und Poster. Die Umsetzung dieses Projekttages erfolgt fächerübergreifend.

Das besondere hierbei ist der fächerübergreifende Unterricht, bei dem Solarenergie eben nicht nur in im Sachunterricht vorkommt, sondern auch in Deutsch, Musik und Kunst. Ab der vierten Klasse findet sich das Thema Energie auch in der Mathematik, ab der fünften Klasse in Technik, Biologie, Englisch, Geschichte, Erdkunde und Physik (6. Klasse). Die Regine-Hildebrandt-Grundschule hat auch eine eigene Versuchswerkstatt für Solarenergie. Hier üben die sechsten Klassen den Umgang mit Solartechnik.

Abbildungen 83 und 84: Selbstgebauter Solarofen und Unterricht in der Versuchswerkstatt.

Quelle: Regine-Hildebrand-Schule

In dem Physikunterricht der 6. Klassen wird die Solarenergie umfassend behandelt. Optik und Wärmelehre bieten viele Möglichkeiten. Hier werden auch jedes Jahr Schülerprojekte durchgeführt wie z.B. Bau eines Sonnenkollektors, eines Solarkochers oder ein Solarballon. Der Solarballon ist eine Plastikhülle, die in Ballonform zugeschnitten und verklebt wird. Wird dieser Ballon in das Sonnenlicht gebracht, erwärmt sich die Luft und dehnt sich aus. Die Luftdichte wird geringer und der Ballon fängt an zu schweben. Ein weiteres Projekt der Schüler/innen der Regine-Hildebrandt-Grundschule war der Bau von Sonnenuhren in 2002/2003. Hierzu bekamen die Schüler/innen langfristige Projektaufgaben. Sie sollten sich Fachkenntnisse erwerben, Projektmappen und Sonnenuhrmodelle gestalten. Darüber hinaus wurde auf dem Schulhof ein Klassemodell errichtet.

Abbildungen 85 und 86: Solarballon und Solarmodelle.

Quelle: Regine Hildebrandt-Schule

4.17 Wentzinger Gymnasium und Realschule (Freiburg, Baden-Württemberg)

Name der Schule: Wentzinger Gymnasium Freiburg

Anschrift: Falkenbergerstr. 21, 79110 Freiburg i. Br.

Ansprechpartner: Emil Günnel (Leiter der Solar-AG)

Telefon und Email: 0761-201-7700 / sekretariat.wgvn@freiburger-schulen.bwl.de

Internet: www.wentzinger-gymnasium.org

Name der Schule: Wentzinger Realschule

Anschrift: Falkenbergerstr. 21, 79110 Freiburg i. Br.

Ansprechpartner: Herr Gillen (Schulleiter)

Telefon: 0761-2017621

Internet: www.wentzinger-rs.de

Das Solarprojekt des Wentzinger Gymnasiums und der Realschule

Die Idee zu dem Solarprojekt entstand u.a. durch eine Analyse der Bewirtschaftungskosten 1995 für das Schulzentrum West und aus der Planung des 25-jährigen Schuljubiläums. Es war offensichtlich, dass die Bewirtschaftungskosten nicht nur ein erdrückender Kostenblock der Schulen war, sondern auch, dass hier viel Geld eingespart und für andere Zwecke genutzt werden kann. Aus finanziellen und steuerlichen Erwägungen wurde nach einiger Zeit im Februar 1997 "Wentzsolar – Verein für Klimaschutz an den Wentzinger Schulen e.V." gegründet, um das Solarprojekt zu institutionalisieren. Der Verein wird inzwischen von mehr als 200 Schüler/innen, Eltern und Lehrkräften unterstützt. 1998 wurde die erste kleine Photovoltaik-Anlage mit 1,15 kW_p auf den Dächern der Wentzinger Schulen errichtet. Im Laufe der folgenden Jahre kamen immer mehr und unterschiedliche Anlagen hinzu so dass die Wentzinger Schulen inzwischen den größten Solarpark aller Freiburger Schulen mit ca. 44 kW_p Leistung und auch eine der größten Anlagen auf Schulen bundesweit haben. Inzwischen verfügt die Schule über 16 verschiedene Anlagen mit einer breiten technischen Palette. Die Schulen können ungefähr 11% des eigenen Energiebedarfs mit der Solarenergie abdecken. Die Wentzinger Schulen verfügen auch über Anlagen, die bisher nur selten an anderen Schulen errichtet wurden und die einen interessanten Leistungsvergleich zwischen unterschiedlichen Anlagen ermöglichen.

Abbildung 87 und 88: PV-Anlage auf Drehgestell und V-Trog-Spiegelsystem.



Quelle: Wentzinger Schulen

Hierbei handelt es sich zum einen um eine PV-Anlage mit Nachführung auf einem frei drehbaren Gestell und mit einer Leistung von ca. 1,1 kW_p, die in 2004 errichtet wurde. Durch die Nachführung

der Anlage über zwei Drehachsen, können der Stand der Sonne, die Tages- und die Jahreszeit berücksichtigt werden. Zum anderen wurde eine Anlage mit einem V-Trog-Spiegelsystem ausgestattet [Bine 2000 S.2]. Hierdurch wird der Lichteinfall der Module durch die Reflexion und Lenkung des Sonnenlichts auf die Solarzellen erhöht. Um einen optimalen Ertrag zu erzielen, muss aber auch diese – wie auch die anderen Anlagen – im Neigungswinkel „nachjustiert“ werden, d.h. dem Stand der Sonne im Jahresverlauf angepasst werden. Ein Vergleich der Leistung der Anlage mit anderen Kollektoren gleichen Typs zeigt, dass die Anlage im Durchschnitt 20 bis 30% mehr Leistung erbringt. Zur Finanzierung der Anlagen nutzen die Schulen vielfältige Möglichkeiten. So wurden aus entsprechenden Förderprogrammen des Bundes und der Länder Fördermittel und Kredite akquiriert, die anfänglich eingesparten Energiekosten wurden von der Stadt Freiburg erstattet, Spenden wurden von privaten Bürgern und Unternehmen eingeworben, der Strom wurde ins Netz der Badenova eingespeist und verkauft und durch WentzSolar wurden Mitgliedsbeiträge investiert. Darüber hinaus wurden durch viel Eigenleistung Kosten gespart. Sehr erfolgreich zum Geldsammeln sind auch Solarsporttage der beiden Wentzinger Schulen, die seit 1997 alle zwei Jahre durchgeführt werden. Bei den fünften Solarsporttagen in 2005 konnten durch einen Spendenlauf 11.000 € aus Sponsorengeldern eingeworben werden. Jeder Schüler bekam die Aufgabe, einen Sponsor für seinen Lauf zu gewinnen und einen Kilometerpreis mit dem Sponsor auszuhandeln. Insgesamt nahmen dann 414 Fünft- und Sechstklässer an dem Spendenlauf zu Fuß, mit dem Fahrrad oder schwimmend teil. Jeder Schüler und jede Schülerin wird im Laufe der Wentzinger Schullaufbahn mit dem Thema erneuerbare Energien und Energieeinsparung konfrontiert. Die Schule besitzt Klassensätze für den Unterricht mit Photovoltaik, Messgeräte um den Energieverbrauch unterschiedlicher Verbraucher zu messen und Computerprogramme mit denen die Photovoltaikanlagen überwacht und ausgewertet werden können. Des Weiteren nimmt die Schule auch gerne an dem jährlichen Sommerangebot der Stadt Freiburg teil, hierbei kommt die „mobile Solarwerkstatt“ an die Schule und bietet Projektunterricht für mehrere Schulklassen an.

Abbildung 89 und 90: Experimente zu Energie und PV an der Schule.



Quelle: Wentzinger Schulen

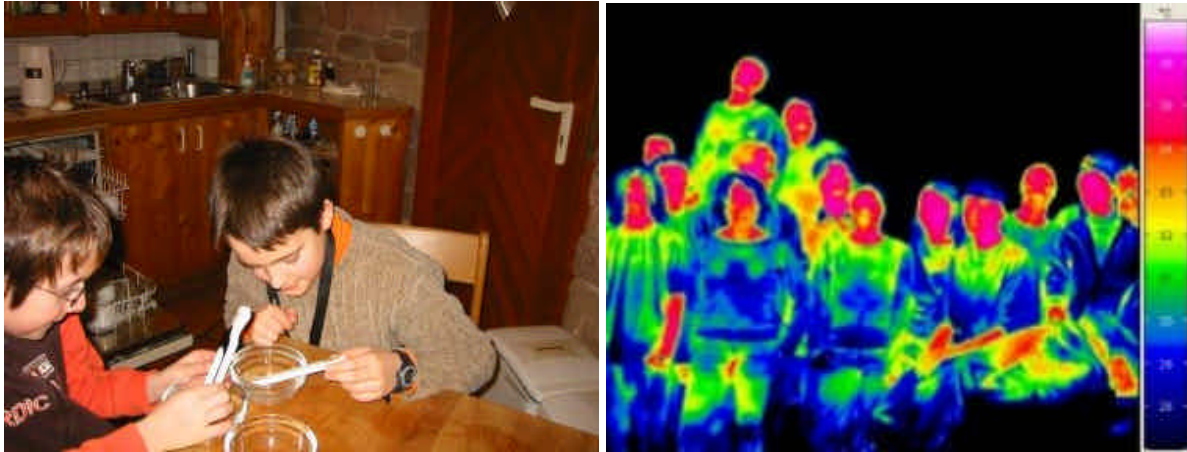
Aus den erwirtschafteten Geldern wurde im August 2006 eine Windenergieanlage auf dem Dach der Schule installiert. Sie hat eine maximale Leistung von 1.000 Watt und die Leistung wird über einen Datenlogger erfasst und ausgewertet.

Das Energiesprecher-Projekt

Parallel zur Solar-AG gibt es seit 2005 die Energiesprecher in den Klassen 5-8 an den Wentzinger Schulen. In jeder Klasse werden zumeist zwei Schüler/innen von ihren Mitschüler/innen am Beginn

des Schuljahres gewählt und sollen dafür Sorge tragen, dass in ihren Klassen möglichst keine Energie verschwendet wird, d.h. dass in den Klassenräumen Licht nur bei Bedarf brennt, dass besonders in der Heizperiode vor allem Stoßlüften stattfindet und insgesamt in der Klasse ein umweltschonendes Verhalten gelernt und praktiziert wird. Damit die Energiesprecher diese Aufgaben auch gegenüber ihren Mitschülern gut vertreten können, organisiert WentzSolar mehrmals im Schuljahr für die Energiesprecher Tage.

Abbildung 91 und 92: Experimente an den Energiesprecher-Tagen.



Quelle und Anmerkung: Ökostation 2006 (links oben) und Wentzinger Schulen. Das rechte Bild zeigt eine thermographische Aufnahme der Energiesprecher.

Diese Tage sind jeweils besonderen Schwerpunkten gewidmet und werden zusammen mit der Öko-Station Freiburg durchgeführt. An vier Terminen im Jahr werden die Energiesprecher für einen Tag in die Öko-Station eingeladen. Die Fortbildung umfasst drei Programmblocke: Einführung in das Fortbildungsthema, Durchführung von Experimenten an Stationen mit Präsentation der Experimente in der Gruppe sowie eine Exkursion. Auf jedem der Energiesprecher-Tage konnten die Schüler/innen auch zu den jeweiligen Schwerpunktthemen an Experimentier-Stationen eigene Versuche durchführen. Die Stationen wurden von der Öko-Station zuvor aufgebaut. Zu jeder Station gab es ein Infoblatt für die Experimente und zur Dokumentation der Versuchsergebnisse. Zum Abschluss der Versuche mussten die Gruppen jeweils ein Experiment mit den Ergebnissen der gesamten Gruppe vorstellen und diskutieren.

4.18 Alexander von Humboldt-Schule (Viernheim, Hessen)

Name der Schule: Alexander von Humboldt Schule, Viernheim

Anschrift: Franconville Platz, 68519 Viernheim

Telefon und Email: 06204/96680 / poststelle@avh.viernheim.schulverwaltung.hessen.de

Internet: <http://www.schulserver.hessen.de/viernheim/alexander-von-humboldt/index.htm>

Das Solarprojekt der Alexander von Humboldt-Schule

Die Alexander von Humboldt-Schule ist eine Europaschule. Das Konzept der hessischen Europaschulen folgt einem friedenspädagogischen Ansatz, der sich in fünf Arbeitsfeldern realisiert, vor allem aber in Kooperation und Ergänzung der Bereiche untereinander: Das Arbeitsfeld Ökologie hat eine Basisfunktion, mit dem Ziel, die Gefährdung der Lebensgrundlagen auf dem ganzen Planeten bewusst zu machen und das positive Engagement der Schüler zu fördern. Hinzu tritt die gemeinsame Verpflichtung, zur Konsensfindung und Konfliktregulierung zwischen Menschen und Staaten beizutragen. Das Aufgabenfeld der "Europäischen Dimension des Lernens" beinhaltet die Förderung des Prozesses der europäischen Vereinigung, ohne dass damit euro-zentrische oder -egoistische Verengungen des Denkens und Handelns bewirkt werden dürfen. Das Arbeitsfeld Austausch und Begegnung hat in diesem Zusammenhang die Aufgabe der Entwicklung und Organisation von Projekten, die gemeinsam mit ausländischen Partnerschulen geplant, durchgeführt und nachbereitet werden sollen. Veränderte Zielsetzungen und Qualifikationsanforderungen verlangen nicht nur nach neuen Unterrichtsinhalten, sondern auch nach neuen Formen des Lehrens und Lernens. Dem dient die Einbeziehung einer Reformpädagogischen Orientierung in das Programm der Europaschule. Es geht den Hessischen Europaschulen nicht etwa nur um ein bisschen mehr Schüleraustausch und etwas Europa im Unterricht. Vielmehr handelt es sich um die Integrierung der Internationalität in den Unterricht.

Die Schülerfirma der Schule

Sieben Schüler/innen und ein Lehrer der Alexander-von-Humboldt-Schule [AvH] in Viernheim betreiben seit Dezember 1994 eine Firma. Startschuss für diese schuleigene Energieagentur waren die Finanzierungsschwierigkeiten beim Bau des Sonnenkollektors zum Erwärmen des Duschwassers. Der Schulträger konnte damals die Eigenmittel von 3500 € im Investitionshaushalt nicht aufreiben, obwohl er im Verwaltungshaushalt durch die vorgeschlagene Anlage jährlich 1.750 € sparen konnte. Solche Verwaltungsschwierigkeiten überwindet man leicht mit einer „Energieagentur“. Das dachten sich auch die Schüler/innen und Lehrer der AvH-Schule und gründeten eine solche Schülerfirma in Vereinsform. (Satzung und Mustervertrag auf der Homepage) Diese Energieagentur schlägt dem Schulträger Kreis Bergstraße Projekte zur Energieeinsparung und zum Einsatz regenerativer Energie vor und finanziert und verwirklicht sie nach dessen Zustimmung. Die eingesetzten Mittel werden über die eingesparten Energiekosten refinanziert. Dieses moderne Konzept, das sich in der Wirtschaft bewährt hat, findet seitdem bundesweit in Schulen Nachahmung. Da die Viernheimer Schüler die ersten waren, zeigt sich nach zehn Jahren Betriebszeit an der „AvH“ inzwischen die Dynamik der Idee: Die eingesparten Energiekosten fließen zu 20% an die Schulleitung und zu 80% an die Energieagentur zurück und werden von der Agentur für neue Sparinvestitionen genutzt (Nach Ende der Laufzeit eines Projektes erhält die Schulleitung bzw. der Schulträger auch diesen Anteil). Es bildet sich Kapital in Schülerhand. Mit zunehmendem Eigenkapital der Energieagentur geben die Banken auch größere Kredite. So werden die Projekte immer größer. Bisher wurden folgende durchgeführt:

- Tageslichtgeführte Beleuchtung im Treppenhaus
- Sonnenkollektor zum Erwärmen des Duschwassers

- Thermostatventile einschließlich Schulung von „Energieagenten“ in den Klassen
- Neue Steuerung der Heizung und drehzahlgeregelte Umwälzpumpen
- Galeriebeleuchtung
- Wassersparteknik
- Lampenprojekt (Stilllegung überdimensionierter Beleuchtungsanlagen)
- Photovoltaikanlage von 4,86 kW_p
- Beteiligung an zwei Windkraft-Anlagen in Kandrich

Abbildung 93: Aufbau der Solaranlage an der Schule.



Quelle: Alexander von Humboldt-Schule

4.19 Sigmund-Schuckert-Gymnasium / Nürnberg

Name der Schule: Sigmund-Schuckert-Schule

Anschrift: Pommerstr. 10, 90451 Nürnberg

Ansprechpartner: Gerd Neudeck

Telefon und Email: 0911/644862; g.neudeck@sigmund-schuckert-gymnasium.de

Internet: <http://www.sigmund-schuckert-gymnasium.de>

Schulbeschreibung

Das Sigmund-Schuckert-Gymnasium (SSG) und die Peter-Henlein-Realschule bilden zusammen das Schulzentrum Südwest. Beide Schulen zusammen haben über 2000 Schüler/-innen. Das Sigmund-Schuckert-Gymnasium wurde 1973 gegründet und ist v.a. ein naturwissenschaftlich-technologisches Gymnasium. Namensgeber war der Mitbegründer der Firma Siemens. Das SSG bietet seinen Schülern mit dem naturwissenschaftlich-technologischen sowie dem sprachlichen Zweig optimale Möglichkeiten, die eigenen Interessen weiterzuentwickeln. Darüber hinaus engagiert sich das SSG besonders für den Einsatz neuer Medien im Schulalltag: Dank der hauseigenen Videokonferenzanlage diskutieren Schüler live mit europäischen Partnerschulen. Das Sigmund-Schuckert-Gymnasium hat ein Leitbild verabschiedet. Hierin heißt es: „Unser Unterrichtsverständnis zielt darauf ab, die Verbundenheit aller Fächer – ob naturwissenschaftlich, musisch-künstlerisch oder geisteswissenschaftlich – zu verdeutlichen.“ Auf diese Weise sollen die Schülerinnen und Schüler dazu befähigt werden, die grundlegende Vernetztheit aller gegenwärtigen und geschichtlichen Lebens- und Denkprozesse in Gesellschaft, Kultur, Wissenschaft/Technik, Wirtschaft und Politik zu verstehen. Mit Hilfe der erworbenen fachli-

chen und fächerübergreifenden Kompetenzen sollen sie in der Lage sein, komplexe Fragestellungen zu erfassen und mögliche Bewältigungsstrategien auf unterschiedlichen Ebenen zu entwickeln.

Das Solarprojekt des Schulzentrums Südwest

Die Anlage auf dem Dach ist eine Fremdanlage. Die Schule ist vertraglich nicht mit dem Eigentümer verbunden. Sie kam über die Dachbörse der Stadt Nürnberg zustande und gehört 5 BürgerInnen.

Abbildung 94 und 95: Solarthermische und Photovoltaikanlage des Schulzentrums Südwest.



Quelle: Schulzentrum Südwest

Beide Schulen beteiligen sich seit Jahren an dem Nürnberger Energieeinsparungsprojekt „Keep Energie in Mind“ (Keim) und haben auch zusammen mit Schulen in Chemnitz eine Solarthermieanlage in Eigenbau hergestellt, die auf dem Turnhallendach für die Erwärmung des Duschwassers sorgt. Technische Daten

Tabelle 14: Anlagedaten.

Module	8 Teilanlagen
Leistung	44,22 kW
Nennleistung	je 330 W _p per Modul
Spannung	im DC-Bereich um 500-600 V
Ertrag	liegt meistens im oberen Bereich, die älteste Anlage hat einen 10 Jahresdurchschnittsertrag von 1002 kWh/kW Modulleistung
Einsparung	700-900 m ³ Erdgas (entspricht einer Kohlendioxid-Reduktion um 1700-2000 kg)
Besichtigung	nicht möglich wegen Unfallgefahr verbundenen mit der Dachlage

Quelle: Sigmund-Schuckert-Gymnasium.

Die Nutzung der Photovoltaik-Anlage im Unterricht

Die Behandlung der Photovoltaik wird bereits in den Eingangsklassen im Fach „Natur und Technik“ angegangen. Im Rahmen des Faches „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ wird Solarenergie behandelt, wozu ein Konzept erstellt wurde unter dem Titel „Energie von der Sonne“ mit den folgenden Experimentalstationen:

- Sonnenstrahlung erfahrbar machen“
- Energie - was ist das?
- Wir fangen die Sonne ein
- Ohne Sonne können Pflanzen nicht leben
- Wirkungen der Sonne auf den Menschen

Die Stationen werden im Rahmen des Naturwissenschaftlichen Arbeitens in der Jahrgangsstufe 5 immer wieder einmal eingesetzt, was von der Besetzung und den Interessen der jeweiligen Lehrkraft abhängt. Insbesondere beim Thema „Wir fangen die Sonne ein“ konnte die Schule bisher nur auf ihre Solarthermie-Anlage auf dem Turnhallendach zurückgreifen, nicht aber auf die Photovoltaikanlage auf dem Schuldach als großtechnische Anwendung, da der Schule kein entsprechender Zugang ermöglicht wurde. Für den Unterricht zur Photovoltaik besitzt die Schule zahlreiche Experimentiermaterialien wie Solarzellen, Verbrauchgeräte wie Lüfter und Motoren sowie Solarautos mit Brennstoffzellen und Solarwasserstoffanlagen. Hier gibt es eine rege Zusammenarbeit in den Fächern Physik/Chemie.

Behandlung der Photovoltaik und der Anlage in außerschulischen Aktivitäten

Beide Schulen beteiligen sich seit 1997 an dem Energie- und Wassereinsparungsprojekt der Nürnberger Schulen mit Erfolg (www.kubiss.de/keim). Außerdem sind sie über das Projekt „Solarthermie zum Anfassen“ in die Nürnberger Agenda 21 eingebunden (www.photovoltaiik-zum-Anfassen.de).

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage

Aufgrund der unzureichenden Vernetzung der Schule mit dem Anlageneigentümer ist das Ziel, eine Erfassung der solaren Erträge zu ermöglichen. Hierzu bedarf es geeigneter Software und einer Netzanbindung. Um Photovoltaik in das Bewusstsein der Schüler zu bringen wäre es vorteilhaft, wenn mit Hilfe eines Displays die Leistungsdaten dargestellt werden könnten. Im Rahmen des Projektes Solar-Support erfolgte keine technische Optimierung der Anlage.

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Die Schule beabsichtigt die bisherige Einbindung der Photovoltaik in den Unterricht auszubauen. Hierzu soll ein Schnittstelle zwischen der technischen Nutzung der Photovoltaik und den Aktivitäten der Schule geschaffen werden. Durch eine Datenanbindung sollten die Energiedaten erfasst werden und von den SchülerInnen ausgewertet und berechnet werden können. Beispielhaft wären die Ersparnis von CO₂-Emissionen, die Wirtschaftlichkeit einer Anlage sowie die Abhängigkeit der solaren Erträge von den Wetterdaten. Eine Betreuung und Dokumentation der Erträge der Anlage könnte neben den Unterricht in Chemie, Natur und Technik und Physik sowie Wirtschaft und Erdkunde auch in dem Schülerarbeitskreis „Naturkids“ erfolgen, der jährlich für die Jahrgangsstufen 5-7 angeboten wird. Auch auf Elternabenden lässt sich die Anlage gut mit einbeziehen, vor allem, wenn durch ein Display auch Ergebnisse gezeigt werden können. (Werbemöglichkeit für photovoltaische Anlagen). Weitere pädagogische Ziel einer Nutzung der Anlage können sein:

- Bewusstmachung der Abhängigkeit des Lebens von der Sonne,
- Aufzeigen der relativ einfachen Nutzung der Solarenergie in Form von Strom und Wärme,
- Einsparung von fossilen Brennstoffen und der Klima (CO₂-)Problematik sowie
- wirtschaftliche und soziale Aspekte der Einspeisung und des EEG.

4.20 Wilma-Rudolph-Oberschule / Berlin

Name der Schule: Wilma-Rudolph-Oberschule

Anschrift: Am Hegewinkel 2a, 14169 Berlin

Ansprechpartner: Ralf Häberer

Telefon und Email: 90299-6464 (dienstl.), haeberer@t-online.de

Internet: <http://www.wilma-rudolph.de/>

Schulbeschreibung

Die Wilma-Rudolph-Oberschule wurde 1994 als Gesamtschule mit gymnasialer Oberstufe auf dem Gelände der ehemaligen Berlin American Highschool gegründet. Zur Zeit besuchen etwa 750 Schüler/innen die Klassen 7 bis 10 der Mittelstufe und 270 Schüler/innen die gymnasiale Oberstufe. Jedes Jahr schließen ca. 90 Schüler/innen ihre Laufbahn mit dem Abitur ab. Der Unterricht der Mittelstufe gliedert sich in Pflichtfächer, an denen alle Schüler/innen teilnehmen, und Wahlpflichtfächer, für die sich die Schüler/innen entsprechend ihrer Neigungen und Fähigkeiten entscheiden. Eine Vielzahl von sportlichen und musischen Arbeitsgemeinschaften, sowie gezielte Arbeits- und Übungsstunden sind ein integrativer des Stundenplanes. An der Gesamtschule können alle Schulabschlüsse erworben werden. Diese sind gleichwertig mit denen des dreigliedrigen Schulsystems. Es gibt kein Probehalbjahr und damit keine verfrühte Entscheidung über die Schullaufbahn Ihres Kindes. Zu unterschiedlichen Zeitpunkten werden die Schüler/innen in leistungsdifferenzierte Kurse eingeteilt. Kurswechsel können je nach erbrachten Leistungen bis zu Beginn der 10. Klasse halbjährlich erfolgen. Somit bleibt die Chance lange erhalten, den bestmöglichen Schulabschluss zu erreichen.

Das Solarprojekt der Wilma-Rudolph-Oberschule

Das Hauptgebäude besitzt drei Etagen und ein Flachdach, auf dem die Solarzellen aufgestellt sind. Das Dach lässt sich über eine Notleiter durch einen kleinen Raum erreichen, in dem auch das Schulradio seine Sendungen live produziert. In dem Raum des Schulradios ist ebenfalls der Wechselrichter untergebracht, der bisher störungsfrei direkt in das Hausnetz einspeist. Die Photovoltaikanlage ist durch die Wahl des Aufstellungsortes nie durch Bäume o. ä. beschattet. Die einzelnen Module sind nach Süden ausgerichtet. Die Anlage wurde im Rahmen eines Projekttagess von Schülern unterschiedlicher Altersstufen installiert.

Abbildung 96 und 97: Aufbau der Solaranlage an der Wilma-Rudolph-Oberschule.



Quelle: Wilma-Rudolph-Oberschule

Technische Daten

Tabelle 15: Anlagedaten.

Inbetriebnahme	2001
Inst. Nennleistung	1,5 kW _p
Modultyp	10 Solon Module, Typ PS 100
Wechselrichter	ASP, Typ TCGGrid Spark mit ENS
Schnittstelle	Serielle Schnittstelle RS 232
Sonstiges	Einspeisung ins Schulnetz Rechner zur Visualisierung (Radio-Raum) Einspeisezähler, Wetterstation Schul-Intranet (Windows 2000)

Quelle: Wilma-Rudolph-Oberschule.

Die Nutzung der Photovoltaik im Unterricht

Die Anlage wird im Physikunterricht in verschiedenen Klassenstufen behandelt bzw. eingesetzt. In der 7. Klasse wird im Zusammenhang mit der Wärmelehre auch auf Möglichkeiten der Energienutzung von Sonnenkollektoren sowie Photovoltaik-Anlagen eingegangen. Eine tiefere theoretische Behandlung wird dabei nicht vorgenommen. Zur Demonstration dienen vorhandene Kleinstmodule aus der Sammlung. Eine breitere Behandlung erfährt die Anlage im Rahmen des Wahlpflichtunterrichts Naturwissenschaften, wo auch Raum für eigene Themen gegeben ist. In der 10. Klasse bestehen mehrere Ansatzpunkte zur Integration der Anlage. Zum einen wird die Anlage als technisches Beispiel für Schaltungskonzepte (Reihen- und Parallelschaltung) vorgestellt, weiterhin findet sie im Bereich Energie/Energienutzung in dieser Klassenstufe Anwendung. Damit verbunden ist auch immer ein Vor-Ort-Besuch der Anlage mit eingehender Untersuchung von Abschattungseinflüssen. In der Oberstufe wird die Anlage in den Themenbereichen Halbleiterbauelemente sowie bei der Behandlung der Energieversorgung behandelt. Die Elemente werden zur Demonstration ebenfalls im Bereich der Quantenphysik eingesetzt. Hier kann das Photonenmodell des Lichts eindrucksvoll eingeführt oder vertieft werden.

Defizite^[F1] bei der Nutzung der PV-Anlage

Die Anlage hat über den Physikunterricht hinaus bisher wenig Aufmerksamkeit bekommen. Das liegt unter anderem daran, dass eine geeignete Anzeige zur Visualisierung der aktuell erzeugten elektrischen Energie fehlt. Es besteht das Ziel, eine solche Anzeige publikumswirksam im Foyer der Schule aufstellen zu können. Die Auswertungssoftware („Gridmaster“) ist etwas in die Jahre gekommen. Eine direkte Anbindung an einen vernetzten PC fehlt leider ebenfalls. Die räumlichen Verhältnisse in dem kleinen Raum unterhalb der Anlage ließen zwar die Aufstellung eines Rechners zu, allerdings ist der Raum noch nicht an das hauseigene Netzwerk angebunden. Eine Fernabfrage bis in das entfernte Physikgebäude oder gar über die Homepage der Schule wären dann möglich.

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Ziel ist es, das Bewusstsein der Schüler im Hinblick auf Umweltfragen noch stärker zu schärfen als bisher. Gerade im Zusammenhang mit der derzeitigen Klimadiskussion ergeben sich daraus vielfältige Anregungen, die gerade den naturwissenschaftlichen Unterricht interessanter und auch beliebter machen. Eine Zusammenarbeit mit anderen Fachbereichen, wie Erdkunde Biologie oder auch PE (wird teilweise bilingual unterrichtet), ist geplant und wird durch eine größere Bekanntheit der schulischen Möglichkeiten mit der Anlage noch gefördert.

Technische Optimierung der Anlage

An der Schule wurde eine Anzeige zur Visualisierung der aktuellen Leistung, des Ertrags sowie der CO₂-Einsparung der Photovoltaikanlage installiert.

4.21 Oberschule Brieselang, Brandenburg

Name der Schule: Oberschule Brieselang

Anschrift: 14656 Brieselang, Schulplatz 5

Ansprechpartner: Martin Peschel

Telefon und Email: 033232/414108825, brieselang.oberschule@freenet.de

Internet: <http://www.oberschule-brieselang.de>

Schulbeschreibung

An der Oberschule Brieselang lernen 150 Kinder und Jugendliche von der 7 – 10. Klasse (z.Z. keine 8.Kl.). Es wird im integrativen System gearbeitet, d.h. in einigen Fächern werden leistungsdifferenzierte Kurse eingerichtet. Außerdem gibt es Wahlpflichtunterricht in den Fächern Französisch, WAT, Informatik, Naturwissenschaft, Kunst, Musik und Sport. Die Schüler können den Haupt- und Real-schulabschluss oder die Berechtigung zum Besuch der gymnasialen Oberstufe erreichen.

Das Solarprojekt der Oberschule Brieselang

Die Solaranlage der Schule wurde 1998 auf dem Dach des Vorbaus der Turnhalle im Rahmen des Projektes „sonneonline“ errichtet. Die Finanzierung erfolgte durch die Preussen Elektra und die Gemeinde Brieselang. Die 1 kW_p-Anlage ist nicht zugänglich für Schüler, kann aber vom Schulgelände und von der Straße aus gesehen werden. Die erzeugte Elektroenergie wird in das Netz der eon.edis eingespeist.

Technische Daten.

Tabelle 16: Anlagencharakteristika der Oberschule.

Modultyp	Kyocera KC 120/1 (10 Stück)
Montageart	aufgeständert, Flachdach
Gesamt-Nennleistung	1,08 kWp
Wechselrichter	SWR 850
AC-Nennleistung	0,85 kW
Längengrad	13,7
Breitengrad	52,6
Dachneigung	30°

Quelle: Oberschule Brieselang.

Die Messdaten wurden von 1998 – 2002 in die Datenbank des Fraunhofer Institutes in Freiburg eingetragen. Seit 2002 erfolgt die Erfassung über den SEV Bayern. Bis April 2000 war die Darstellung und Messdatenerfassung auch per Datenleitung im Informatikraum auf einem PC ablesbar. Nach einem Brand in der Schule wurde diese Komponente nicht wieder hergestellt.

Die Nutzung der Photovoltaik im Unterricht

Das Bewusstsein für Energie und die Nutzung erneuerbarer Energien spiegelt sich auch im Unterricht der Naturwissen- und Gesellschaftswissenschaftlichen Fächern deutlich wider:

- In Informatik erfolgt die Auswertung der Daten im Stoffgebiet Tabellenkalkulation und die Darstellung des Solarprojektes im Internet.
- Die Schüler informieren sich zunächst über den Aufbau der Anlage und recherchieren dann die Zusammenhänge über die Internetseite des SEV Bayern. In Kl. 9 erstellen die Schüler mit dem PC Diagramme zur monatlichen Energieausbeute. Die 10. Jahrgangsstufe stellt Übersichten zur Funktion einer PV-Anlage im Stoffgebiet Computergrafik her.
- Das Thema Photovoltaik und Energieerzeugung wird im Pflichtunterricht des Faches WAT (Wirtschaft-Arbeit-Technik) in Klasse 9 und 10 behandelt. Einfache Experimente mit dem Solarkoffer unterstützen die Thematik. Inzwischen können auch mehr Praxisbezüge als 1998 hergestellt werden. In Brieselang sind bereits einige PV-Anlagen in Betrieb und in Falkensee gibt es eine „Bürgersolaranlage“.
- Im Wahlpflichtunterricht Naturwissenschaften werden diese Experimente mit dem Solarkoffer erweitert und z.T. am PC ausgewertet.
- In Physik werden Halbleiter behandelt sowie Messkurven ausgewertet.
- Regelmäßig steht das Thema „Photovoltaik“ im Auswahlkatalog für die obligatorischen Facharbeiten in Kl. 9.

Abbildung 98 und 99: Schulansicht mit Solaranlage, Solarexperimente im Unterricht.



Quelle: Martin Peschel, Oberschule Brieselang

Die Photovoltaik in außerunterrichtlichen Aktivitäten

Seit 1999 beschäftigt sich eine Schülergruppe während der Projektstage regelmäßig mit dem Thema Photovoltaik und stellt Unterrichtsmittel zusammen mit den Schülern her. Auch hierfür werden die Solarkoffer genutzt. Die Projektgruppe ist auch spielerisch tätig. So werden die Quizfragen auf der Homepage des SEV Bayern gelöst; 2002 und 2003 wurden Radtouren zu 2 Firmen im Gewerbegebiet Zeestow durchgeführt, welche die Solartechnik nutzen. 2003 wurde eine Bildtafel für den WAT-Unterricht hergestellt. Die Ergebnisse werden in der abschließenden Präsentation öffentlichkeitswirksam dargestellt. Die monatlichen Erträge der Anlage werden auf der Schul-Homepage dargestellt. 1998 und 2001 war die Schule auf der Startseite von <http://www.brieselang.de> präsent. Die Behandlung des Themas auf der Schul-Homepage ist allerdings nur zu den Zeiten aktuell möglich, in denen das Thema „Internetseiten herstellen“ in Klasse 10 oder während der Projektstage auf der Tagesordnung steht. Hier bestehen sicher noch Reserven, insbesondere bei der Erklärung der Wirkungsweise und der Hintergründe des Solarprojektes.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage

Die Anlage konnte zweimal für längere Zeit nicht betrieben werden (Dachreparatur, Defekt des Wechselrichters). Die Erfassung der Messdaten im PC-Kabinett ist nicht zwingend erforderlich, da mit den Solarkoffern, der Auswertung per Tabellenkalkulation und der Unterrichtsinhalte in Ph, WAT, NW genügend Möglichkeiten bestehen, die Photovoltaik den Schülern nahe zu bringen. Problematisch ist auch, dass der Schulbetrieb z.Z. nur von 11 Lehrern (+3 Gastlehrer) durchgeführt wird. Das führt dazu, dass ein Lehrer zum Teil mehrere unterschiedliche Projekte begleiten muss. Eine gute Möglichkeit, öffentlichkeitswirksamer zu werden und die Jugendlichen „permanent“ mit dem Thema Solarstrom zu konfrontieren, wäre ein Display neben dem Eingang der Sporthalle. Diese wird auch von der Grundschule (befindet sich auf demselben Schulgelände) und Brieselanger Sportvereinen genutzt.

Pädagogische Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Im Mittelpunkt der Optimierung steht die Information der Schüler und der Besucher der Oberschule über die praktikierbare Verwendung der Photovoltaik zur Energieerzeugung. Mit einem Display am Sporthalleneingang wären Schüler und Besucher jederzeit über die Funktion der Anlage informiert. Die Informationstafel könnte kurze Hintergrundinformationen liefern. Es ist beabsichtigt, damit das Bewusstsein der Kinder und Jugendlichen für die Solartechnik zu schärfen.

Nebenbei erfahren auch die Brieselanger Bürger als Nutzer der Sporthalle, dass eine Energieerzeugung nicht nur zentral in Kraftwerken, sondern auch dezentral mit erneuerbaren Energien erfolgen kann. Weiteres Augenmerk kann auf die Aktivitäten der Projektbeteiligten gelenkt werden.

Technische Optimierung

Zur technischen Optimierung der Solaranlage für die pädagogische Nutzung wurde im Rahmen des Projektes Solarsupport eine Anzeige zur Visualisierung der aktuellen Leistung, des Ertrags sowie der CO₂-Einsparung der Photovoltaikanlage installiert.

4.22 Dr. Gustav-Schickedanz-Schule, Fürth (Mittelfranken)

Name der Schule: Dr. Gustav-Schickedanz-Schule

Anschrift: Finkenschlag 45, 90766 Fürth

Ansprechpartner: Michael Biechele (Pädagogisches Konzept: Michaela Niebuhr)

Telefon und Email: 0911/9739760, info@hs-schickedanz-fuerth.de

Internet: <http://www.schickedanz-fuerth.de>

Schulbeschreibung

Die Dr. Gustav-Schickedanz-Schule liegt nördlich des Klinikums Fürth, in der Siedlung „Eigenes Heim“. Das 7000 m² große Schulgelände grenzt im Westen direkt an die Bahnlinie Fürth/Erlangen an. Im Süden, Osten und Norden wird es von Wohngebieten eingerahmt, die sich sehr heterogen aus Einfamilienhäusern und größeren Mietshäusern bis hin zu zwölfstöckigen Hochhäusern zusammensetzen. Die Schule wurde 1973 eingeweiht und in dem zu dieser Zeit üblichen, architektonischen Stil – Betonbau mit großen Glasflächen und Flachdächern – erbaut. In den zwei Stockwerken befinden sich alle Unterrichts- und Fachräume und außerdem eine Cafeteria, in der vor allem die Schüler der Ganztagsbetreuung verköstigt werden. Die Sporthalle ist durch einen überdachten Gang mit der Schule verbunden. Die Schule wird von rund 520 Schülern besucht, wovon zirka 250 Schüler und Schülerinnen den Mittleren Reife Zweig besuchen, der von der 7. bis zur 9. Jahrgangsstufe zweizügig und in der

10. Jahrgangsstufe fünfzügig ist. Das Kollegium umfasst etwa 50 Lehrkräfte. Neben zahlreichen Arbeitsgemeinschaften im musischen, sportlichen, künstlerischen, sozialen, technischen und informationstechnischen Bereich, gibt es einige ökologisch ausgerichtete Arbeitsgemeinschaften und vier Schülerfirmen (zwei davon ebenfalls mit ökologischem Bezug). Im Jahr 2006 erhielt die Schule den Umweltpreis der Stadt Fürth, außerdem nimmt sie seit 2006 an dem Projekt „Umweltschule in Europa“, bzw. Agenda 21-Schule“ teil.

Das Solarprojekt der Dr. Gustav-Schickedanz-Schule

Im Jahr 2000 gewannen die Schüler der Umwelt-AG im Rahmen eines Wettbewerbs eine Photovoltaikanlage, die sie zusammen mit Lehrkräften und dem Hausmeister unter Aufsicht einer Fachkraft auf das Flachdach installierten und die bis heute 7646 kWh Energie produzierte. Mit Hilfe des in der Pausenhalle installierten Displays können die momentane und die bisher erzeugte Energie abgelesen werden. Da das Flachdach der Schule von Schülern nicht betreten werden kann, haben die Schüler nur die Möglichkeit, die PV-Anlage aus den Klassenzimmern oder von der Galerie aus, also von innen zu betrachten. Die elektrische Energie wird ins Netz eingespeist und der Schule mit 50 Cent pro kWh vergütet.

Technische Daten

Tabelle 17: Anlagedaten.

Inbetriebnahme:	28.10.2000
Modulfläche:	9,91 m ²
Anzahl der Module:	12
Typ:	ASE-100-GT-FT- 100 W _p
Art der Solarzellen:	polykristalline
Leistung:	1,2 kW _p
Standort:	Von der Treppe aus links im ersten Stock durch das Fenster an der Galerie sichtbar
Wechselrichter:	Fronius Sunrise mini
Standort Display:	In der Pausenhalle an der mittleren Säule

Quelle: Dr.-Gustav-Schickedanz-Schule.

Die Nutzung der PV-Anlage im Unterricht

Bisher wurde die PV-Anlage von der Umwelt-AG der Schule, in der sich vor allem Schüler der 9. und 10. Klassen engagierten, betreut. Lehrplangemäß liegt der Schwerpunkt der Arbeit mit der PV-Anlage im Unterricht der 10. M-Klassen. Es ist jedoch sinnvoll, auch den Schülern niedrigerer Jahrgangsstufen zu zeigen, wie eine PV-Anlage funktioniert, da dies eben eine Zukunftstechnologie ist und diese sowohl im Alltag als auch im Hinblick auf die Berufsfindung eine Rolle spielen kann. Unter dem Lernziel 10.1 „Sicherung der Lebensgrundlagen“ ist im bayerischen Lehrplan für die 10. Jahrgangsstufe des M-Zweigs ein Lerninhalt die „Zukunftsorientierte Energienutzung“. Unter anderem sollen die Schüler erkennen, dass „die Bereitstellung von Energie zu diesen Zukunftsfragen gehört. Sie vergleichen Energiequellen und -träger und beschäftigen sich theoretisch und praktisch damit, wie diese effizient genutzt werden können. In diesem Zusammenhang sollen sie Zukunftstechnologien kennen lernen und die Funktionsweise von Anlagen zur Nutzung regenerativer Energiequellen und deren physikalischen Grundlagen begreifen.



Mit dem Film „Sonne, die erste“, den Frau Niebuhr im Jahr 2005 mit dem Umweltteam der Hauptschule Bismarckstraße gedreht hat, und dem dazu erstellten Arbeitsblatt, können die Schüler der 9. Klassen, in die Funktionsweise und Herstellung von Photovoltaikanlagen eingeführt werden und dies mit der Anlage der Dr. Gustav-Schickedanz-Schule vergleichen. Zusammen mit ihrer Lehrkraft können sie erkunden, wo die Anlage installiert ist und wo Wechselrichter, Einspeisezähler sowie die Anzeigentafel zu finden sind.

Abbildung 100: Solaranlage.

Außerdem können sie die zum Film gestellten Zusatzaufgaben lösen. Dazu sollen sie eine Woche lang beispielsweise die durch die Anlage gewonnene Energie mit dem Wetter vergleichen[MSOffice2]. Sie können zusätzlich den durchschnittlichen Jahresertrag von 2000 bis 2007 berechnen und ihn mit dem Verbrauch in ihrem Haushalt vergleichen. Für die 10. Jahrgangsstufe bietet der Ausschnitt „Photovoltaik“ im Film „Erneuerbare Energien“ gute Einblicke in die Herstellung und Funktionsweise von PV-Anlagen, die dann noch mit Hilfe eines Arbeitsblattes ergänzt werden. Zusätzlich sollten hier Schülerversuche zur Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen, Neigung und Verschattung durchgeführt werden und die energetische Auswirkung bei der Installation von verschiedenen vielen Solarzellen untersucht werden. Die Experimentierkästen werden vorerst bei SOLID ausgeliehen, sollten aber möglichst im nächsten Schuljahr für die Schule gekauft werden. Nachdem Fürth eine Solarstadt ist, kann diese Unterrichtseinheit mit einer Power Point Präsentation des Umweltamts abgeschlossen werden, in der die wirtschaftliche Nutzung der PV-Anlagen im großen Rahmen deutlich wird.

Abbildung 100 und 101: Solarprojekt im Unterricht, Anzeigentafel.



Quelle: Dr. Gustav-Schickedanz-Schule

Defizite bei der pädagogischen Umsetzung

Derzeit kann die Energiegewinnung durch die PV-Anlage lediglich an der Anzeigentafel abgelesen werden. Dies geschieht natürlich nur zu Schulzeiten und ist auch täglich zu gleichen Zeiten oft nicht möglich. Die Auswertung und Diskussion der Energieerträge im Unterricht erfolgt derzeit nicht auf der gewünschten detaillierten Datengrundlage.

Vorschläge zur Optimierung der PV-Anlage

Zwei Optimierungen sind für die PV-Anlage der Schickedanz-Schule denkbar, wobei der erst genannte Vorschlag aus planerischen / finanziellen Gründen in die Zukunft verschoben werden muss:

- **Zugänglichkeit der PV-Anlage:** Der PV-Generator auf dem Flachdach ist unzugänglich, da das Dach schadhaft ist und über kein Geländer verfügt. Das Amt für Gebäudewirtschaft der Stadt Fürth hat zwar eine Überprüfung des Flachdachs der Schickedanz-Schule mit der Möglichkeit einer Generalsanierung in Aussicht gestellt, in absehbarer Zeit wird aber durch keine Einzelmaßnahme die Begehrbarkeit des Dachs hergestellt werden. Die Errichtung eines Geländers bzw. einer Absturzsicherung muss sich sinnvoll in das Sanierungsvorhaben insgesamt fügen und in Abstimmung mit der zuständigen Behörde erfolgen.
- **Ertragsdatenvisualisierung im Internet:** Mit dem System einer internetgestützten Fernüberwachung lassen sich die Erträge der schulischen Solarstromanlage überprüfen und visualisieren. Die tagesaktuellen Daten können prinzipiell von jedem Ort (innerhalb und außerhalb der Schule) eingesehen werden. Die Daten werden durch die direkte Abfrage vom Wechselrichter oder über die S0-Schnittstelle des Einspeisezählers erfasst. Über den Telefonanschluss der Schule versendet ein Modem einmal pro Nacht die Ertragsdaten der Solaranlage an einen Server, auf dem die Daten für das Internet graphisch aufbereitet werden. Für die Internetdarstellung kann sowohl die schul-eigene Homepage (www.schickedanz-schule.de) als auch die solid-Internetseite für mittelfränkische Sonnenschulen (www.schul-solar-forum.de) dienen.

Die Ertragsdatenvisualisierung im Internet und Intranet wurde im Rahmen des Projektes Solarsupport realisiert. Dies fügt sich in das Anliegen von solid, möglichst flächendeckend eine internetbasierte Ertragsdatenvisualisierung für die mittelfränkische Sonnenschulen aufzubauen.

Pädagogische Ziele nach der Optimierung der Anlage

Mit einer automatischen Ertragsdatenüberwachung, mit der die Daten über das Internet präsentiert werden könnten, ist eine wesentlich genauere Auswertung der PV-Erträge im Unterricht möglich:

- Energieerträge können über verschiedene Monate/Jahreszeiten verglichen werden.
- Verschiedene Klassen können jeweils über einen bestimmten Zeitraum den Energieertrag berechnen.
- Man kann die Energieeinspeisung an gleichen Tagen in verschiedenen Jahren beobachten.
- Es sind detaillierte Jahresauswertungen möglich.
- Es können Vergleiche zu anderen Schulanlagen gezogen werden. Man kann Kontakt mit den Schülern anderer Schulen aufnehmen und zu deren Anlagen Fragen stellen, um beispielsweise herauszufinden weshalb unterschiedlich hohe Energiemengen erzielt werden.
- Kosten/Nutzen Rechnungen sind besser möglich.

In diesem Sinne würde die Visualisierung der Ertragsdaten das pädagogische Konzept um viele interessante Möglichkeiten erweitern und die Zukunftstechnologie „Photovoltaik“ an der Schule für mehrere Schülergenerationen durch detaillierte und langfristige Auswertungen nachhaltig veranschaulichen.

4.23 Gymnasium Eckental (Bayern)

Name der Schule: Gymnasium Eckental

Anschrift: Neunkirchner Str. 1, 90542 Eckental

Ansprechpartner: OStR Holger Rösler

Telefon und Email: 09126/25690, sekretariat@gymeck.de

Internet: <http://www.gymnasium-eckental.de>

Schulbeschreibung

Das Gymnasium Eckental wurde 1995 gegründet. Der Unterricht fand zunächst für 131 Fünftklässler in einen Interimsgebäude statt, bevor 1999 dann der Neubau bezogen werden konnte. Inzwischen wird das Gymnasium von fast 1200 Schülern aus den Landkreisen Erlangen-Höchstadt und Forchheim besucht. Das Gymnasium, das eine sprachliche und eine naturwissenschaftlich-technologische Richtung besitzt, beginnt in der 5. Jahrgangsstufe, die Regelzeit bis zum Abitur beträgt 8 Jahre.

Das Solarprojekt am Gymnasium Eckental

Im Rahmen des Neuaufbaus der Schule konnte eine 1kWp Photovoltaikanlage angeschafft werden. Der Aufbau dieser Anlage verzögerte sich immer wieder, so dass sie erst im Jahr 2006 in Betrieb genommen wurde. Die Installationsarbeiten führten Eltern, Lehrer und Schülern unter der technischen Leitung der Firma Ikratos aus Igensdorf gemeinsam durch, wobei die anfallenden Kosten vom Förderverein und Elternbeirat getragen wurden. Die Anlage ist an der Südfassade der Schule installiert.

Abbildung 102 und 103: Installation der Photovoltaikanlage und nach Fertigstellung.



Technische Daten

Tabelle 18: Daten der 1kWp-Photovoltaikanlage

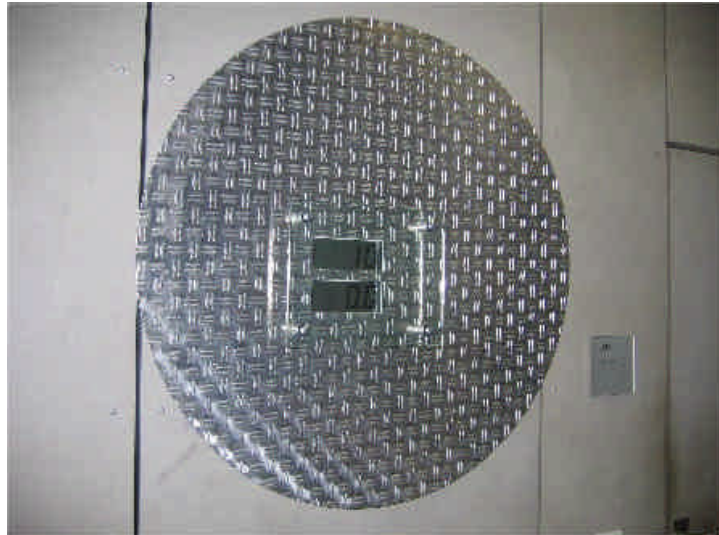
Modulfläche	10m ²
Anzahl der Module	20
Art der Solarzellen	polykristallin
Leistung	ca. 1 kW _p
Standort	Fluchttreppe an der Südwand der Schule
Neigungswinkel	ca. 30°
Wechselrichter	Helix 1100
Standort Display	Aula

Quelle: Gymnasium Eckental.

Die elektrische Energie wird ins öffentliche Netz eingespeist.

Beim Bau der Schule wurde auf dem Dach des Heizungsgebäudes eine thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung installiert. Leider ist die Anlage zur Zeit nicht in Betrieb, sie soll jedoch spätestens 2008 wieder funktionsfähig sein.

Abbildung 104: Das künstlerisch gestaltete Display in der Aula (noch ohne Informationstafeln).



Quelle: Gymnasium Eckental

Die Nutzung der Photovoltaikanlage im Unterricht

Beim Aufbau der Anlage führte eine 10. Klasse ein Projekt zum Thema „Photovoltaik“ durch. In Arbeitsgruppen wurden die Funktionsweise und wirtschaftliche Aspekte von Solaranlagen untersucht. Zwei Gruppen waren für die Dokumentation des Aufbaus und die Planung der Einweihungsfeier zuständig. Und auch die künstlerische Gestaltung der Anzeige in der Aula, an der die momentane Leistung und die eingespeiste Energie abgelesen werden kann, wurde von einer Gruppe übernommen.

Im darauffolgenden Schuljahr sollten alle Klassen über die Solaranlage informiert werden. In einem ersten Schritt wurde für die Physiklehrer und die Lehrer des Fachs Natur und Technik eine schulinterne Fortbildung durchgeführt. Es wurden einige Unterrichtsmaterialien und Farbfolien zusammengestellt, die die wesentlichen Aspekte von Photovoltaik behandeln sowie die 1kWp-Anlage und deren Aufbau beschreiben. Diese waren so konzipiert, dass in einer oder zwei Unterrichtsstunden das Thema Photovoltaik in einer Klassen behandelt werden konnte. In einem zweiten Schritt wurden dann von den Fachlehrern die einzelnen Klassen über die Solarenergie informiert. Die Besichtigung der Anlage schloss diese Unterrichtseinheit jeweils ab.

Ebenfalls fanden zum Thema „alternative Energien“ verschiedene Projekte statt. So wurde z.B. ein jahrgangsübergreifendes Projekt mit 8. und 10. Klassen durchgeführt, bei der die Photovoltaikanlage der Schule im Mittelpunkt stand. Abschluss des Projekts war eine Posterausstellung in der Aula sowie eine Exkursion zur Firma Ikratos (Solar-und Energietechnik) und die Besichtigung einer Photovoltaikanlage in einem Einfamilienhaus. Sehr gut kann die Photovoltaikanlage im Fach Physik im Unterricht der 8. und 10. Klasse genutzt werden. Im Lehrplan finden sich die Themen Halbleiter, elektrische Energie, Leistung, Wirkungsgrad und Energieerzeugung. Mit der Photovoltaikanlage können diese Themen im Unterricht hervorragend an einer in der Praxis eingesetzten Anlage veranschaulicht werden.

Abbildung 105: Die thermische Solaranlage.



Quelle: Gymnasium Eckental

Behandlung der Photovoltaik und der Anlage in außerschulischen Aktivitäten

Beim Aufbau der Anlage und der Einweihung waren der Elternbeirat, der Förderverein und Lokalpolitiker beteiligt, über die Inbetriebnahme wurde in lokalen Zeitungen berichtet.

Durch das gestiegene öffentliche Interesse an der Solarenergie wurde inzwischen im Landkreis die Möglichkeit geschaffen, auf öffentlichen Gebäuden Dachflächen für die Errichtung von Solaranlagen zu mieten. So ist auf dem Dach der Turnhalle 2007 eine beeindruckende 50- kWp Photovoltaikanlage entstanden.

Abbildung 106: 50-kWp Anlage mit monokristallinen Zellen auf dem Dach der Turnhalle.



Quelle: Gymnasium Eckental

Im Jahr 2006 fand am Gymnasium Eckental das 8. Mittelfränkische Schulsolarforum statt. Auf dieser Veranstaltung wurde die Solaranlage Vertretern mehrerer Schulen vorgestellt.

Im Jahr 2006 wurde ein Datenlogger, der beim solid-Wettbewerb "sunability - wir zeigen's euch!", gewonnen wurde und mit dessen Hilfe es möglich ist, tagesaktuelle Daten auf eine Internetplattform zu stellen, installiert.

Seit 2006 wird in der Schule das „Energiemanager-Projekt“ durchgeführt. Die dafür eingesetzten Schüler werden in besonderen Fortbildungen über das Energiesparen und den Einsatz alternativer Energien geschult.

Defizite bei der Nutzung der PV-Anlage

Im Moment ist die Anbindung des Datenloggers an das Computernetz noch nicht funktionsfähig. Die Auswertung der Daten ist deshalb relativ aufwändig und kann nicht mit der tatsächlichen Sonneneinstrahlung verglichen werden. Die Einbindung der Solaranlage in einzelne Unterrichtsstunden oder Projekte würde durch die Darstellung aktueller Daten im Internet wesentlich vereinfacht.

Einige Komponenten der Anlage wie der Wechselrichter und der Stromzähler befinden sich in Räumen, die nur schwer zugänglich sind und über das ganze Schulgebäude verteilt sind.

Die Einspeisung ins Netz und die damit verbundene Vergütung sind für die Schüler relativ wenig anschaulich. Wesentlich greifbarer wäre eine Inselanlage. Alle Komponenten befinden sich nahe beieinander (Schulgarten), die Energie wird in Batterien gespeichert und kann bei Bedarf entnommen werden. Bei der Nutzung der elektrischen Energie aus den Batterien erfahren die Schüler, dass nicht beliebig viel Energie entnommen werden kann, sondern unmittelbar mit der Sonneneinstrahlung zusammenhängt.

Vorschläge zur Optimierung der Solaranlage

Vorrangiges Ziel sollte die Verbindung des Datenloggers mit dem Internet sein. Daneben erscheint auch der Aufbau einer Inselanlage sehr lohnenswert zu sein. Die Inselanlage könnte im Schulgarten aufgebaut werden neben ihrer Funktion als Demonstrationsanlage einen praktischen Nutzen zur Bereitstellung von elektrischer Energie für Arbeiten im Schulgarten, Einsatz im Unterricht (Mikroskopierkurse) oder elektrische Temperaturregelung, Bewässerung und Beleuchtung leisten. Ein größerer Schülerkreis könnte den Nutzen der Solarenergie in der Praxis erleben, und so Photovoltaik viel anschaulicher erfahren.

Zu der auf der Turnhalle errichteten Anlage sollten entsprechend aufbereitete Informationen der Schulöffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Diese könnten auch durch Informationen zur solarthermischen Anlage ergänzt werden.

Pädagogischen Ziele bei einer Optimierung der Anlage

Das vorrangige Ziel der Optimierung der Anlage ist eine einfachere und anschaulichere Einbindung der Anlage in den Schulalltag.

Durch die Datenerfassung und die Bereitstellung der Daten der 1kWp Anlage im Internet ist es für die Schüler sehr leicht möglich, quantitative Auswertungen im Unterricht durchzuführen. Hierbei bieten sich für Fächer wie Physik, Mathematik, Geographie oder Wirtschaft viele Anknüpfungsmöglichkeiten im Unterricht. Die Planung entsprechender Unterrichtseinheiten und die Ausarbeitung für die einzelnen Lehrer wird so ebenfalls wesentlich vereinfacht.

Abbildung 107 und 108: Klasse 9b beim Aufbau der Inselanlage und Modell der Inselanlage.

Quelle: Gymnasium Eckental

Daneben bietet eine Inselanlage vielfältige Möglichkeiten der Einbindung in den Schulalltag. Bereits beim Aufbau der Anlage können Schüler mit eingebunden werden. Sie hätten für eine selbst erstellte Anlage einen ganz anderen Bezug als zu einer, bei der wenig Eigenarbeit geleistet werden konnte. Die Tatsache, dass Energie nicht beliebig zur Verfügung steht, sondern abhängig von der Sonneneinstrahlung gespeichert wird, ermöglicht ein tieferes Verständnis für die physikalischen Vorgänge und macht unmittelbar erfahrbar, dass die Speicherung der elektrischen Energie ein grundsätzliches Problem von Photovoltaikanlagen ist. Schließlich können die Vor- und Nachteile von Inselanlagen bei einem Vergleich mit der 1kWp-Anlage, bei der die Energie ins öffentliche Netz eingespeist werden, sehr schön veranschaulicht werden.

5 Auswertung der Befragung

5.1 Kommunikative Nutzung von Solaranlagen

Einleitung

Das Forschungsprojekt „Solarsupport“ zielte auf die Erfassung der beispielhaften guten Nutzung von Fotovoltaikanlagen und auf die Ermittlung der Hemmnisse einer guten Nutzung. Um hierfür einen Überblick zu erhalten, wie die Anlagen genutzt werden und welche Schwierigkeiten bestehen, wurde eine explorative Befragung mittels einer Internet-Befragung durchgeführt. Die Befragung musste von vorne herein explorativ angelegt werden, da aus zahlreichen Forschungsprojekten mit Schulen den Projektbeteiligten bewusst war, dass nur wenige Schulen sich an derartige Befragungen beteiligen. Ein Zweites kommt noch hinzu: Das Projekt zielt auf Schulen, die bisher nur im geringen Umfange oder gar nicht ihre eigene fotovoltaische Anlage für den Unterricht nutzen. Dies hat zumeist ihre Ursache darin, dass ein Betreuer oder eine Betreuerin der Anlage fehlt. Und dies sind üblicherweise diejenigen Lehrkräfte, die sich an Befragungen beteiligen.

Konsequenterweise musste die Befragung explorativ sein, d.h. aufgrund einer nur zu erwartenden geringen Beteiligung können keine statistisch repräsentativen Ergebnisse erlangt werden. Um dieses Defizit jedoch auszugleichen, wurden in den anderen Arbeitsschritten des Projektes begleitende Experteninterviews durchgeführt, um die Ergebnisse der Befragung zu validieren, bzw. die Befragungsergebnisse kritisch zu hinterfragen. Im Folgenden soll zunächst die Durchführung der Befragung geschildert und dann eine Auswertung der Befragung vorgenommen werden.

Entwicklung des Fragebogens und Durchführung der Befragung

Mit Hilfe einer Online-Befragung von Schulen zur Nutzung ihrer fotovoltaischen Anlagen sollte zum einen ein Überblick gewonnen werden, wie die Anlagen in die schulischen Konzepte eingebettet sind. Zum anderen sollten Hinweise gewonnen werden, welche weiteren Möglichkeiten zur pädagogischen Nutzung und zur Optimierung in der Nutzung der Anlagen bestehen.

In einem ersten Schritt wurden mögliche relevante Fragen in dem Projektteam diskutiert. Im Ergebnis wurden die folgenden Themen gewählt:

1. Allgemeine Informationen zur Schule und zur Anlage
2. Allgemeine Fragen zu der Anlage und zur Betreuung der Anlage
3. Pädagogische Nutzung der Anlage
4. Ziele und Hemmnisse bei der Errichtung der Anlage
5. Beschreibung der Anlage
6. Hinweise und Wünsche
7. Kontaktdaten für die Teilnahme am Wettbewerb

Auf Basis dieser Themen wurden die Fragen entwickelt. Die Fragen wurden anschließend so gestaltet, dass sie für mehrere Module des Projekts Solarsupport Antworten geben können. Der erste Entwurf des Fragebogens wurde dann von den Projektbeteiligten diskutiert und optimiert. Im Ergebnis ergaben sich die folgenden Fragen (s.a. Anhang I):

Tabelle 19: Themen der Befragung.

Allgemeine Informationen zur Schule und zur Anlage	Schuladresse Schulträger Schultyp Eigentümer der PV-Anlage
Allgemeine Fragen zu der Anlage und zur Betreuung der Anlage	Display Schautafel Informationsblätter Installationsort Display Hard- und Software Datenauswertung Technische Betreuung Instandhaltung der Anlage pädagogische Betreuung Anzahl der pädagogischen Betreuer Qualifizierungsmaßnahmen
Pädagogische Nutzung der Anlage	Nutzung der Anlagendaten Nutzung für Unterrichtszwecke Nutzung für andere pädagogische Zwecke Nutzungsart Nutzungsmöglichkeiten Nutzung in verschiedenen Fächern vorrangiges Fach der Nutzung Bewertung der pädagogischen Nutzung Gründe für die gute Nutzung notwendige Optimierung verwendete Unterrichtsmaterialien
Ziele und Hemmnisse bei der Errichtung der Anlage	Ziel der Errichtung Erreichung der Ziele Hemmnisse bei der Errichtung
Beschreibung der Anlage	Standort Baujahr Anlagengröße Stromnutzung Sichtbarkeit Zugänglichkeit Finanzierung
Hinweise und Wünsche	Wünsche der Befragten Hinweise der Befragten
Kontaktdaten für die Teilname am Wettbewerb	Kontaktdaten

Quelle: Eigene Darstellung.

Anschließend erfolgte die Programmierung des Fragebogens in html (s.a. www.izt.de/solarsupport). Für den Pretest wurden sieben Schulen angesprochen, die den Fragebogen ausfüllten und einige Hinweise zur notwendigen Überarbeitung gaben. Anschließend erfolgte die Überarbeitung und die Durchführung der Hauptbefragung. Auf Basis der Recherche der Verbreitung schulischer Anlagen konnten in Berlin-Brandenburg und in Mittelfranken insgesamt 225 Schulen mit Email-Adresse recherchiert werden, die über eine PV-Anlage verfügen. Alle Schulen wurden mit einem standardisierten Brief per Email angeschrieben. Acht Adressen erwiesen sich als falsch und konnten nicht nachrecherchiert werden, so dass die Grundgesamtheit der angeschriebenen Schulen sich auf 217 belief. Bis Ende Dezember hatten 35 Schulen den Fragebogen (fast) vollständig ausgefüllt (inklusive der Pretest-Schulen). Von 13 weiteren Schulen wurden technische Daten zur Anlage übermittelt. Somit ergab sich eine Antwortquote von 16,1% in Bezug auf die Grundgesamtheit, wenn nur die vollständig ausgefüllten Fragebögen berücksichtigt werden. Diese Antwortzahl ist hinreichend genug für eine explorative Befragung. Aufgrund der unterschiedlichen Grundgesamtheiten (35 vollständige und 13 teilweise ausgefüllte Fragebögen) werden im Folgenden immer die Bezugsgrößen benannt.

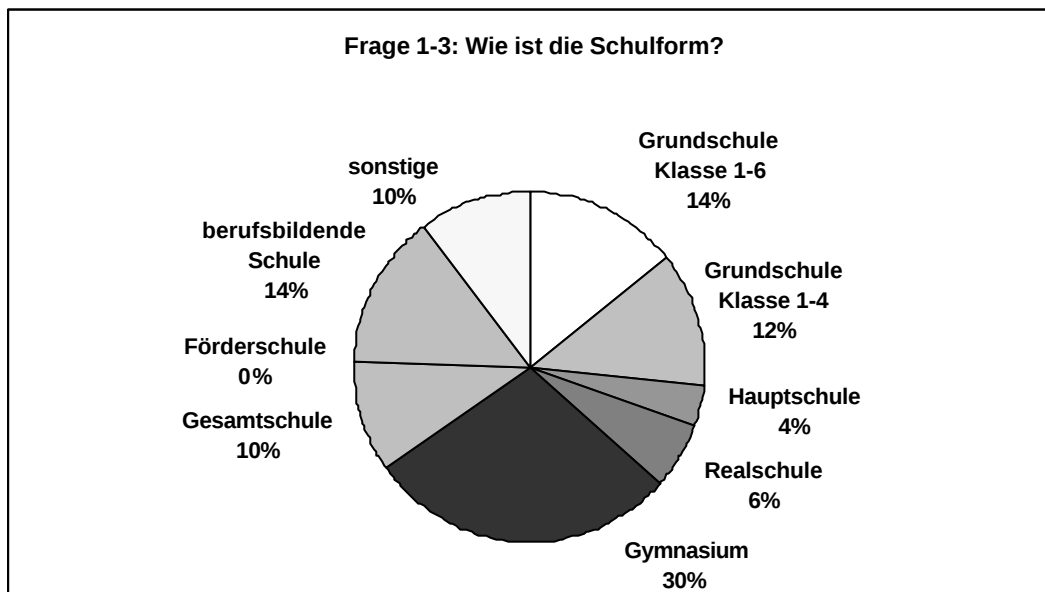
5.2 Auswertung der Befragung

Allgemeine Informationen zur Schule und zur Anlage

Frage 1.3: Wie ist die Schulform?

Bei der Befragung haben sich alle Schulformen gleichermaßen beteiligt. 13 Schulen von 49 waren Grundschulen und 14 Schulen waren Gymnasien. Die nächststärkste Gruppe waren die berufsbildenden Schulen mit $n = 7$ und Gesamtschulen mit $n = 5$. Unterrepräsentiert waren Haupt- und Realschulen, von denen sich zusammen nur fünf Schulen an der Befragung beteiligt haben. Die sonstigen Schulen waren beispielsweise ein Bildungskolleg, eine Gartenarbeitsschule, ein Freilandlabor, eine Oberschule und eine freie Montessorie-Schule.

Abbildung 109: Frage 1.3 – „Wie ist die Schulform?“.

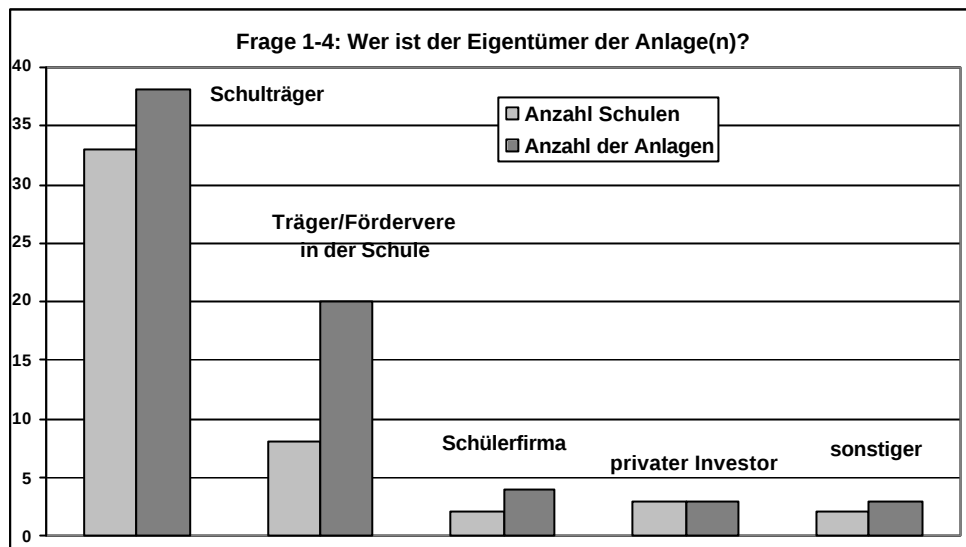


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 1.4: Wer ist der Eigentümer der Anlage?

Bei der Mehrheit der Schulen ($n=33$ von 49 Schulen) ist der Schulträger der Anlageneigentümer. Nur bei 16 Schulen ist es ein Träger- oder Förderverein, eine Schülerfirma, ein privater Investor oder sonstige Eigentümer. Als Alternative zur Schulträgerschaft sind eigentlich nur Träger- oder Fördervereine nennenswert repräsentiert mit $n=8$. Bedingt ist dies vor allem durch rechtliche Restriktionen wie die Experteninterviews ergeben haben. Einzig Träger- oder Fördervereine scheinen aus Sicht der Verantwortlichen dauerhaft genug zu sein, um PV-Anlagen auf dem Schulgebäude betreiben zu können.

Abbildung 110: Frage 1.4 – „Wer ist der Eigentümer der Anlage(n)?“.

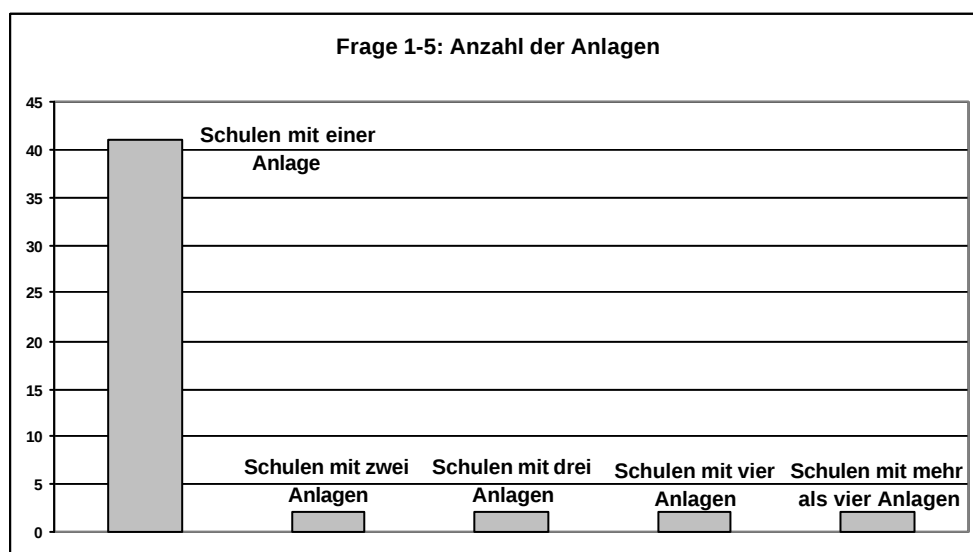


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 1-5: Wie ist die Anzahl der Fotovoltaik-Anlagen?

Wie nicht anders zu erwarten, haben die meisten Schulen nur eine Anlage. Dies war bei 41 von 49 Schulen der Fall. Interessant ist jedoch, dass bei den Schulen, die über mehr als eine Anlage verfügen, die Schulträger als Eigentümer in der Minderheit sind. Von acht Schulen mit mehr als einer Anlage sind bei vier Schulen die Eigentümer Träger- und Fördervereine bzw. eine Schülerfirma. Auch in der Gartenarbeitsschule (sonstige) ist mehr als eine Anlage vorhanden. Nur bei drei Schulen mit mehreren Anlagen sind die Eigentümer die Schulträger selbst. Das heißt, dass insgesamt nur 9% der Schulen, deren Eigentümer die Schulträger sind, über mehrere Anlagen verfügen, während der Anteil der Schulen mit mehreren Anlagen, deren Eigentümer Träger- und Fördervereine bzw. Schülerfirmen sind, bei 38% liegt. Dieses Indiz könnte dafür sprechen, dass alternative Eigentumsformen als durch den Schulträger eher dazu tendieren, die Fotovoltaik kontinuierlich auszubauen.

Abbildung 111: Frage 1.5 – „Anzahl der Anlagen“.



Quelle: Eigene Darstellung.

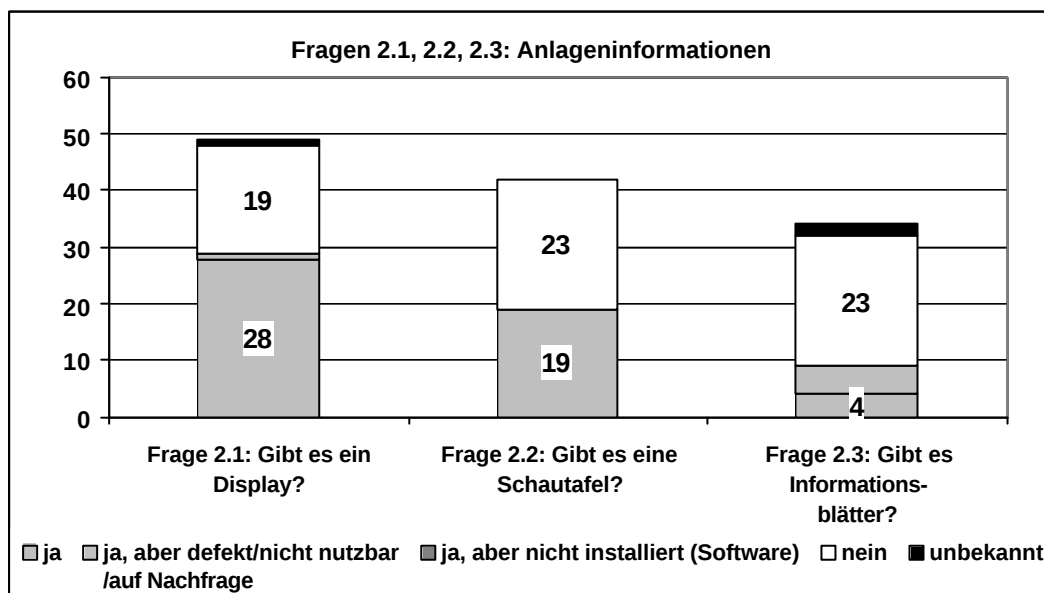
Allgemeine Fragen zu der Anlage und zur Betreuung der Anlage

Der zweite Fragenkomplex widmete sich der Ausstattung der Schule zur Nutzung und zur öffentlichkeitswirksamen Darstellung der Anlage sowie der Betreuung durch entsprechendes Fachpersonal.

Frage 2.1: Gibt es ein Display? / Frage 2.2: Gibt es eine Schautafel / Frage 2.3: Gibt es Informationsblätter? /

Bei der Mehrheit der Schulen (28 von 49) gibt es ein Display, aber bei 19 Schulen fehlt dies. Zumeist ist das Display im Gebäude angebracht (27 von 35), seltener ist es außen am Gebäude (8 von 35). Hierbei ist zu bedenken, dass dem Display eine zentrale Rolle bei der öffentlichkeitswirksamen Darstellung der Fotovoltaik zukommt. Gespräche mit Lehrkräften haben gezeigt, dass viele Schüler oftmals nicht wissen, dass ihre Schule eine PV-Anlage hat, wenn kein Display vorhanden ist. Bei den Schautafeln verkehrt sich das Verhältnis. 19 Schulen von 42 Schulen antworteten, sie haben eine Schautafel, aber 23 verfügen über keine Schautafel. Informationsblätter sind auch selten. Nur vier Schulen antworteten, dass sie Informationsblätter zur Anlage frei verfügbar zugänglich machen.

Abbildung 112: Fragen 2.1, 2.2, 2.3 – „Anlageninformationen“.



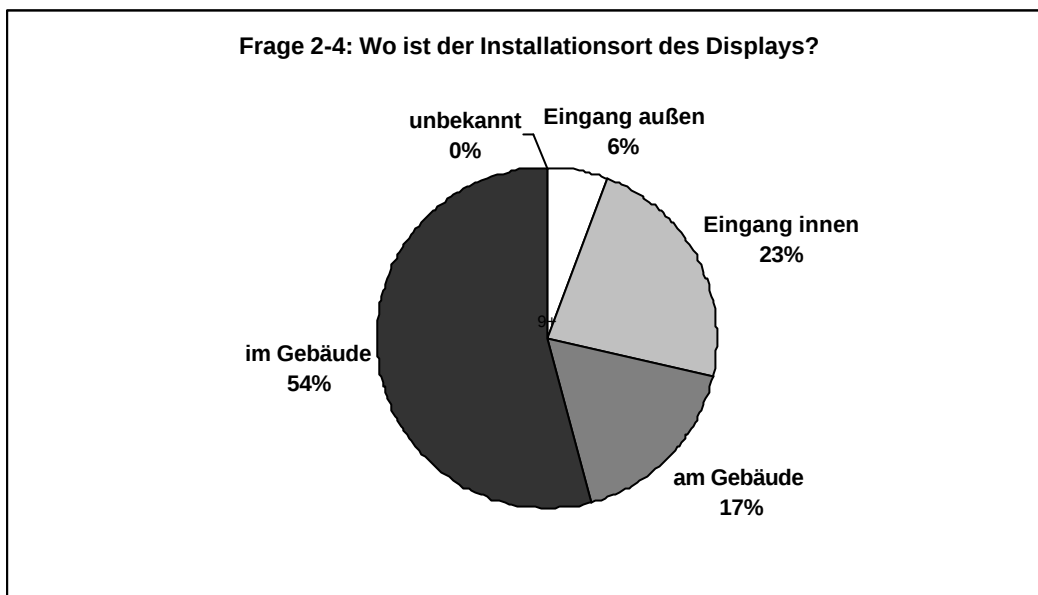
Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 2.4: Wo ist der Installationsort des Displays?

In der Frage 2.4 wurde nach dem Installationsort des Displays gefragt. Für die Wirksamkeit der Anlage ist es wichtig, dass das Display auch wahrgenommen werden kann. Am besten ist der Schuleingang außen, da dort nicht nur die Schüler den Ertrag der Anlage sehen können, sondern auch Passanten auf möglicherweise nicht sichtbare Anlagen aufmerksam gemacht werden.

Bei den meisten Schulen (n=19) ist das Display im Gebäude, aber nicht im Eingang. Immerhin bei 10 Schulen ist das Display entweder innen oder außen am Eingang. Bei weiteren sechs Schulen ist das Display am Gebäude untergebracht.

Abbildung 113: Frage 2.4 – „Wo ist der Installationsort des Displays?“.

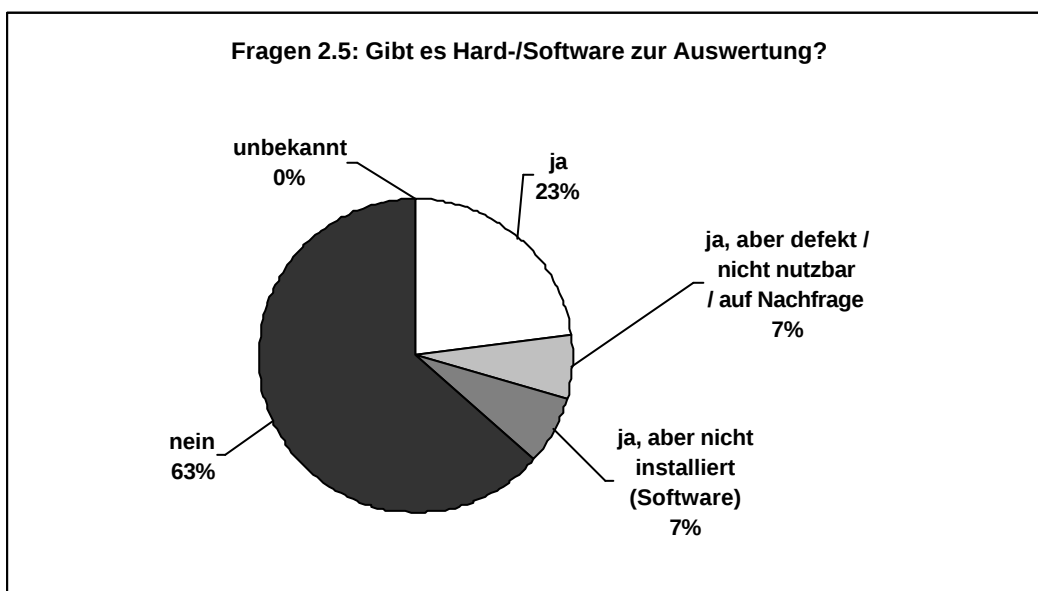


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 2.5: Gibt es eine Hard- und Software zur Datenauswertung? / Frage 2.6: Wie ist der Softwarename? / Frage 2.7: Wer ist der Software-Hersteller?

Wesentlich schlechter steht es um die Nutzbarkeit der Daten der Solarstromerzeugung. Nur 10 von 48 Schulen haben eine funktionsfähige Software zur Datenauswertung. In 27 Schulen ist keine Software vorhanden, und bei drei Schulen ist sie defekt bzw. bei weiteren drei nicht installiert. Von fünf Schulen konnten hierzu keine Angaben gemacht werden.

Abbildung 114: Frage 2.5 – „Gibt es Hard-/Software zur Auswertung?“.



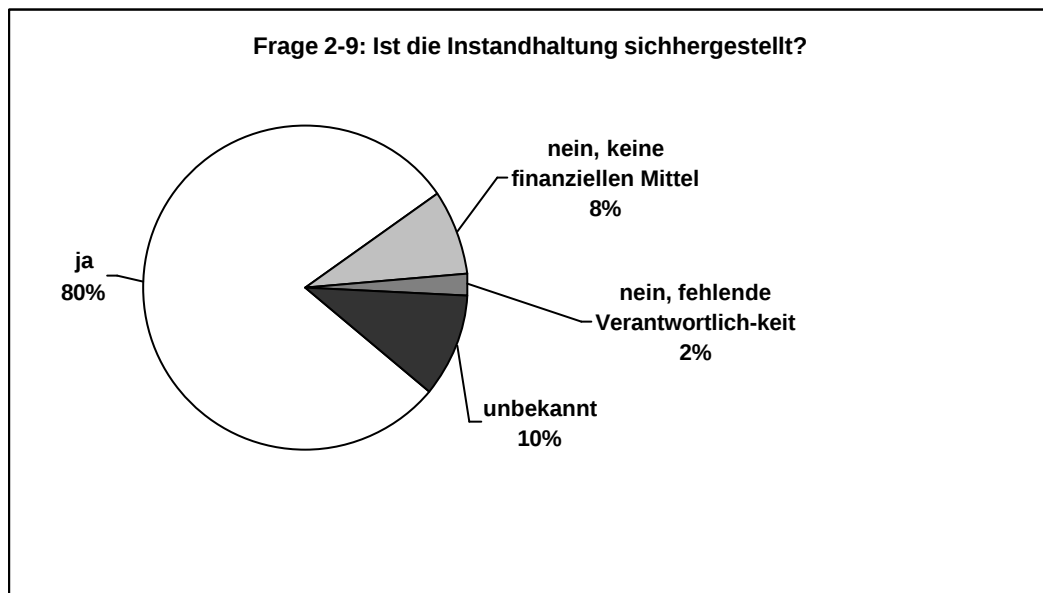
Quelle: Eigene Darstellung.

Software zur Datenauswertung ist aber bei allen pädagogischen Konzepten ein unbedingtes „Muss“, damit sich SchülerInnen mit der Anlage auch praktisch beschäftigen können. Hinsichtlich der Art der Software wird ein breites Spektrum von Angeboten genutzt. Genannt wurden Produkte wie Fronius Access, Sunny-Data / Control (3 mal), GridMaster (2 mal), Helios 1.0 sowie eine Eigenentwicklung.

Frage 2.8: Wer ist für die technische Instandhaltung zuständig? / Frage 2.9: Ist die Instandhaltung der Anlage sichergestellt? / Frage 2.10: Wer ist für die pädagogische Nutzung der Anlage (vor allem) zuständig?

In einem weiteren Fragenkomplex wurde nach der technischen und pädagogischen Betreuung gefragt. Bei den meisten Schulen ist die Instandhaltung der Anlagen sichergestellt (38 von 48 Antworten). Nur bei fünf ist dies nicht der Fall. Unbekannt ist jedoch dies an fünf weiteren Schulen.

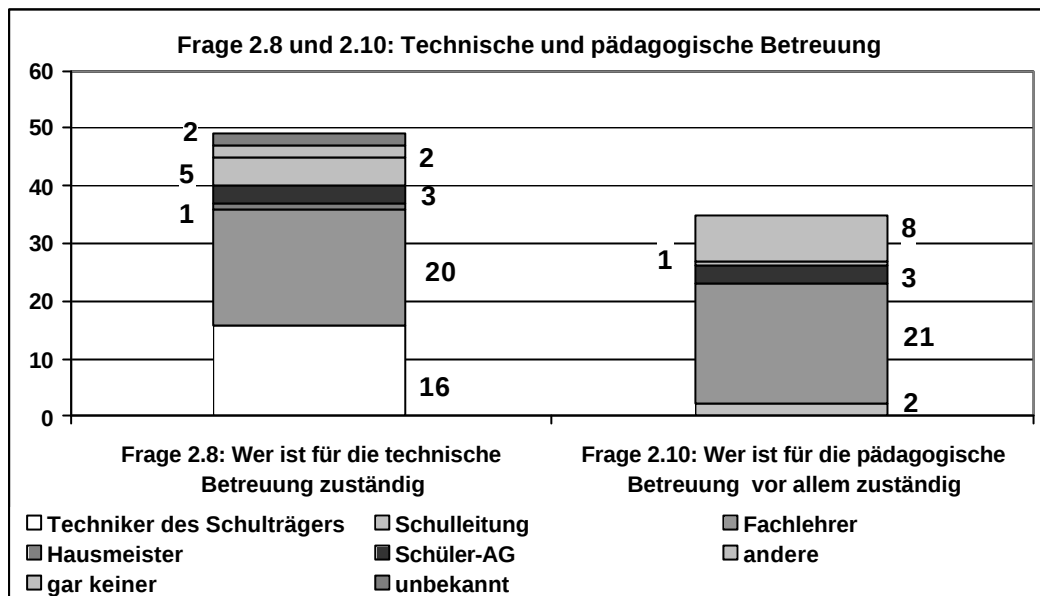
Abbildung 115: Frage 2.9 – „Ist die Instandhaltung sichergestellt?“.



Quelle: Eigene Darstellung.

Für die technische Betreuung der Anlage sind vor allem Techniker des Schulträgers zuständig (16 von 49). Zumeist wird diese Aufgabe an eine Fachfirma delegiert. Im größeren Umfange ist jedoch der Fachlehrer zuständig (20 von 49). Alle anderen Akteure sind nur selten beteiligt. Wie nicht anders zu erwarten ist für die pädagogische Betreuung (d.h. der Nutzung der Anlage für Unterrichtszwecke) ein Fachlehrer zuständig (20 von 35). Bedenklich bei den Antworten war hierbei, dass die Antwortmöglichkeiten „gar keiner“ immerhin 8 mal bei 35 Antworten genannt wurde. Wenn man bedenkt, dass sich an der Befragung zumeist aktive oder sehr aktive Schulen beteiligt haben, bedeutet dies, dass die pädagogische Betreuung der Anlagen eines der zentralen Defizite ist.

Abbildung 116: Fragen 2.8 und 2.10 – „Technische und pädagogische Betreuung“.

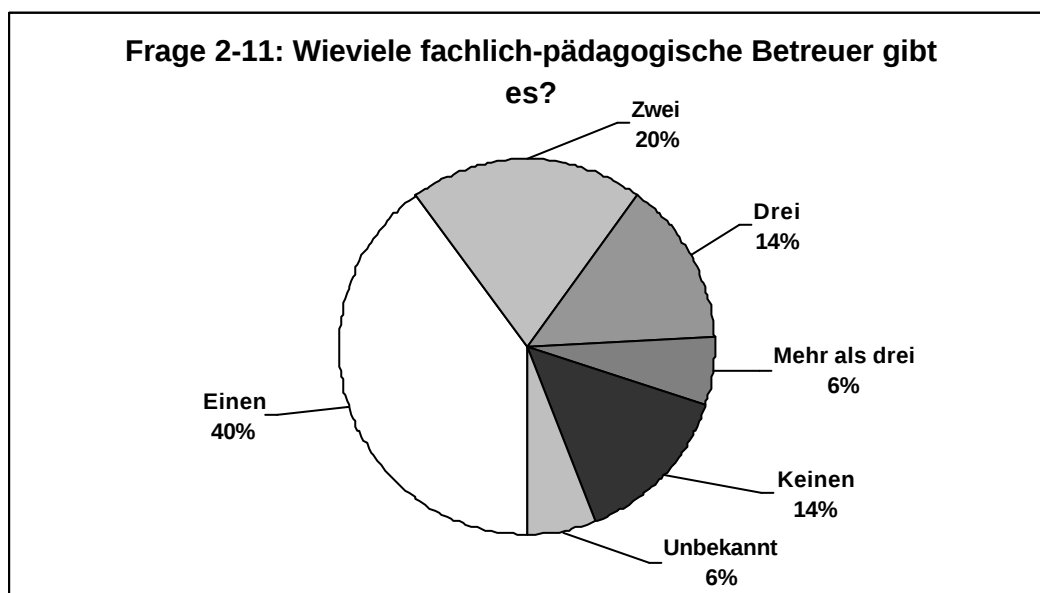


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 2.11: Wie viele fachlich-pädagogische Betreuer gibt es? / Frage 2.12: Haben die Betreuer Qualifizierungsmaßnahmen wahrgenommen?

Bei der Mehrheit der Schulen (14 von 35) gibt es nur einen fachlich pädagogischen Betreuer für die Anlagen. Immerhin weisen eine gleich große Anzahl von Schulen (14 von 35) mindestens zwei fachlich pädagogische Betreuer für die Anlage aus. Bei fünfzehn ist kein Betreuer vorhanden, bei zweien ist es unbekannt.

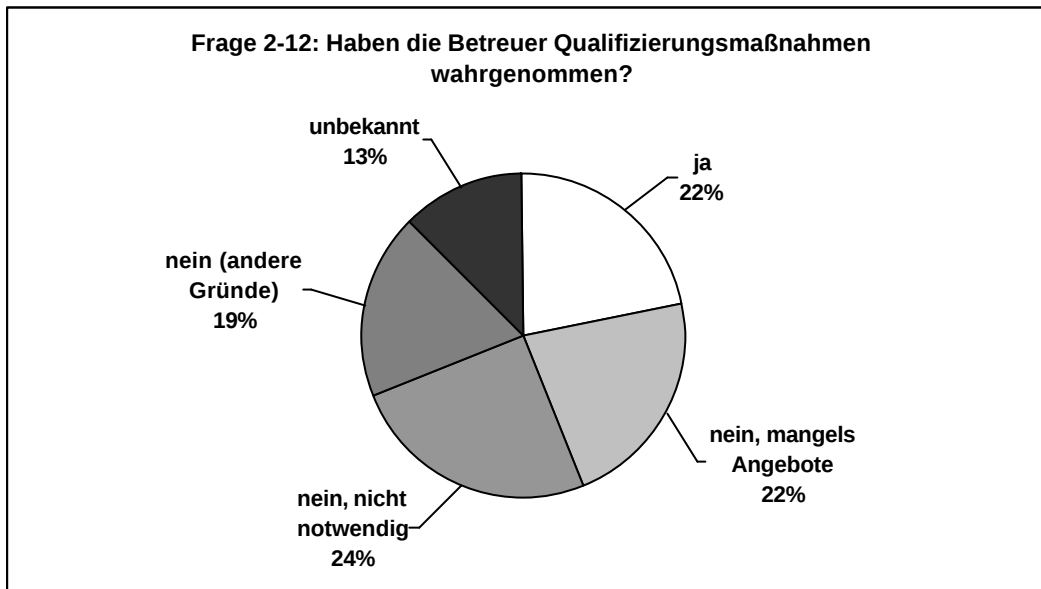
Abbildung 117: Frage 2.11 – „Wie viele fachlich-pädagogische Betreuer gibt es?“.



Quelle: Eigene Darstellung.

Nur ein geringer Anteil der fachlich pädagogischen Betreuer haben Qualifizierungsmaßnahmen zur Betreuung der Anlage wahrgenommen (7 von 32). Bei 8 Schulen hielten dies die Befragten für nicht notwendig. Bei 21 von 32 Schulen haben die Betreuer aus verschiedenen Gründen an keinen Qualifizierungsmaßnahmen teilgenommen. Interessant ist, dass 7 von 32 Schulen geantwortet haben, dass es keine entsprechenden Angebote gegeben hat.

Abbildung 118: Frage 2.12 – „Haben die Betreuer Qualifizierungsmaßnahmen wahrgenommen?“.



Quelle: Eigene Darstellung.

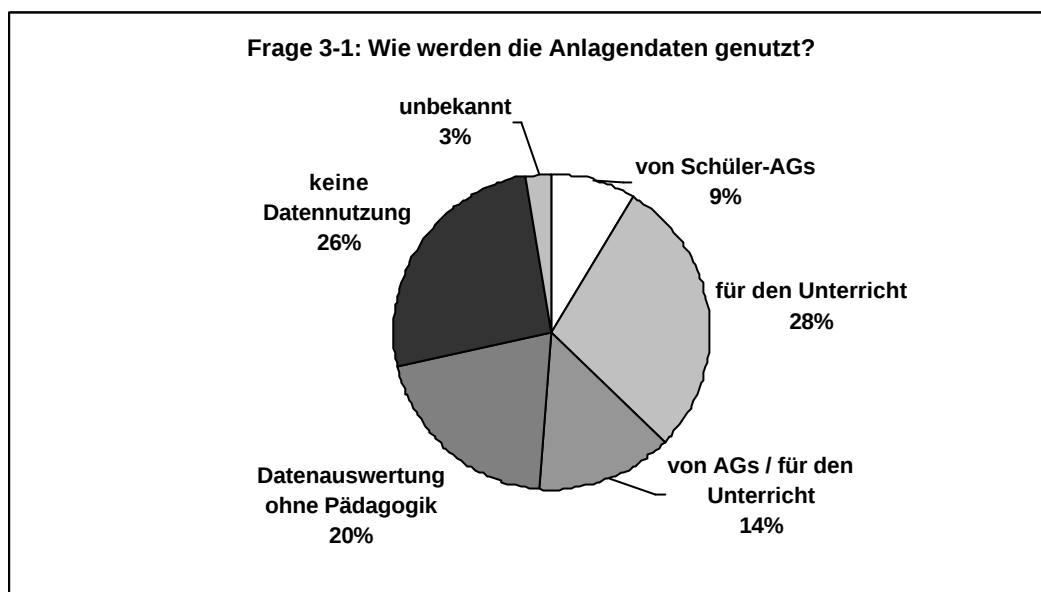
Die pädagogische Nutzung der Anlage

Der dritte Fragenkomplex beschäftigte sich mit der pädagogischen Nutzung der Fotovoltaik-Anlage an der Schule. Im Mittelpunkt standen hierbei Fragen nach der Einbindung der Anlage in den Schulunterricht.

Frage 3.1: Wie werden die Anlagendaten genutzt?

Die Anlagendaten werden zumeist für den Unterricht (15 von 25 Antworten) oder andere Zwecke wie Schüler-AGs (8 von 25) genutzt.⁵ Nur in 9 Fällen erfolgte keine Nutzung der Anlagendaten für den Unterricht.

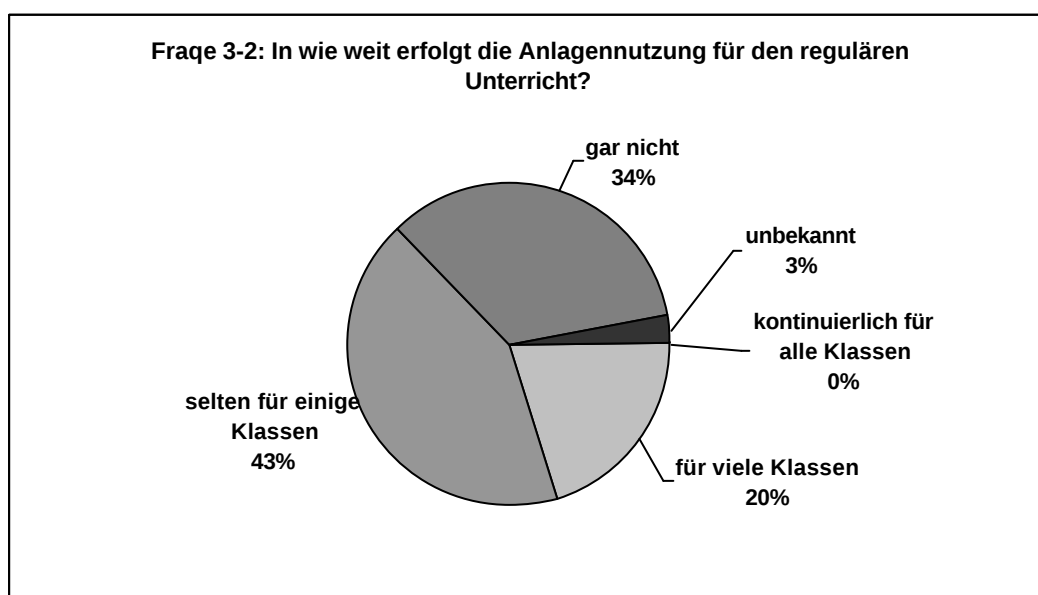
⁵ Aufgrund der Auswahlmöglichkeiten Unterricht, Schüler-AGs sowie Unterricht *und* Schüler-AGs ergibt sich hierbei eine Antwortzahl, die höher ist als die Anzahl der Antworten (n=25).

Abbildung 119: Frage 3.1 – „Wie werden die Anlagendaten genutzt?“.

Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 3.2: In wie weit erfolgt die Anlagennutzung für den regulären Unterricht?

In keiner Schule erfolgt die Nutzung der Anlagen für alle Klassen, d.h. die Anlage ist in keinem Fall in den verpflichtenden Lehrplan der Schule integriert, sondern nur im fakultativen Teile. Nur in 7 von 35 Fällen erfolgt die Anlagennutzung für viele Klassen (wenn auch nicht für alle Klassen). In 15 Fällen werden die Anlagen zumindest für einige Klassen genutzt. Allerdings werden in 12 von 35 Fällen – und dies sind 34% – die Anlagen gar nicht genutzt. Auch an diesem Ergebnis zeigt sich, dass das pädagogische Potenzial der Anlagen nicht ausreichend genutzt wird.

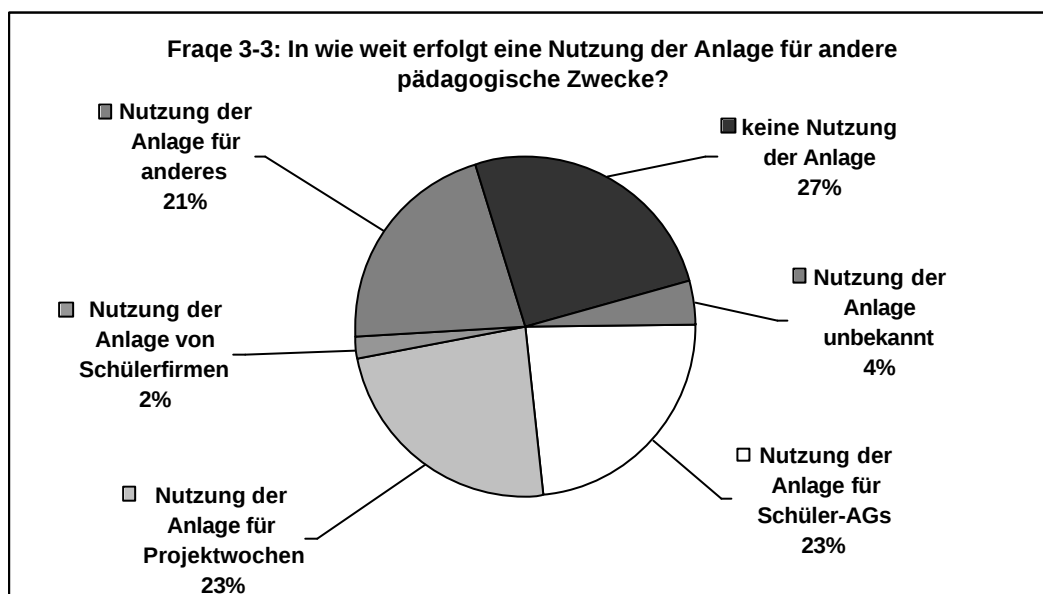
Abbildung 120: Frage 3.2 – „In wie weit erfolgt die Anlagennutzung für den regulären Unterricht?“.

Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 3.3: In wie weit erfolgt eine Nutzung der Anlage für andere pädagogische Zwecke?

Wie oben gezeigt, werden in 42% der Schulen die Daten für den Unterricht bzw. für den Unterricht und für Schüler-AGs verwendet. Bei ca. 46% findet entweder keine Datenauswertung bzw. nur eine Datenauswertung ohne Pädagogik statt. Die sich anschließende Frage bezog sich deshalb auf alternative Nutzungen der Technik. Hierbei zeigt sich, dass die Anlagen zumeist von Schüler-AGs oder für Projektwochen genutzt werden (22 von 47 Antworten). Bei 12 von 47 Antworten (27%) wurde jedoch „keine Nutzung“ der Anlage angekreuzt. Auch dies zeigt, dass die pädagogische Einbindung der Anlage nicht ausgeschöpft wird und an vielen Schulen verbessert werden kann, auch wenn diese von Schüler-AGs (23%), in Projektwochen (23%), von Schülerfirmen (2%) sowie für anderes (21%) genutzt wird.

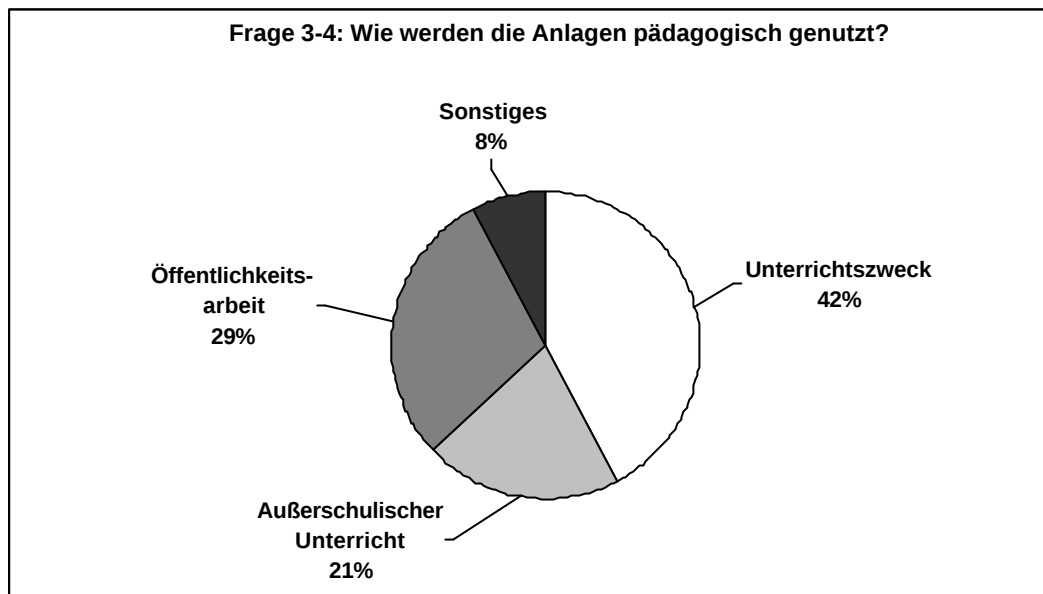
Abbildung 121: Frage 3.3 – „In wie weit erfolgt eine Nutzung der Anlage für andere pädagogische Zwecke?“.



Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 3.4: Wie werden die Anlagen pädagogisch genutzt?

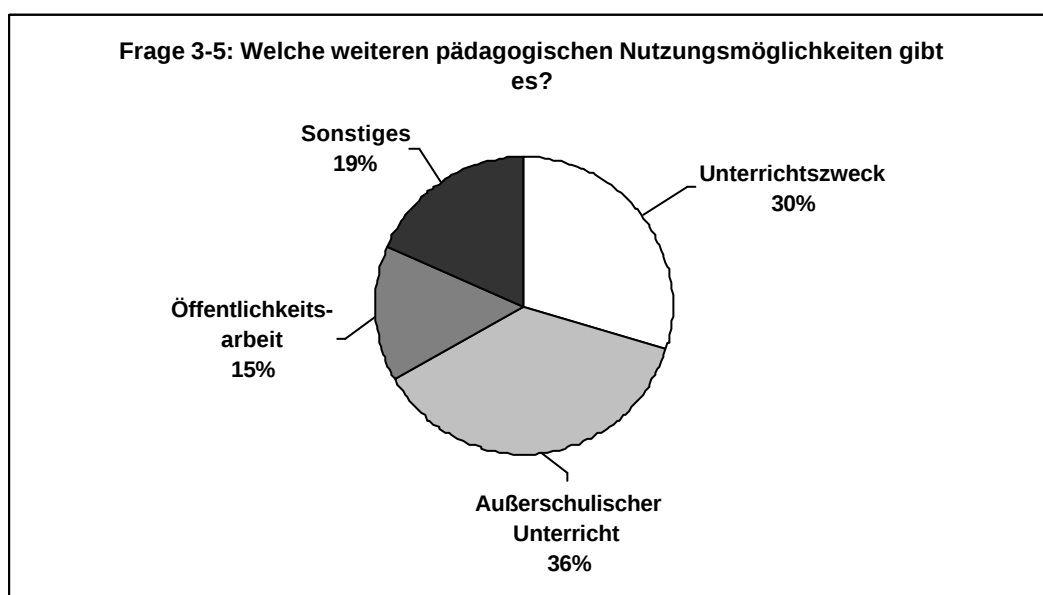
Die tatsächliche pädagogische Nutzung der Anlagen ist jedoch sehr vielfältig (Frage 3-4). Mehrheitlich wurde die Frage hierzu relativ konkret in Bezug zu dem Unterricht beantwortet (16 von 38 Antworten). Wie nicht anders zu erwarten, wird die Anlage vor allem im Physikunterricht bzw. in den Naturwissenschaften, Informatik sowie WAT (Werken-Arbeiten-Technik) verwendet. In Informatik geht es zumeist um die Messdatenerfassung bzw. die Tabellenkalkulation. In Physik und WAT wird die Anlage genutzt im Zusammenhang mit der Behandlung der Themen Energie, Strom und Fotovoltaik. Weitere einzelne Nennungen betreffen die Nutzung der Anlage für Referate oder Facharbeiten sowie für Präsentationsarbeiten. Mit 11 von 38 Antworten steht die „Öffentlichkeitsarbeit“ an zweiter Stelle. Hierbei dient die Anlage vor allem als Demonstrationsobjekt für erneuerbare Energien. An dritter Stelle mit 8 von 38 Antworten stehen Aktivitäten im außerschulischen Unterricht bzw. im Schulleben. Zumeist werden Projektstage oder Projektwochen genannt. Zweimal werden Beispiele für Schüler-AGs benannt. Einige Nennungen zielen auch auf die allgemeine Öffentlichkeitsarbeit hin.

Abbildung 122: Frage 3.4 – „Wie werden die Anlagen pädagogisch genutzt?“.

Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 3.5: Wie können die Anlagen noch genutzt werden?

Ähnliche Antworten wurden auch hinsichtlich der Frage, wie die Anlage noch genutzt werden kann gegeben. Zumeist wurden Nutzungsmöglichkeiten im Unterricht (8 von 27) benannt. Auch hier dominierte der naturwissenschaftliche Unterricht. Zum außerschulischen Unterricht kamen 10 Vorschläge (von 27). Auch hier wurden wiederum zumeist Projekte von AGs oder im projektbezogenen Unterricht genannt. Bei der Öffentlichkeitsarbeit kamen nur vier Vorschläge wie z.B. die Nutzung am „Tag der Erneuerbaren Energien“, auf einem Schulfest und im Internet. Weitere Nutzungsmöglichkeiten waren die Ausbildung von Schülerenergiesprechern und zur Darstellung der Energienutzung für die Kühlung.

Abbildung 123: Frage 3.5 – „Welche weiteren pädagogischen Nutzungsmöglichkeiten gibt es?“.

Quelle: Eigene Darstellung.

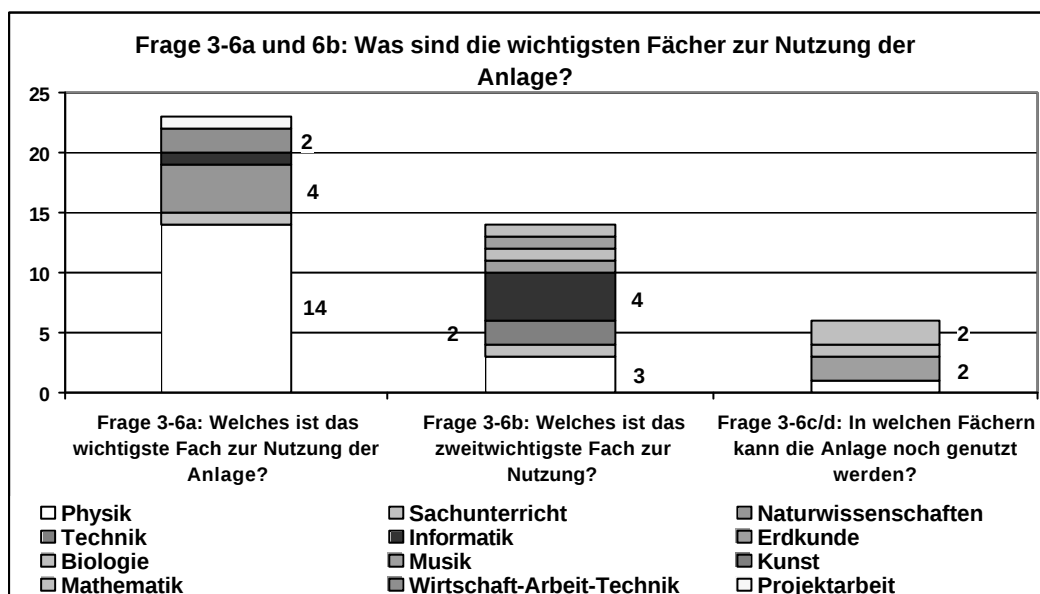
Fasst man alle tatsächlichen und die möglichen Nutzungen zusammen, die konkreter – d.h. nicht nur auf die Nennung auf Fächern, als Thema einer AG oder zu Demonstrationszwecken – auf die Nutzungen eingehen, so ergeben sich die folgenden Vorschläge:

- Unterrichtseinheit „Wie wird Strom erzeugt?“ (Klasse 4)
- Mathematik: Funktionsauswertung, Graphen, Matrizen
- Informatik – Tabellenkalkulation, Messdatenerfassung und Auswertung
- Datenauswertung und -diskussion in verschiedenen Fächern
- für Referate und Facharbeiten sowie Freiarbeiten in der Grundschule
- Spanisch-Englisch: Übersetzungen
- Projektarbeit z.B. für Präsentationsprüfungen
- Gewinnung von Daten für naturwissenschaftlichen Unterricht
- Aufbau von Fotovoltaik-Zellen
- Aufhänger zum Thema EE
- spielerisches zur Solarenergie
- Entwicklung von Unterrichtsmodulen für Lehrerfortbildung, Lehrerfortbildung
- Verantwortung als Kompetenz
- Energienutzung für Kühlzwecke
- Anreiz um Energie zu sparen
- betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte vermitteln
- als Hintergrund für die Solarbar auf dem Schuldach
- für Bürger als Anschauungsobjekt
- zum Schulfest (Publicity)
- Führungen für in- und ausländische Besuchergruppen
- Praktische Darstellung von Energiealternativen
- Darstellung beim "Tag der Erneuerbaren Energien"
- Interesse wecken an regenerativer Energie
- Demonstration für die Schulanfänger
- Darstellung im www.solarschulen.net
- Realobjekt als Vorbild für eigene Modellexperimente mit Fotovoltaik
- lebensnahes praktisches Beispiel für regenerative Energien; Demonstration der Vor- und Nachteile
- Poster mit Daten für 2005
- Mofa AG
- Freiarbeit (Oberschule): Datenmessung
- Referenzanlage für Solarthermie sowohl theoretisch als praktisches Anschauungsobjekt
- Teil der Ausbildung zum Schülerenergiesprecher
- bei besserer Dokumentationsmöglichkeit Nachweis von diversen Einflussfaktoren auf den Energieertrag
- Sensibilisierung für EE

Frage 3.6: Was sind die wichtigsten Fächer der Nutzung der Anlage bzw. welche Fächer können noch genutzt werden?

In einer weiteren Frage in diesem Themenkomplex wurde nach dem Fachbezug der Nutzung der Anlage gefragt (Frage 3-6). Das wichtigste Fach zur Nutzung der Anlage ist der Physikunterricht (14 von 23 Antworten) bzw. der naturwissenschaftliche Unterricht (4 von 23 Antworten). Sachunterricht, WAT, Informatik sowie Projektarbeit wurden insgesamt 5 mal genannt. Bei der zweitwichtigsten Nutzung wurden vor allem Informatik (4 von 14 Antworten) und Physik (3 mal) benannt. Hierin zeigt sich ein allbekanntes Dilemma der Behandlung der Erneuerbaren Energien am Beispiel der Fotovoltaik: Sie sind vor allem ein technisches und naturwissenschaftliches Thema. Andere Fächer wie Erdkunde, Biologie, Musik, Kunst und Musik werden hiervon kaum berührt bzw. nur selten benannt.

Abbildung 124: Fragen 3.6a und 6b – „Was sind die wichtigsten Fächer zur Nutzung der Anlage?“.

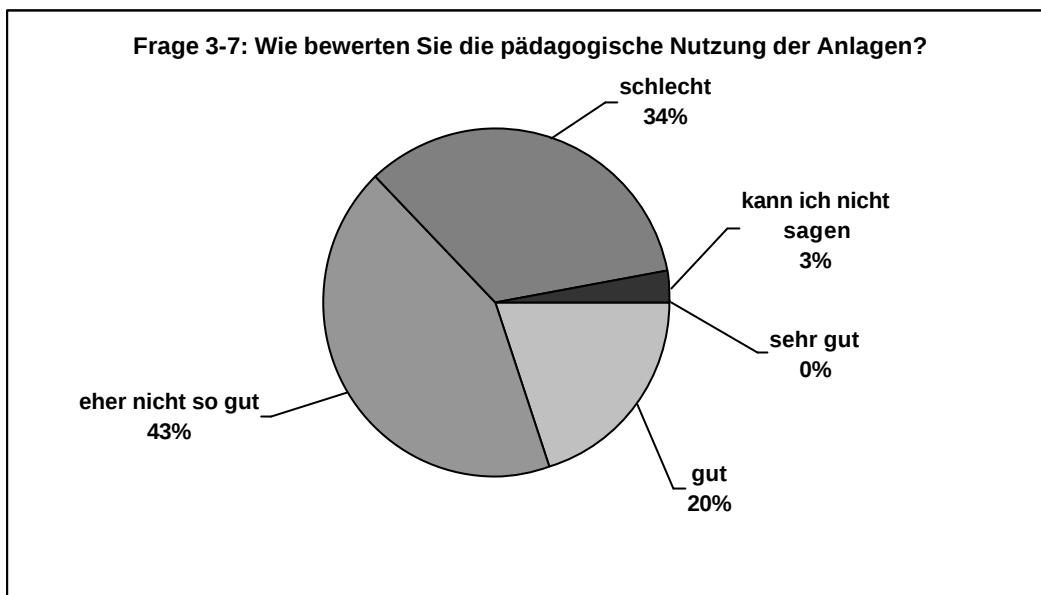


Quelle: Eigene Darstellung.

Betrachtet man die tatsächliche Nutzung bzw. die vorgeschlagenen Nutzungen, so dominiert Physik mit 41% der Antworten (18 von 43 Antworten). An zweiter Stelle steht die Informatik mit 12%, an dritter Stelle das Fach Technik (10%) und an vierter Stelle die Naturwissenschaften (9%). Dass die Anlage in Erdkunde und Mathematik nutzbar ist, beantworteten jeweils 7% der Befragten. Alle anderen Fächer (Biologie, Sachunterricht, Musik) wurden nur ausnahmsweise benannt.

Frage 3.7: Wie bewerten sie die pädagogische Nutzung der Anlage?

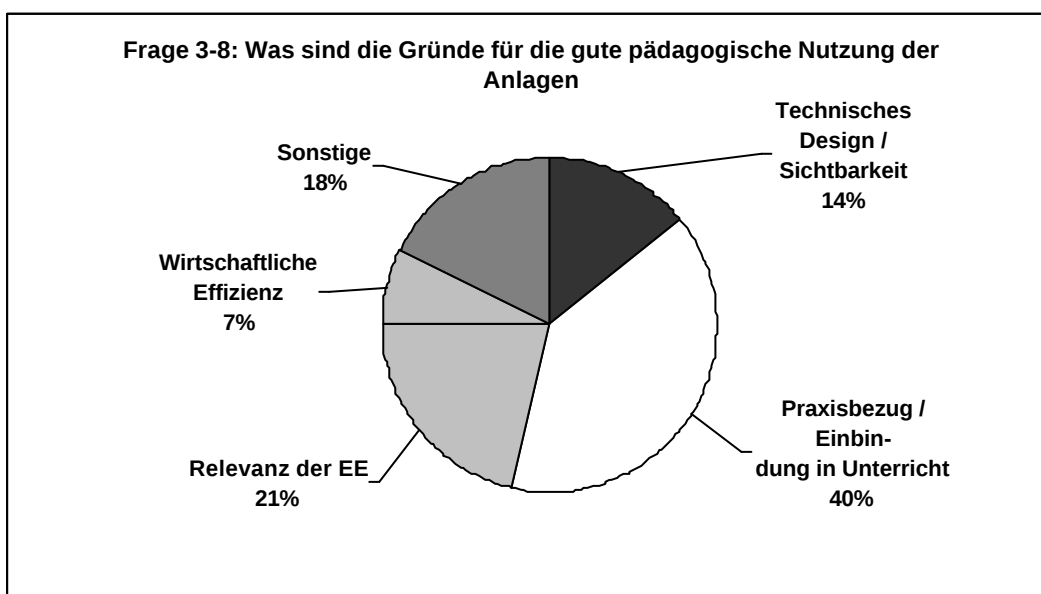
Weiterhin wurde nach den verwendeten Materialien für die pädagogische Nutzung der Anlage gefragt. Der pädagogische Nutzen der Anlage wird von den Schulen als eher schlecht empfunden. 27 von 35 Schulen bewerteten die pädagogische Nutzung als eher nicht so gut oder als schlecht. Nur 7 von 35 bewerteten sie als gut. Dieses Ergebnis drückt deutlich die Unzufriedenheit der Schulen aus.

Abbildung 125: Frage 3.7 – „Wie bewerten Sie die pädagogische Nutzung der Anlagen?“.

Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 3.8: Was sind die Gründe für eine gute pädagogische Nutzung?

Auf die Frage nach den Gründen für die gute pädagogische Nutzung der Anlage (Frage 3-8) wurden zumeist ganz praktische Dinge benannt (insgesamt 28 Nennungen). Als Hauptgründe wurden der Praxisbezug der Anlage (5) und in diesem Zusammenhang die Einbeziehung in den Unterricht (6) genannt. Mit 21% wurde die Relevanz der EE betont (6). Weitere Gründe lassen sich unter den Schlagwörtern Technisches Design bzw. Sichtbarkeit zusammenfassen. Hierbei wurden als Gründe das Info-Display (2) oder die Sichtbarkeit der Anlage (2) genannt. Auch die wirtschaftlichen Aspekte (Energieeinsparprogramm) wurden 2 mal genannt. Sechs weitere Gründe ließen sich jedoch nicht in Zusammenhang mit der Frage bringen.

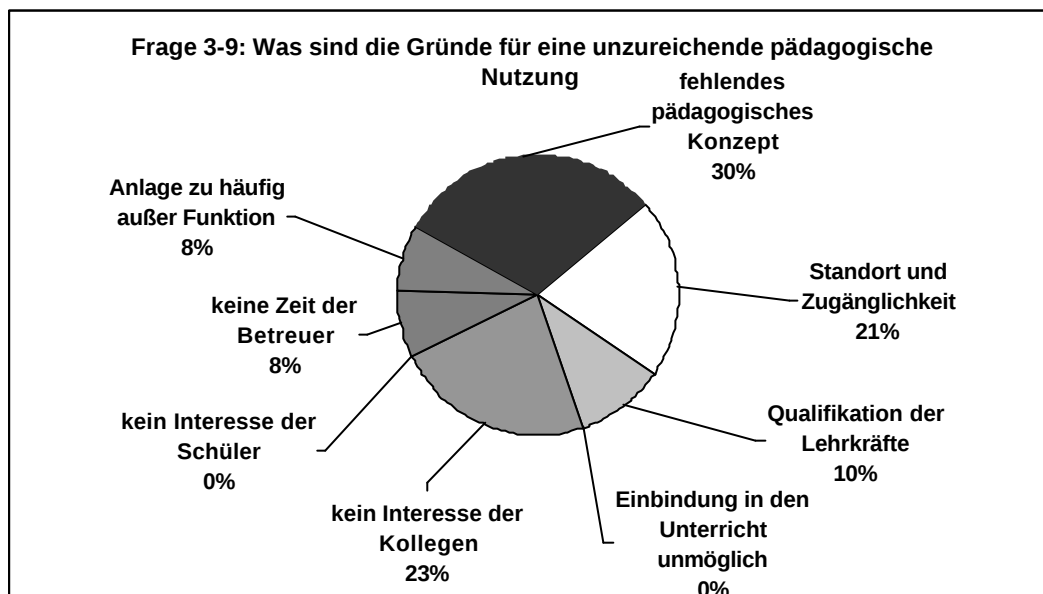
Abb. 126: Frage 3.8 – „Was sind die Gründe für die gute pädagogische Nutzung der Anlagen?“

Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 3.9: Was sind die Gründe für eine unzureichende pädagogische Nutzung? / Frage 3.10 Gibt es weitere Gründe für die unzureichend pädagogische Nutzung?

Wie oben dargestellt, wird die Nutzung der Anlage zumeist als unzureichend angesehen. Die Ursachen dieser Bewertung liegen vor allem in dem fehlenden pädagogischen Konzept (12 von 39 Antworten) und dem Desinteresse der KollegInnen (9 Antworten). Technisch-bauliche Ursachen werden 8 mal (schlechter Standort / keine Zugänglichkeit) bzw. 3 mal (zu häufig defekt) benannt. Weitere Defizite sind die Qualifikation und der Zeitmangel der Betreuer (7 mal). In der dazugehörigen offenen Frage 3-10 wurden als weitere Gründe noch technische Defizite (2 mal fehlendes Display,) sowie das unzureichende Zeitbudget der Betreuer benannt (2 mal).

Abbildung 127: Frage 3.9 – „Was sind die Gründe für eine unzureichende pädagogische Nutzung?“.

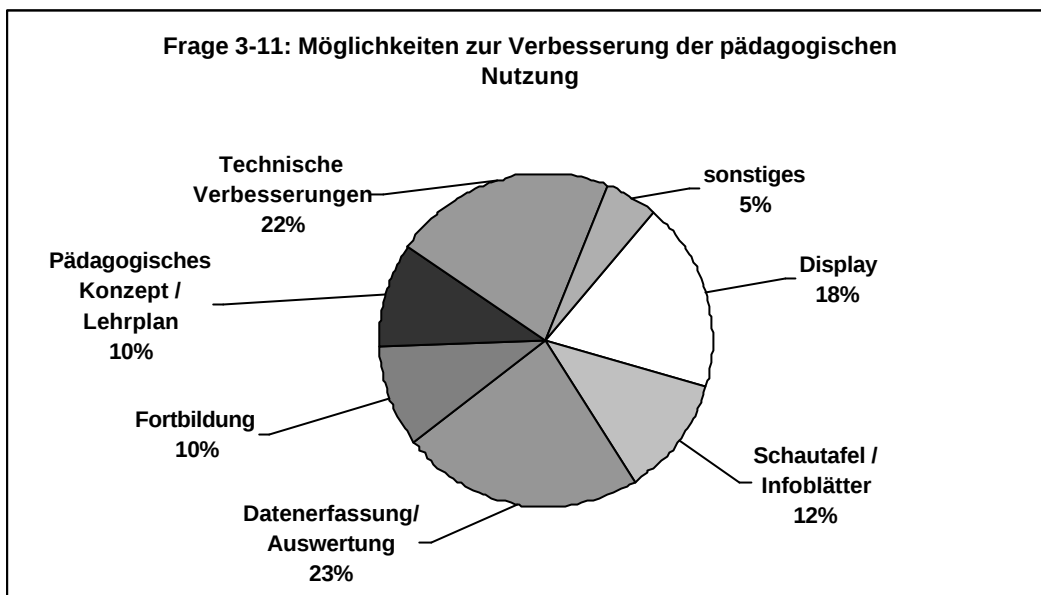


Quelle: Eigene Darstellung.

Weitere Gründe wurden nur selten benannt. Hierbei wurde jedoch vor allem das fehlende Display (3 mal) sowie das Desinteresse bzw. der Zeitmangel des Personal benannt (5 mal).

Frage 3.11: Was müsste man tun, um die Anlage besser nutzen zu können?

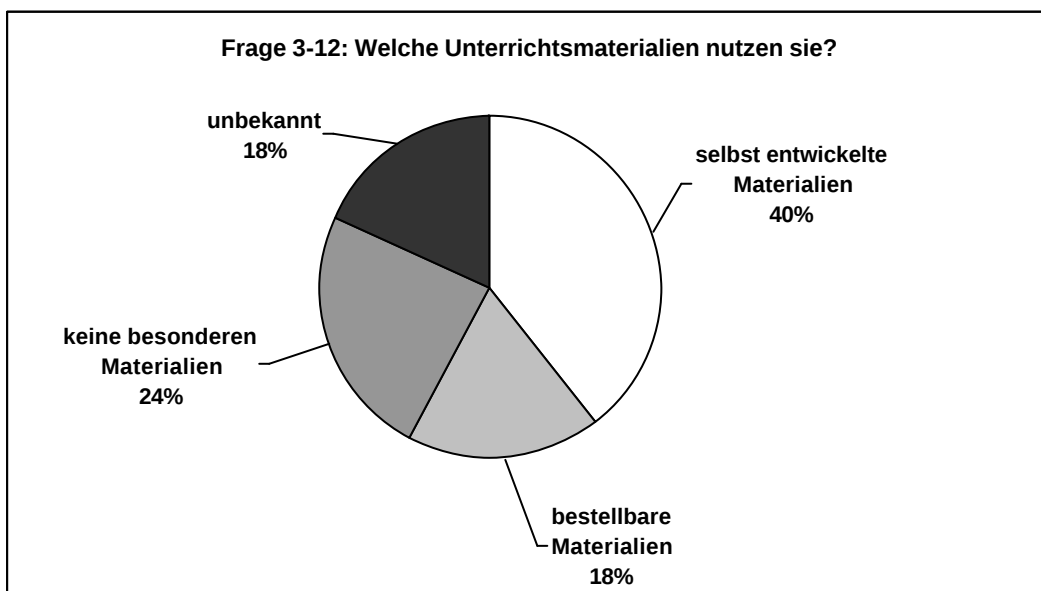
Die Frage nach den Möglichkeiten der Verbesserung der pädagogischen Nutzung war als offene Frage gestaltet, zeigt aber deutlich, dass sich die verschiedenen Schulen eine Verbesserung der Nutzung durch eine Vielzahl von Maßnahmen wünschen. Hierbei wurden vor allem technische Verbesserungen 24 von 60 mal benannt (Display und andere technische Verbesserungen) sowie Verbesserung der Datenerfassung und Auswertung (7 Antworten). Eine verbesserte Nutzung der Anlage durch Fortbildungen oder pädagogische Konzepte wurde nur 12 mal benannt. Immerhin siebenmal könnte eine Verbesserung erreicht werden, wenn die öffentliche Wirkung durch Schautafeln oder Infoblätter verbessert werden würde (7 von 60). Diese Antworten enthalten allerdings einen Widerspruch zur Frage 3.9, bei der als wesentliche Ursachen das fehlende pädagogische Konzept bzw. die Qualifikation der Lehrkräfte benannt wurden (ca. 40%). Bei den Antworten zur Frage 3.11 werden diese jedoch nur im geringeren Umfange benannt als Verbesserungsmöglichkeit.

Abbildung 128: Frage 3.11 – „Möglichkeiten zur Verbesserung der pädagogischen Nutzung“.

Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 3.12: Welche Unterrichtsmaterialien nutzen sie?

Die Mehrheit der Befragten (15 von 38 Antworten) nutzt selbst entwickelte Materialien. Nur 7 greifen auf bestellbare Materialien zurück. Neun Schulen benutzen keine besonderen Materialien und weitere sieben wählten die Antwortkategorie „unbekannt“.

Abbildung 129: Frage 3.12 – „Welche Unterrichtsmaterialien nutzen Sie?“.

Quelle: Eigene Darstellung.

Ziel und Hemmnisse bei der Errichtung der Anlage

Der vierte Fragenkomplex umfasste Fragen zu den Zielen und Hemmnissen bei der Errichtung der Anlage. Zunächst wurde nach den Zielen der Errichtung mit geschlossenen Fragen gefragt. Hierbei

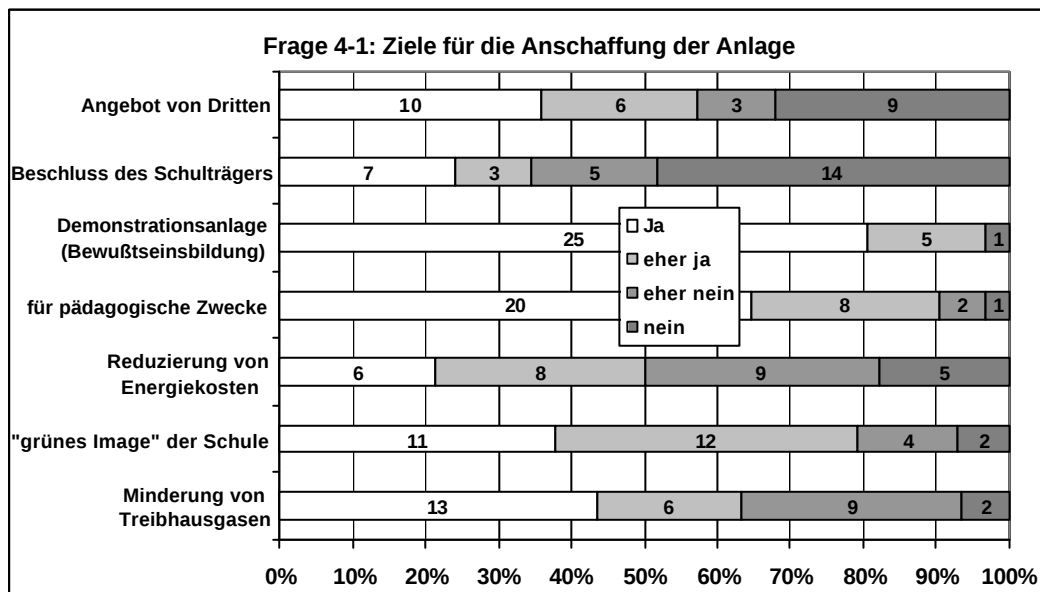
konnten die Teilnehmer ein Skalierung vornehmen. Um eine Tendenz zur Mitte zu vermeiden, wurden vier Wertigkeiten zur Auswahl gestellt.

Frage 4.1: Welche Ziele haben sie mit der Anschaffung der Anlage verfolgt? / Frage 4.2: Welche Ziele haben sie noch mit der Anschaffung der Anlage verfolgt?

In der Frage 4.1 wurden Antworten zu den möglichen Zielen der Anschaffung der Anlage vorgegeben. Ergänzt wurde dies durch die Frage 4.1, bei der weitere Ziele genannt werden konnten (offene Frage).

Das wichtigste Ziel war die Beschaffung einer Demonstrationsanlage, welches 30 mal mit „ja“ oder „eher ja“ benannt wurde. Die Zustimmung liegt somit bei mehr als 95%. Dieser Wert stimmt mit den Antworten von Frage 3.4 überein, wobei die Anlagen vielfach für der Demonstration und für den Unterricht benutzt werden. Das zweitwichtigste Ziel der Anschaffung war die Nutzung für pädagogische Zwecke mit einer Zustimmung von 90%. Dieser Wert zeigt jedoch auch das Auseinanderfallen von den Zielen der Beschaffung und der tatsächlichen Bewertung der Nutzung. In den Fragen 3.8 bis 3.10 wurde nach den Gründen für die gute bzw. unzureichende Nutzung gefragt. Hierbei waren es vor allem der fehlende Unterrichtszug der Anlage, das Desinteresse der KollegInnen oder die mangelnde Qualifikation (s.o.). Mit anderen Worten: Dieses Ziel konnte in der Praxis nicht erreicht werden. An dritter Stelle mit ca. 80 % Zustimmung steht das „grüne Image“ der Schule. Die Ziele „Minderung der Treibhausgasemissionen“ und „Energieeinsparung“ wurden mit ca. 63% bzw. 50 % als zutreffend bewertet. Ca. 60 % benannten die Angebote von Dritten und ca. ein Drittel den Beschluss des Schulträgers als Grund für die Errichtung der Anlage.⁶

Abbildung 130: Frage 4.1 – „Ziele für die Anschaffung der Anlage“.



Quelle: Eigene Darstellung.

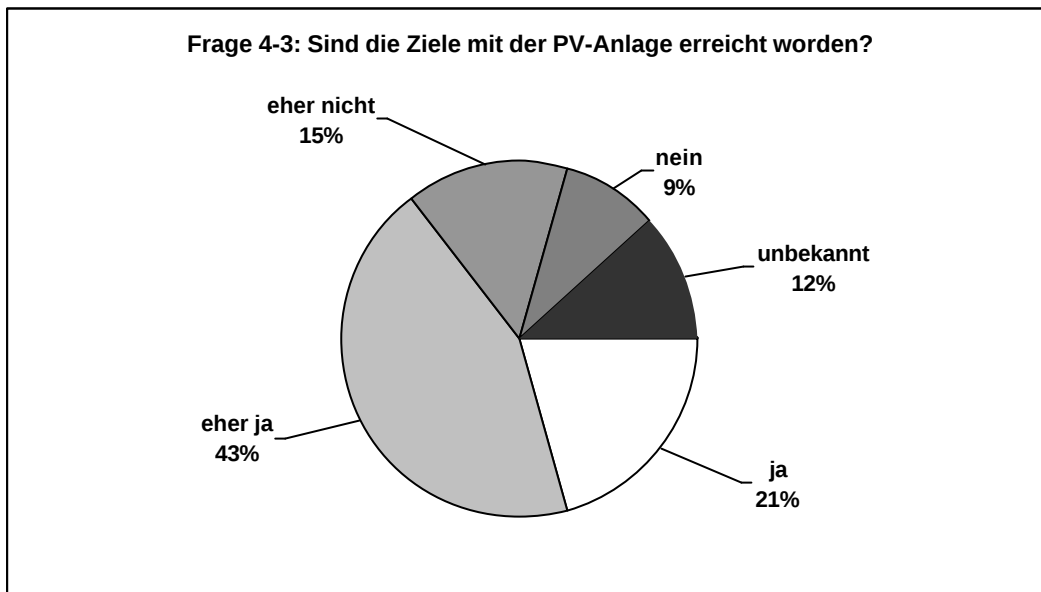
In der offenen Frage 4.2 nach weiteren Zielen für die Anschaffung wurden weitere Ziele erfragt. Hierbei wurden jedoch nur neun Antworten gegeben. Zweimal wurde hierbei die Finanzierung von Umwelt- bzw. Energieprojekten genannt. Andere Gründe waren die Ausgestaltung als Öko-Auditschule, die Gründung einer GbR bzw. die Initiative eines Fördervereins und die Vorbildfunktion.

⁶ Die offene Frage 4-2 nach weiteren Zielen erbrachte keine weiteren Ergebnisse.

Frage 4.3: Sind die Ziele erreicht worden?

In der Frage 4.3 wurden die Beteiligten gefragt, ob die Ziele erreicht worden sind. Die Selbsteinschätzung ergab, dass ca. zwei Drittel der Auffassung sind, dass die Ziele ganz oder zum großen Teil erreicht worden sind (22 von 34 Antworten). Nur ein kleiner Teil (8 von 34) meint, dass die Ziele eher nicht oder nicht erreicht wurden.

Abbildung 131: Frage 4.3 – „Sind die Ziele mit der PV-Anlage erreicht worden?“.



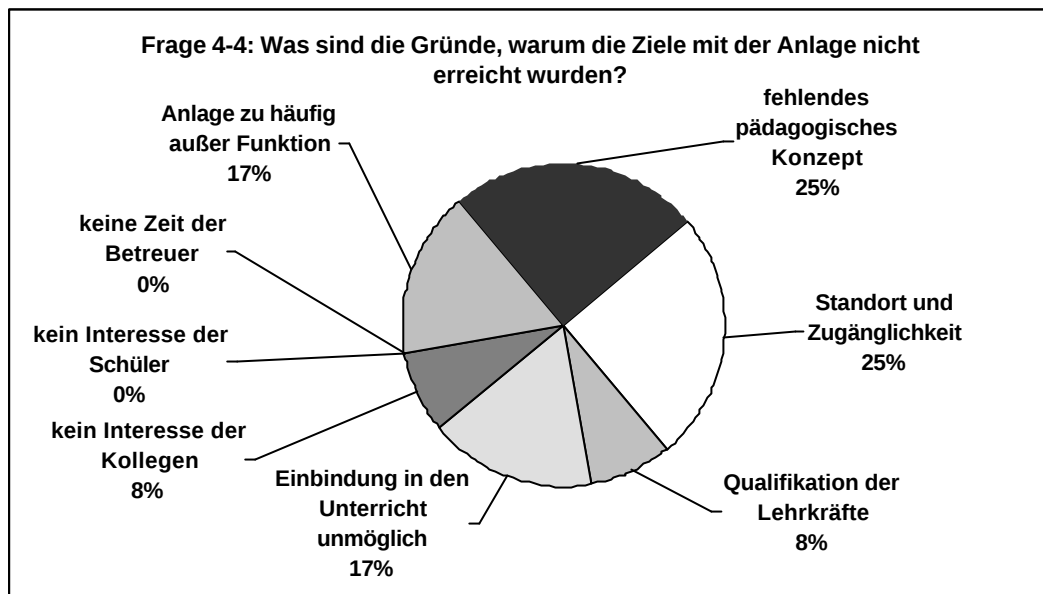
Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 4.4: Was sind die Gründe, warum die Ziele mit der Anlage nicht erreicht wurden?**Frage 4.4: Was sind weitere Gründe, warum die Ziele mit der Anlage nicht erreicht wurden?**

In der nachfolgenden Frage 4.4 wurden dann auch die Gründe für die Nicht-Erreichung der Ziele bzw. für Hemmnisse erfragt. Allerdings wurde diese Frage nur 14 mal beantwortet, was aber im Einklang mit den Fragen 4.1 und 4.3 steht, da dort zumeist die Erreichung der Ziele benannt wurden. Dreimal wurden bauliche Gründe und dreimal das fehlende pädagogische Konzept benannt.⁷

⁷ Die offene Frage 4-5 nach weiteren Zielen erbrachte keine weiteren Ergebnisse.

Abbildung 132: Frage 4.4 – „Was sind die Gründe, warum die Ziele der Anlage nicht erreicht wurden?“



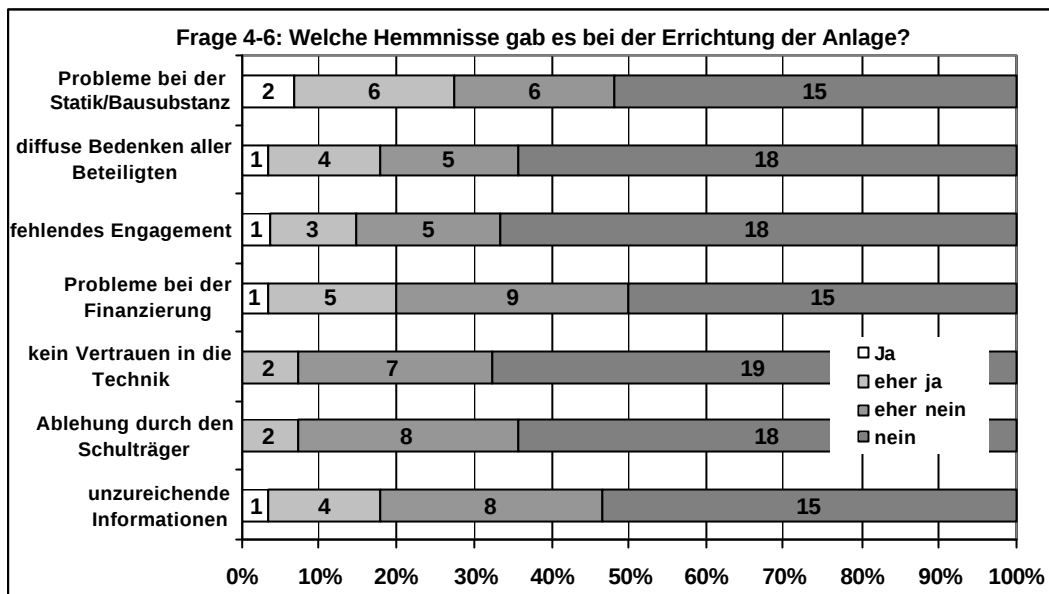
Quelle: Eigene Darstellung.

In der offenen Frage 4.5 wurde nach weiteren Gründen gefragt. Hierbei gab es nur 9 Nennungen. Dreimal wurden technische Defizite benannt (Display, PC-Anbindung, Anlagendefekt) und zweimal die Zeitknappheit des Personal. Weitere zweimal wurde der Beginn der Nutzung der Anlage als Hemmnis genannt.

Frage 4.6: Welche Hemmnisse gab es bei der Errichtung der Anlage?

In der Frage 4.6 wurde noch einmal explizit nach den Hemmnissen gefragt. Überraschend ist hierbei, dass die sieben vorgegebenen Hemmnisse eher nicht oder nicht zutreffend waren. Das wichtigste Problem umfasste die Bausubstanz bzw. die Statik, welches immerhin zu ca. 28 % (8 von 29 Antworten) angegeben wurde. Mit ca. 20 % wurden Probleme bei der Finanzierung bzw. unzureichende Informationen für die Errichtung der Anlage benannt. 15 % der Befragten äußerten, dass ein fehlendes Engagement ein Problem gewesen wäre. In einer offenen Frage 4.7 nach weiteren Gründen wurde dreimal die Finanzierung als Hemmnis angegeben.

Abbildung 133: Frage 4.6 – „Welche Hemmnisse gab es bei der Errichtung der Anlage?“.



Quelle: Eigene Darstellung.

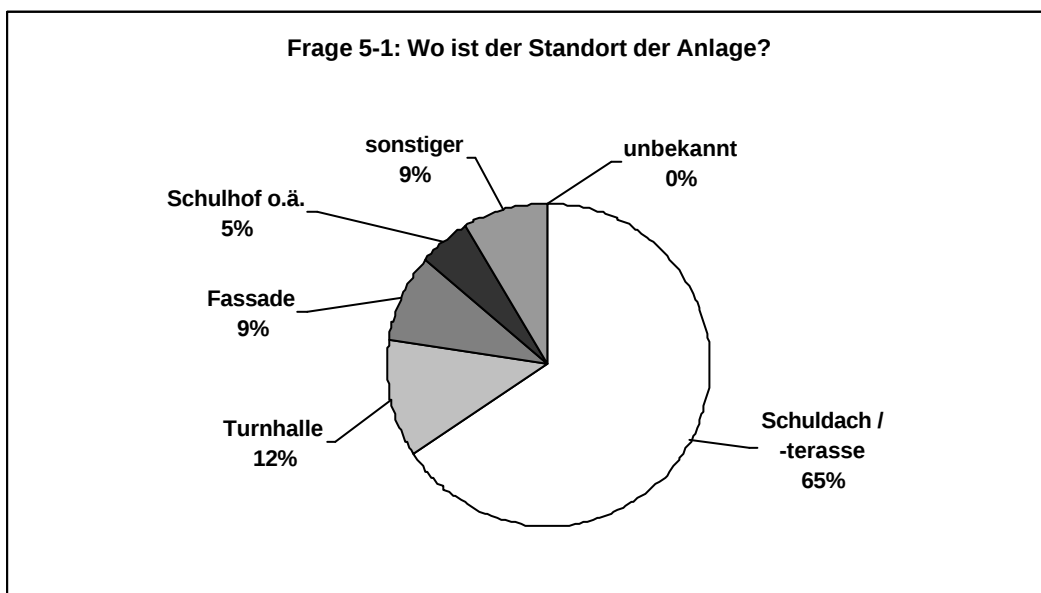
Beschreibung der Anlage

Im fünften Fragekomplex wurde eine Beschreibung der Fotovoltaik-Anlage erfragt.

Frage 5.1: Wo ist der Standort der Anlage?

Die überwiegende Mehrzahl der Anlagen (45 von 58) wurden auf dem Schuldach oder eine Dachterrasse installiert bzw. auf dem Turnhallendach. Fassadenanlagen sind relativ selten mit 7 Anlagen genauso wie freistehende Anlagen auf dem Schulhof (3 Anlagen).

Abbildung 134: Frage 5.1 – „Wo ist der Standort der Anlage?“.

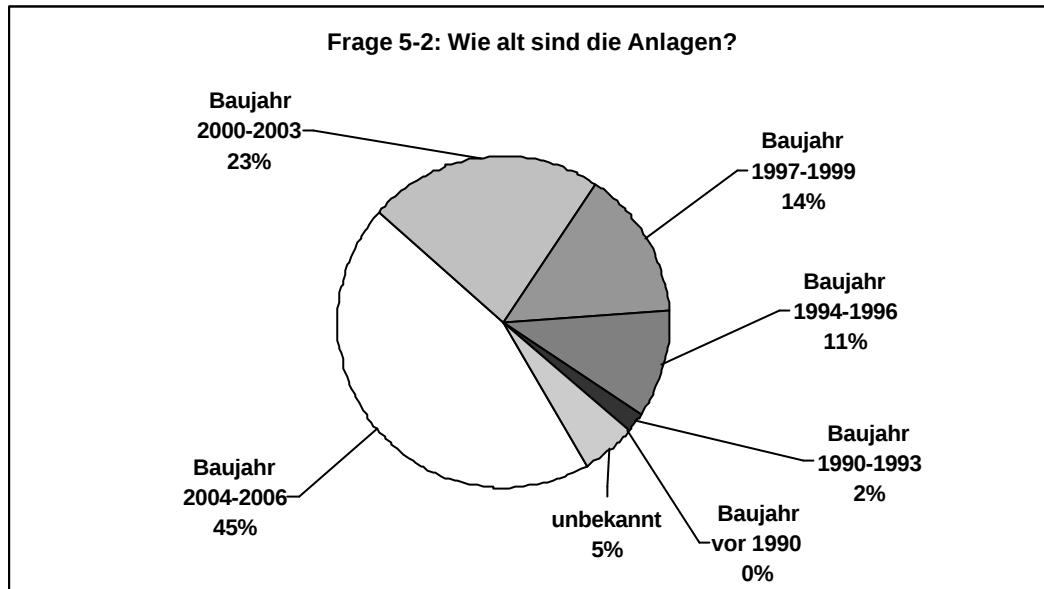


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 5.2: Wie alt sind die Anlagen?

Der größte Teil der Anlagen wurde zwischen 2004 und 2006 installiert (25 von 56 Anlagen) bzw. in den Jahren 2000 bis 2003 (13 Anlagen). Fünfzehn Anlagen wurden vor 2000 installiert.

Abbildung 135: Frage 5.2 – „Wie alt sind die Anlagen?“.

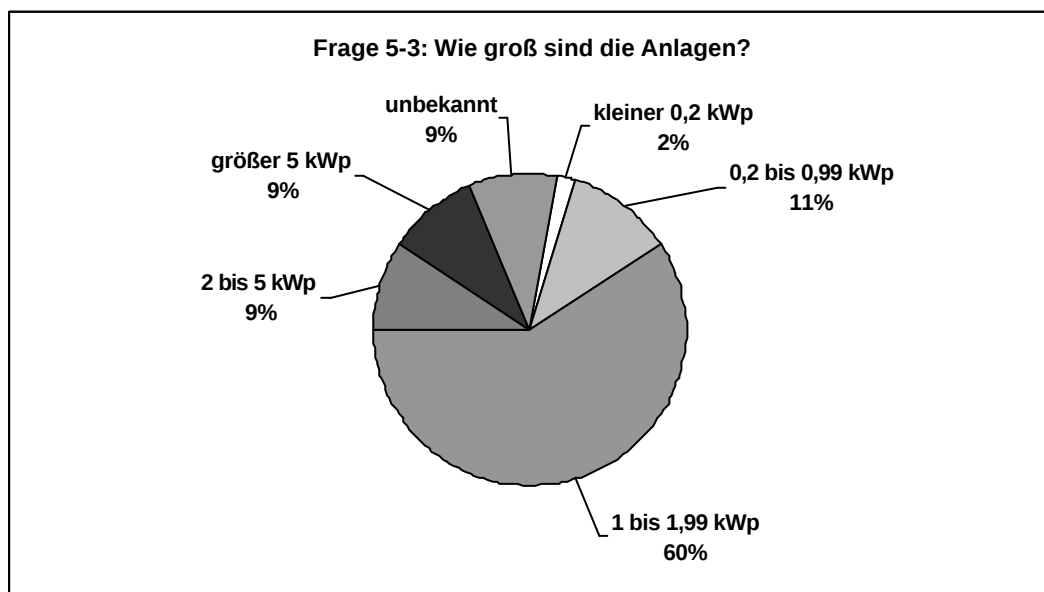


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 5.3: Wie groß sind die Anlagen?

Die überwiegende Mehrheit der Anlagen (32 von 54 Anlagen) hat eine Leistung von 1 bis 2 kWp. Immerhin 10 Anlagen haben eine darüber hinausgehende Leistung.

Abbildung 136: Frage 5.3 – „Wie groß sind die Anlagen?“.

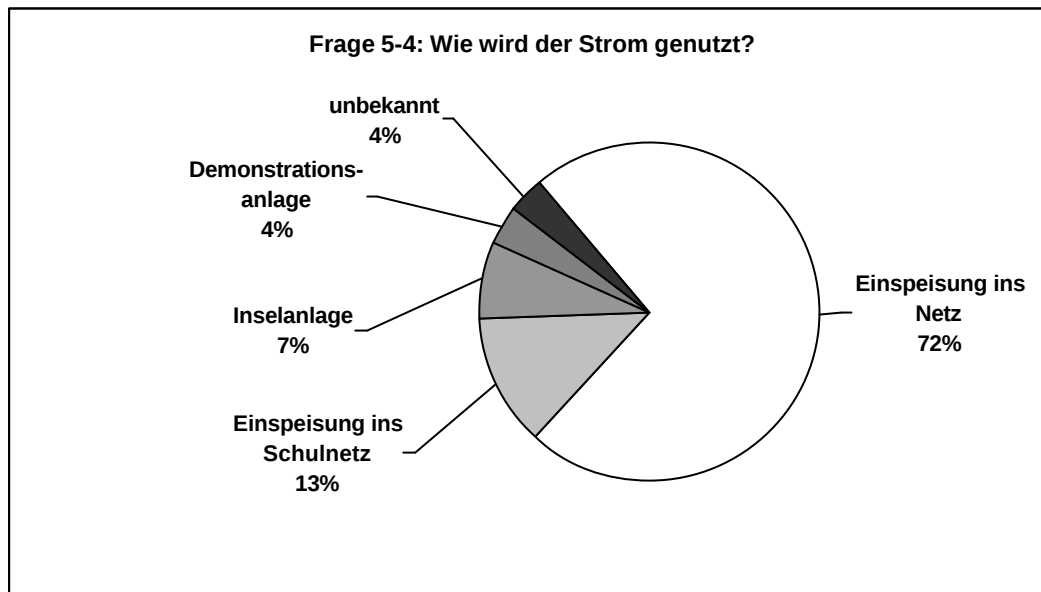


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 5.4: Wie wird der Strom genutzt?

Die Mehrzahl der Anlagen (40 von 55) nutzen die Stromeinspeisung in das öffentliche Netz und erhalten demzufolge eine Einspeisevergütung. 13 Anlagen dienen eigentlich vor allem der Demonstration, da sie entweder nur in das Schulnetz kostenfrei einspeisen oder als Insel- bzw. Demonstrationsanlage ausgelegt sind.

Abbildung 137: Frage 5.4 – „Wie wird der Strom genutzt?“.

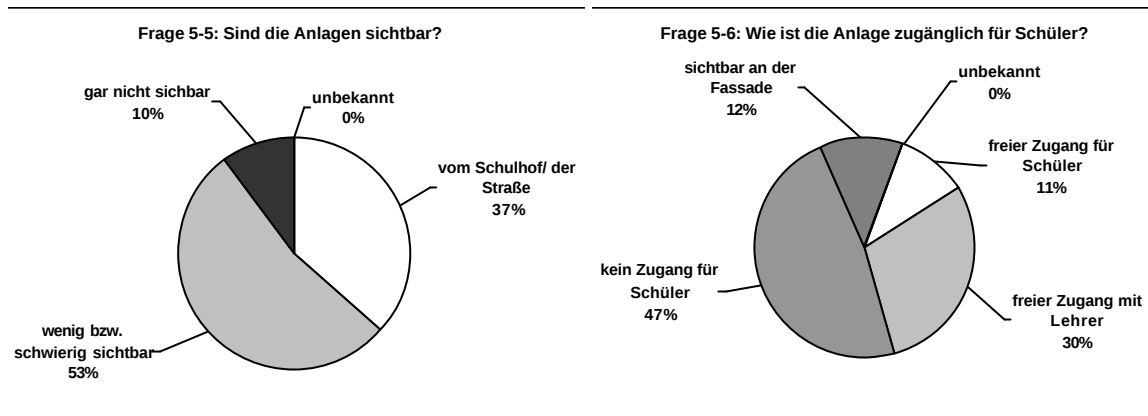


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 5.5: Wie sind die Anlagen sichtbar?**Frage 5.6: Wie ist die Anlage zugänglich für Schüler?**

Die Sichtbarkeit der Anlagen lässt sehr zu wünschen übrig. Nur bei 18 Anlagen sind diese vom Schulhof oder der Straße aus sichtbar. 31 mal ist die Anlage gar nicht oder nur schwierig sichtbar. Trotz dieser Beschränkungen haben die Schulen einen Weg gefunden, dass die meisten Anlagen irgendwie zugänglich sind. Das ist wichtig, weil es eine Voraussetzung für die Integration der Anlage in pädagogische Konzepte ist („Anlage zum Anfassen“). In sechs Fällen ist die Anlage frei zugänglich und in 17 von 57 Fällen ist die Anlage mit den Lehrkräften zugänglich. Bei fast der Hälfte der Anlagen (27 von 57) besteht keine Zugänglichkeit.

Abbildung 138: Fragen 5.5 und 5.6 – „Sind die Anlagen sichtbar?“ und „Wie ist die Anlage zugänglich für die Schüler?“.

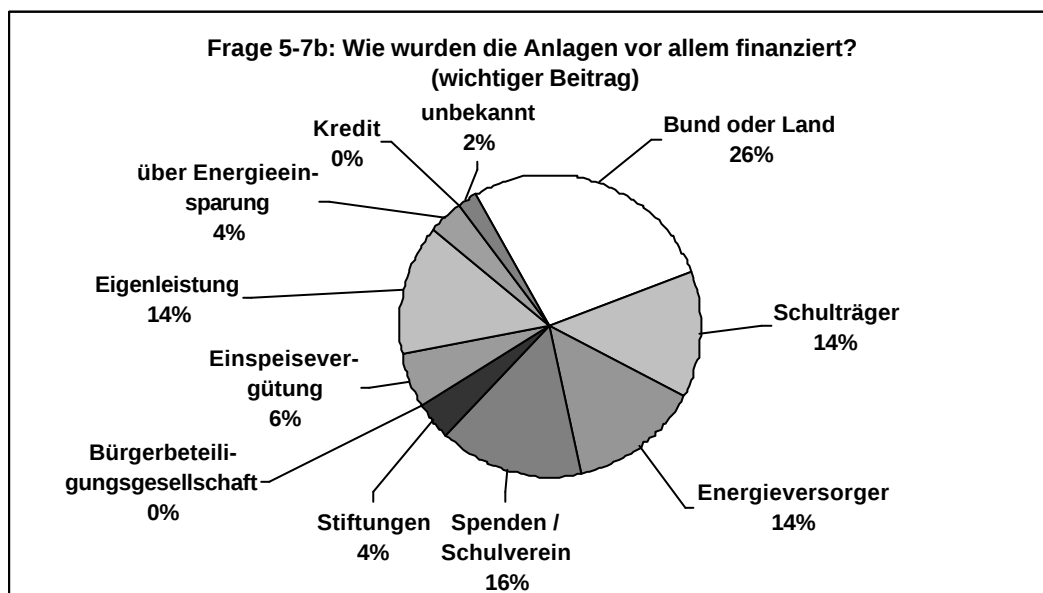


Quelle: Eigene Darstellung.

Frage 5.7: Wie wurden die Anlagen vor allem finanziert?

Die letzten Fragen in diesem Komplex betrafen die Finanzierung der Anlagen hinsichtlich des wichtigsten und des zweitwichtigsten Beitrages. Der wichtigste Beitrag stammt zumeist vom Schulträger (28 von 58 Antworten). Interessanterweise ist bei 18 von 58 Antworten der Energieversorger derjenige gewesen, der den wichtigsten Beitrag geleistet hat. Dies korrespondiert allerdings mit den zahlreichen Programmen der Energieversorger zur Verbreitung von PV-Anlagen für Schulen. Zusammen leisteten diese beiden für ca. 80% der Anlagen die größten Finanzierungsbeiträge.

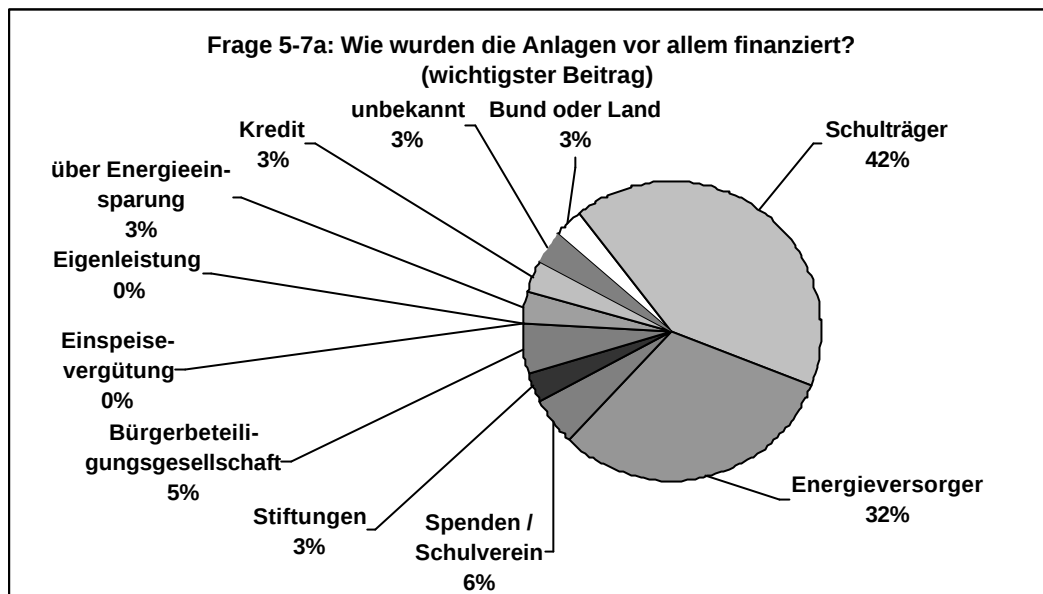
Abbildung 139: Frage 5.7b – „Wie wurden die Anlagen vor allem finanziert? (wichtiger Beitrag)“.



Quelle: Eigene Darstellung.

Bei der Co-Finanzierung ist besonders der Bund oder das Land wichtig, da 14 mal (von 51 Antworten) diese als Finanzier des nächstwichtigsten Beitrages genannt wurden. Weiterhin waren der Schulträger und/oder der Energieversorger wiederum derjenige, der den zweitwichtigsten Beitrag geleistet hat (je 7 von 51 Antworten). Zwei weitere nennenswerte Finanzierungsquellen waren Spenden oder Schulvereine (8 von 51) sowie die Eigenleistung (7 von 51).

Abbildung 140: Frage 5.7a – „Wie wurden die Anlagen vor allem finanziert? (wichtigster Beitrag)“.



Quelle: Eigene Darstellung.

5.3 Fazit

Bei der Mehrheit der Schulen (n=33 von 49 Schulen, Frage 1.4) ist der Schulträger der Eigentümer der Anlage. Als Alternative zur Schulträgerschaft sind eigentlich nur Träger- oder Fördervereine nennenswert repräsentiert mit n=8. Wie nicht anders zu erwarten, haben die meisten Schulen nur eine Anlage (41 von 49 Schulen, Frage 1.5). Interessant ist jedoch, dass bei den Schulen, die mehr als eine Anlage haben, die Schulträger als Eigentümer prozentual unterrepräsentiert sind. Bei vier Schulen mit mehr als einer Anlage sind fünfmal die Eigentümer Träger- und Fördervereine bzw. eine Schülerfirma und nur bei dreien sind es die Schulträger selber. Dieses Indiz könnte dafür sprechen, dass alternative Eigentumsformen als durch den Schulträger eher dazu tendieren, die Fotovoltaik kontinuierlich auszubauen. Die Anlagen sind zumeist als Dachanlagen konstruiert (Frage 5.1) und stammen überwiegend aus den Jahren 2000 bis 2006 (Frage 5.2). Die häufigste Anlagengröße liegt zwischen 1 und 2 kWp (Frage 5.3). Zumeist erfolgt eine Einspeisung in das Stromnetz der regionalen Versorger (Frage 5.4). Aufgrund der baulichen Gegebenheiten sind die Anlagen meist nicht- bzw. schwierig sichtbar (Frage 5.5), aber ein größerer Teil der Anlagen ist dennoch frei bzw. mit Lehrkräften für die Schüler zugänglich (23 von 47, Frage 5.6). Die Finanzierung der Anlagen erfolgte vor allem durch den Schulträger oder den regionalen Energieversorger (46 von 58 Antworten, Frage 5.7a). Weitere wesentliche Beiträge stammen vom Bund oder Land (14 von 51 Antworten, Frage 5.7b) und dem Schulträger oder Energieversorger (je 7 mal). Zwei weitere nennenswerte Finanzierungsquellen waren Spenden oder Schulvereine (8 von 51) sowie die Eigenleistung (7 von 51).

Die technische Ausstattung rund um die Anlage ist bei den meisten Schulen verbesserungsbedürftig (Fragen 2.1 bis 2.5). Bei vielen Schulen fehlen Displays, Schautafeln und andere Informationsangebote. Auch die Datenerfassung ist defizitär, vielfach fehlt die Software. Gerade diese ist wichtig, um den Schülern im Unterricht praxisnahes Material zur Verfügung zu stellen.

Positiv zu bewerten ist, dass die technische Betreuung zumeist sichergestellt ist, auch wenn Lehrkräfte meistens dafür verantwortlich sind (Frage 2.8). Bei der pädagogischen Betreuung hingegen sind Defizite erkennbar, auch wenn meist zumindest ein Fachlehrer zuständig ist (Frage 2.10). Bei 10 von

35 Antworten ist jedoch niemand zuständig bzw. es ist unbekannt, wer zuständig ist. Wenn man bedenkt, dass sich an der Befragung überwiegend aktive oder sehr aktive Schulen beteiligt haben, bedeutet dies, dass die pädagogische Betreuung der Anlagen eines der zentralen Defizite ist. Nur ein geringer Anteil der fachlich pädagogischen Betreuer haben Qualifizierungsmaßnahmen zur Betreuung der Anlage wahrgenommen (7 von 32). Bei 8 Schulen war dies nicht notwendig. Interessant ist, dass 7 von 32 Schulen geantwortet haben, dass es keine entsprechenden Angebote gegeben hat.

Eine kontinuierliche Einbindung in den regulären Unterricht ist eher seltener der Fall (Frage 3.2). In keiner Schule ist dies kontinuierlich für alle Klassen der Fall (n=35). Bei 7 Schulen ist die Einbindung für viele Klassen der Fall. Selten wird die Anlage für einige Klassen bei 15 Schulen der Fall. Bei 12 Schulen erfolgt keine Einbindung in den Unterricht. Immerhin werden die Anlagendaten häufiger genutzt (Frage 3.1), zum Beispiel für den Unterricht (15 von 25 Antworten) oder andere Zwecke wie Schüler-AGs (8 von 25). Nur in 9 Fällen erfolgte keine Nutzung der Anlagendaten für den Unterricht. Die weitere Nutzung der Anlagen (Frage 3.3) erfolgt zumeist von Schüler-AGs oder für Projektwochen (22 von 47 Antworten). Bei 12 von 47 Antworten wurde jedoch „keine Nutzung“ der Anlage angekreuzt. Daraus folgt, dass die pädagogische Nutzung der Anlagen und Anlagendaten durchaus verbessert und stärker in den Unterricht bzw. in Projekte eingebunden werden kann.

Die tatsächliche pädagogische Nutzung der Anlagen ist jedoch sehr vielfältig (Frage 3.4 und 3.6). Wie nicht anders zu erwarten, wird die Anlage vor allem im Physikunterricht bzw. in den Naturwissenschaften, Informatik sowie WAT (Werken-Arbeiten-Technik) verwendet. Die Nutzung der Anlage als Anschauungs- oder Demonstrationsobjekt nimmt gleichfalls einen großen Teil der Antworten ein (9 Antworten). Ein dritter Schwerpunkt liegt in der Nutzung der Anlage für Projekte bzw. Projektwochen (7 Antworten). Andere Fächer berücksichtigen jedoch kaum die Nutzung der Anlage.

Befragt man die Schulen hinsichtlich einer Selbsteinschätzung der pädagogischen Nutzung, so ergeben sich sehr schlechte Werte (Frage 3.7). 27 von 35 Schulen bewerteten die pädagogische Nutzung als eher nicht so gut oder als schlecht. Nur 7 von 35 bewerteten sie als gut. Dieses Ergebnis drückt deutlich die Unzufriedenheit der Schule aus. Die Ursachen dieser Bewertung (Frage 3.9) liegen vor allem in dem fehlenden pädagogischen Konzept (12 von 41 Antworten) und dem Desinteresse der KollegInnen (9 Antworten). Technisch-bauliche Ursachen werden 8 mal (schlechter Standort / keine Zugänglichkeit) bzw. 3 mal (zu häufig defekt) benannt. Weitere Defizite sind die Qualifikation und der Zeitmangel der Betreuer (7 mal). Konsequenterweise gibt es eine Vielzahl von Vorschlägen. Hierbei stechen Vorschläge zur besseren technischen Ausstattung (30 von 41 mal: Display, Schautafel, Software) hervor. Allerdings wurde nur fünfmal ein besseres pädagogisches Konzept benannt, obwohl dies in der Frage 3.9 als wichtigster Grund für die unzureichende Nutzung benannt wurde.

Als Ziele für die Errichtung der Anlage (Frage 4.2) sind insbesondere die Beschaffung einer Demonstrationsanlage (Zustimmungsgrad 95%) und die Nutzung für pädagogische Zwecke (Zustimmungsgrad 90%) besonders wichtig. An dritter Stelle mit ca. 80 % Zustimmung ist das „grüne Image“ der Schule. Die Selbsteinschätzung nach der Erreichung der Ziele (Frage 4.3) ergab, dass ca. zwei Drittel der Auffassung sind, dass die Ziele ganz oder zum großen Teil erreicht worden sind. Nur ein kleiner Teil (8 von 34) meint, dass die Ziele eher nicht oder nicht erreicht wurden. Die Ziele stimmen mit den Angaben von Frage 3.4 zur tatsächlichen Nutzung, wo die Einbeziehung in den Unterricht bzw. Projekte und Demonstrationen überwiegen, überein. Diese Auffassung, dass die Ziele zum großen Teil erreicht wurden, steht in einem gewissen Widerspruch zur Bewertung der Nutzung der PV-Anlage (s.o) unter der Berücksichtigung, dass die pädagogischen Zwecke und die Demonstration der PV-Technik die wichtigsten Ziele bei der Beschaffung waren. Hemmnisse gab es zumeist nicht, wie die Antworten auf die Frage 4.6 zeigten. Das wichtigste Problem umfasste die Bausubstanz bzw. die

Statik, welches immerhin zu ca. 30 % (8 von 29 Antworten) als Hemmnis angegeben wurde. Mit ca. 20 % wurden Probleme bei der Finanzierung bzw. unzureichende Informationen für die Errichtung der Anlage benannt. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse zum Teil den Forschungshypothesen entsprachen. Dies betrifft vor allem die Thesen:

- dass die Anlagen eher seltener in den Schulalltag in der Breite eingebettet sind,
- dass die Anlagen vielfach für Projekte, Projektwochen und von Schüler-AGs genutzt werden,
- dass die Anlagen vor allem im Fach Physik genutzt werden,
- dass die Anlageninformationen und die technische Ausstattung zur Nutzung der Anlage unzureichend sind und
- dass die pädagogischen Konzepte unzureichend sind.

Überraschend hingegen war, dass Hemmnisse bei der Errichtung nur eine geringe Rolle spielten und dass die Ziele aus Sicht der Befragten eher erreicht worden sind. Hierbei besteht aber noch Klärungsbedarf. Entsprechend der Eigenbewertung gaben die Befragten an, dass die Ziele weitgehend erreicht wurden (Frage 4.2). Als Ziele wurden u.a. die pädagogische Nutzung genannt. Diese wurde jedoch in der Frage 3.7 als schlecht bewertet. Es ist denkbar, dass die Schulen hierbei einem Trugschluss unterliegen. Die tatsächliche Nutzung der PV-Anlage ist zumeist im Vergleich mit anderen Unterrichtsmaterialien deutlich geringer, da sie kaum jemals als explizites Unterrichtsmaterial beschafft wurden. Die Nutzung wird deshalb möglicherweise als pädagogisch weniger nützlich bewertet. Wenn die Schulen sie dann doch tatsächlich nutzen - ohne einen Vergleich zu haben, was man mit der Anlage alles machen kann – können sie zur Auffassung gelangen, sie würden den pädagogischen Nutzen praktisch gut ausschöpfen.

Tabelle 20 An der Befragung beteiligte Schulen.

- | | |
|---|--|
| ➤ Schulname (Bundesland) | ➤ Grundschule Estorf (Niedersachsen) |
| ➤ Askanische Oberschule (Berlin) | ➤ Gymnasium Eckental (Bayern) |
| ➤ August-Heyn-Gartenarbeitsschule (Berlin) | ➤ Gymnasium Höchstadt (Bayern) |
| ➤ Berufsschule 2 (Bayern) | ➤ Gymnasium Neutraubling (Bayern) |
| ➤ Charlotte-Wolff-Kolleg (Berlin) | ➤ Gymnasium Wittstock (Brandenburg) |
| ➤ Christoph-Jacob-Treu-Gymnasium (Bayern) | ➤ Hauptschule Bismarckstraße (Bayern) |
| ➤ Dr.-Wilhelm-Polthier-Oberschule (Brandenburg) | ➤ Johannes-Scharrer-Realschule (Bayern) |
| ➤ Ferdinand-Porsche-Gymnasium (Baden-Württemberg) | ➤ Katholische Theresianschule (Berlin) |
| ➤ Fichtenberg Oberschule (4.OG) (Berlin) | ➤ Max-Beckmann-Oberschule (Berlin) |
| ➤ Freie Montessorischule Berlin (Berlin) | ➤ Maxim-Gorki-Gesamtschule (Brandenburg) |
| ➤ Freilandlabor Britz e.V. (Berlin) | ➤ Oberschule Brieselang (Brandenburg) |
| ➤ Friedrich-Bayer-Realschule (Berlin) | ➤ Reinhardswald-Grundschule (Berlin) |
| ➤ Friedrich-Wilhelm-Gymnasium (Brandenburg) | ➤ Sigmund-Schuckert-Gymnasium/SZ Südwest (Bayern) |
| ➤ Grundschule am Mohnweg (Berlin) | ➤ Staatliche Wirtschaftsschule Gunzenhausen (Bayern) |
| ➤ Grundschule am Pfefferberg (Brandenburg) | ➤ Veith-Stoß-Realschule (Bayern) |
| ➤ Grundschule Am Priesterweg (Brandenburg) | ➤ Wentzinger Schulen (Baden-Württemberg) |
| ➤ Grundschule Bäke (Berlin) | ➤ Wilma-Rudolph-Oberschule (Berlin) |
| | ➤ Wilmelm-Leuschner Oberschule (Berlin) |

Quelle: Eigene Darstellung.

6 Unterrichtseinheit Solarsupport für die Grundschule

Allgemeine Hinweise zum Schulpaket

Das Schulpaket Solarsupport zielt darauf ab, die an Schulen vorhandenen Photovoltaikanlagen in den Unterricht einzubinden. Es richtet sich an SchülerInnen der Grundschule und Mittelstufe, Klassen 4-6. Neben dem theoretischen Wissenserwerb zum Thema Solarenergie stehen Experimente und spielerische Übungen im Vordergrund. Über verschiedene handlungsorientierte Methoden und Medien sollen die Kinder forschend tätig werden und sich Fachinhalte weitgehend selbständig in Teamarbeit aneignen. Das Thema Solarenergie kann in verschiedenen Fächern und fächerübergreifend in den Unterricht integriert werden. Neben der thematischen Einbindung in den Sachunterricht und in die Naturwissenschaften gibt es vielfältige Schnittstellen zu den Fächern Geografie, Sozialkunde, Deutsch, Mathematik, Kunst und Werken. Die Unterrichtsinhalte sind so konzipiert, dass sie auch von Lehrerinnen und Lehrern, die nicht im naturwissenschaftlichen Bereich tätig sind, durchgeführt werden können.

Warum sollen schlafende Solaranlagen geweckt werden?

Umweltbildung und Klimaschutz gehören zum gesellschaftlichen Auftrag der Schule. Der Einsatz erneuerbarer Energien spielt beim Klimaschutz eine zunehmend wichtigere Rolle. Das Schulpaket Solarsupport schafft und verbessert die Akzeptanz für erneuerbare Energien. Die Schülerinnen und Schüler erwerben nachhaltiges Wissen zur Photovoltaik und bilden sich eine eigene Meinung. Sie erkennen, welche Bedeutung die Energieversorgung in ihrem Alltag hat und welche Verantwortung jeder Mensch für die Gestaltung unserer Umwelt trägt. Für die Schule besteht die Möglichkeit, das Thema Sonnenenergie dauerhaft in das Curriculum und Schulprofil einzugliedern sowie einen positiven Beitrag zur Außendarstellung der Schule zu leisten. Zu den Lerninhalten gehören:

- Grundlagen zur Photovoltaik
- Aufbau und Funktionsweise einer Solaranlage
- Einflussfaktoren bei der solaren Stromerzeugung
- Solartechnik: Messreihen und Experimente
- Verbesserung von Solaranlagen
- Förderung der Solarenergie in Deutschland
- Stromsparen in der Schule
- Solarenergie im Rahmen von Klimawandel und Klimaschutz

Aufbau und Inhalt des Schulpakets.

Thema 1	Wie funktioniert unsere Solaranlage? (Sachunterricht, Naturwissenschaften, Geografie, Kunst)
Thema 2	Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert? (Sachunterricht, Naturwissenschaften, Geografie, Kunst, Mathematik)
Thema 3	Wir verbessern unsere Solaranlage! (Sachunterricht, Naturwissenschaften, Mathematik, Geografie, Sozialkunde, Deutsch)
Thema 4	Solarenergie in der Diskussion (Sachunterricht, Naturwissenschaften, Geografie, Sozialkunde, Deutsch, Kunst)

Das Schulpaket Solarsupport ist in vier Themenbereiche gegliedert, zu denen verschiedene Unterrichtsmodule angeboten werden. Jedes Thema beginnt mit einer kurzen Einführung in die vorgesehenen Lerninhalte, Methoden und Medien. Zur Vorbereitung auf den Unterricht wird dargestellt, wel-

ches Vorwissen die Schülerinnen und Schüler zur Erarbeitung der Lerninhalte benötigen und welche Vorbereitungen seitens der Lehrkraft zu treffen sind. Die Module können einzeln oder miteinander verknüpft im Unterricht bearbeitet werden. Die modulare Zusammenstellung erlaubt eine Auswahl der Lerninhalte nach dem aktuellen Wissenstand der Kinder und entsprechend den zeitlichen und fachlichen Vorstellungen und Vorgaben für den Unterricht. Die Module sind – ähnlich einer Verlaufsplanung – tabellarisch aufgebaut. Arbeitsschritte und Methoden zur Vermittlung der Lerninhalte werden detailliert erklärt und Lernziele formuliert. Darüber hinaus werden Angaben über Materialien, Medien, Zeitumfang und Fächer gemacht. Die Kopiervorlagen für Arbeitsblätter (AB), Folien (F) und „Schülerspicker“ finden sich im Anschluss. Auf dem „Schülerspicker“ sind die wichtigsten Lerninhalte zum Thema zusammengefasst. Er kann an die Kinder ausgeteilt und von ihnen zur Vorbereitung auf Lern-erfolgskontrollen genutzt werden. Am Ende jeder Themeneinheit werden die zu vermittelnden Fachinhalte ausführlich beschrieben, so dass auch fachfremde Lehrerinnen und Lehrer sich ohne großen Aufwand auf den Unterricht vorbereiten können. Die folgende Tabelle erläutert, wie das Thema Solarenergie im Rahmenlehrplan der Jahrgangsstufen 4 sowie 5/6 durch die Unterrichtseinheiten eingebunden wird:

Das Thema Solarenergie im Rahmenlehrplan der Jahrgangsstufe 4.

Fach	Themenbereich
Sachunterricht	➤ Energie und Energie sparen ➤ Elektrischer Strom ➤ Wetter und Jahreszeiten ➤ Räume entdecken, erschließen und nutzen: Erkunden der Umwelt und Umweltschutz ➤ Technik: Bauen und Konstruieren, technische Entwicklungen und Herstellungsverfahren, Umgang mit Werkzeugen
Deutsch	➤ Texte verfassen ➤ Briefe verfassen ➤ Gesprächsregeln einhalten ➤ Nachschlagetechniken ➤ Präsentationsformen kennen und nutzen ➤ Medien nutzen und gestalten ➤ Rollenspiele
Mathematik	➤ Grundrechenarten ➤ Größen und Messen ➤ Raum und Form ➤ Daten erfassen, auswerten und reflektieren ➤ Textaufgaben
Kunst (einschließlich Werken)	➤ Bildhaftes Gestalten ➤ Modelle bauen ➤ Zukunftsvisionen ➤ Medien nutzen

Das Thema Solarenergie im Rahmenlehrplan der Jahrgangsstufe 4.

Fach	Themenbereich
Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie)	➤ Elektrische Energie, elektrische Leistung und Energieumwandlung ➤ Elektrizität, Stromkreis, Stromstärke, Spannung, Reihen- und Parallelschaltung ➤ Sonne, Wetter und Jahreszeiten ➤ Naturwissenschaftliche Modelle ➤ Stoffe im Alltag ➤ Optische Phänomene im Licht ➤ Experimentieren und Dokumentieren
Geografie und Sozialkunde	➤ Mensch und Umwelt: Umweltbelastungen, Naturkatastrophen, Umweltschutz ➤ Ökonomie und Gesellschaft: Regionale Wirtschaftsformen und deren Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft, Bürgerengagement ➤ Eigene Zukunft ➤ Probleme lösen und eigene Positionen vertreten, Brainstorming, Rollenspiele, etc. ➤ Arbeitstechniken: Karten, Bild- und Sachquellen, Schaubilder und Diagramme ➤ Erkenntnisse dokumentieren und präsentieren: Vorträge, Plakate, Collagen, etc.
Deutsch	➤ Texte verfassen ➤ Formales Schreiben: Brief ➤ Meinungen und Anliegen darlegen ➤ Recherchetechniken ➤ Fachbegriffe ➤ Medien nutzen und gestalten: Internet als Informationsquelle ➤ Plan- und Rollenspiele
Mathematik	➤ Grundrechenarten ➤ Größen und Maßeinheiten ➤ Geometrie: Winkel ➤ Daten erfassen, auswerten, und reflektieren ➤ Textaufgaben ➤ Bruchzahlen und Dezimalbrüche
Kunst (einschließlich Werken)	➤ Bildhaftes Gestalten ➤ Modelle bauen ➤ Erfinden, Entwickeln und Gestalten ➤ Medien nutzen ➤ Darstellendes Spielen

Anmerkungen

Es wird die Schreibweise „Photovoltaik“ statt „Fotovoltaik“ gewählt, um Irritationen mit der Abkürzung PV zu vermeiden. In den Schülermaterialien wird der Begriff „Photovoltaik“ vermieden und stattdessen „Solarenergie“ benutzt. Zu Beginn der Unterrichtseinheit sollten folgende Begriffe gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern geklärt werden, um Verständnisschwierigkeiten zu vermeiden: „Photovoltaik“, „Photon“, „Solarenergie“, „Solarmodul“, „elektrische Leistung“ und „Strahlungsstärke“. Außerdem sollte klar zwischen Solarstrom (Photovoltaik) und Solarwärme (Solarthermie) unterschieden werden.

7 Thema 1: Wie funktioniert unsere Solaranlage?

Einführung

Wie funktioniert eine Solaranlage? Dieser Frage gehen die Schülerinnen und Schüler durch entdeckendes Handeln und spielerisches Entdecken auf den Grund. Ausgehend von der Besichtigung der schuleigenen Solaranlage lernen sie die verschiedenen Komponenten einer solchen Anlage kennen und begreifen durch selbständiges Experimentieren, wie Solarstrom erzeugt wird. Ein kleiner Exkurs zu den Eigenschaften des Lichts und zum Atommodell soll den Kindern das Verständnis der technischen Abläufe erleichtern. Die Lerninhalte werden über abwechslungsreiche Methoden und Medien vermittelt. Dazu gehören neben verschiedenen Experimenten, ein Rollenspiel, ein Film sowie Übungen auf Arbeitsblättern und Folien. Die Module lassen sich in erster Linie in den naturwissenschaftlichen Unterricht oder den Sachunterricht integrieren, da hauptsächlich die technische Seite der Solarenergie zur Sprache kommt. Einzelne Module können aber auch fächerübergreifend im Geografie- und Deutschunterricht durchgeführt werden.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

Hilfreich ist es, wenn die Kinder eine Vorstellung darüber haben, was Energie und elektrischer Strom sind und wie ein Stromkreis aufgebaut ist.

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 1-01: Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über den Solarrundgang.
- Modul 1-02: Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen (3 V; 0,1 A) oder Solarbruch, Motoren (0,5 V; 0,5 A), Summer (2-5 V), Leuchtdioden, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. Lötkolben und Lötzinn. Solarfirmen stellen oft kleine Mengen von Solarbruch umsonst zur Verfügung. Bei Interesse an einem Experimentierkoffer „Box Primary“ wenden Sie sich an das Unabhängige Institut für Umweltfragen: almuth.tharan@ufu.de. Experimentieranleitungen zum Solarbasteln gibt es als Download unter www.powerado.de (>Materialkisten >Infos zur Box Primary).
- Modul 1-06: Hinweise zum Film „S6 Solarenergie“ finden sich unter www.bibliothek-der-sachgeschichten.de.

7.1 Module für den Unterricht

Modul 1-01: Solarrundgang.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min SU NaWi	Die SchülerInnen besichtigen gemeinsam mit dem Hausmeister bzw. der Hausmeisterin die schuleigene Solaranlage. Sie betrachten die sichtbaren Komponenten und klären deren Funktion: Solarmodule, Leitungen, Gestell und Ausrichtung, Wechselrichter, Stromzähler und Display. Die Lergänzt das Vorwissen der Sch. Während oder nach dem Solarrundgang füllen diese das Arbeitsblatt aus.	Die SchülerInnen verstehen den grundlegenden Aufbau einer Solaranlage. Sie können die verschiedenen Komponenten benennen, ihre Funktion beschreiben und spezifische Angaben zur schuleigenen Solaranlage machen.	AB 1-01

Modul 1-02: Solares Basteln.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min SU NaWi	Die SchülerInnen basteln selbständig kleine Solarmodelle. Jeweils zwei Sch erhalten ein Übungsset: Solarzelle mit Kabeln, Motor, Diode und Summer. Zum Aufsatz auf den Motor basteln sie sich kleine Propeller. Nach einer kurzen Einführung, wie Solarzellen angeschlossen werden, beginnen die Sch zu experimentieren. Sie schließen die elektrischen Geräte an die Solarzellen an, verschalten sie miteinander und halten sie in die Sonne oder in eine künstliche Lichtquelle. Anleitungen zu den Experimenten gibt es als Download z.B. unter www.powerado.de . Im Anschluss an die Experimentierphase werden die Erfahrungen gemeinsam besprochen: Wie schnell dreht sich der Propeller mit wenig, viel und ohne Sonne? Warum?	Die SchülerInnen erfahren in praktischen Versuchen, dass Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt werden kann. Sie erwerben technische Kompetenzen im Solarbereich: Sie wissen, wo der Plus- und Minuspol einer Solarzelle sind und können elektrische Geräte an Solarzellen anschließen.	Solarbruch bzw. Solarzellen (3 V; 0,1 A), Dioden, kleine Motoren (0,5 V; 0,5 A), Summer (2-5 V), Kabel, Krokodilklemmen, starke Lampen, z.B. Baustrahler, Bastelmaterial

Modul 1-03: Was ist Licht? – Fußpappenexperiment und Fingerwärmer.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min SU NaWi	In zwei Versuchen erforschen die SchülerInnen Eigenschaften des Lichts. Für das Fußpappenexperiment schneiden sie aus Pappe ihre eigenen Fußabdrücke aus, malen einen schwarz und den anderen weiß an. Sie legen diese für eine Weile in die Sonne und testen barfuß die Temperatur. Fingerwärmer werden ebenfalls aus Pappe gebastelt. Dafür wird ein Kreis mit ca. 8 cm Durchmesser mit einem fingerbreiten Loch in der Mitte ausgeschnitten. Der Pappiring wird mit Alufolie beklebt (glänzende Seite nach außen), an einer Stelle aufgeschnitten, zu einem Trichter zusammengefügt und über den Finger gestreift in die Sonne gehalten. Die vom Alutrichter gebündelten Sonnenstrahlen wärmen die Fingerspitze. Beide Experimente werden danach ausgewertet: Was habt ihr gefühlt? Warum wurden Füße und Finger warm? Warum haben wir Alufolie benutzt? Die L erklärt zum Schluss, dass Licht aus Photonen, kleinen „Lichtteilchen“ besteht.	Die SchülerInnen erfahren, dass Licht Energie enthält, die als Wärme wahrgenommen werden kann. Außerdem erkennen sie, dass bestimmte Oberflächen Licht besser reflektieren als andere.	Pappe, Scheren, weiße und schwarze Farbe, Alufolie, durchsichtiges Klebeband

Modul 1-04: Was ist ein Atom?

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min SU NaWi	Als Einstieg in das Thema kann das Foto vom Atomium in Effenberg auf der Folie genutzt werden. Nach einer kurzen Einleitung seitens der L bearbeiten die Sch gemeinsam Schritt für Schritt das Arbeitsblatt. Sie haben die Aufgabe, verschiedene Durchmesser von kugelförmigen Gegenständen zu messen und können sie mit der Größe eines Atoms vergleichen. Mithilfe der Beschriftung des Atommodells auf dem Arbeitsblatt basteln die Sch eigene Atommodelle aus Styroporkugeln und Zahnstochern, bemalen und beschriften sie mit + und –.	Die SchülerInnen wissen, was Atome sind, wie ein vereinfachtes Atommodell aufgebaut ist und dass die Elektronen um den Atomkern kreisen. Sie erwerben eine Vorstellung davon, wie klein Atome sind.	Folie 1-04, AB 1-04, kugelförmige Gegenstände, z.B. Tischtennisball, Wasserball, Erbse und Apfel, Styroporkugeln in verschiedenen Größen, Zahnstocher

Modul 1-05: Photonenspiel

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min SU NaWi Ku	Die SchülerInnen spielen den Vorgang in einer Solarzelle vereinfacht nach und besprechen ihn danach. Zu Beginn erklärt die L den Sch, dass eine Solarzelle aus Silizium besteht und der nachgespielte Vorgang in diesem Material stattfindet. Die Lehrerin weist den SchülerInnen verschiedene Rollen zu: Zwei SchülerInnen stellen die Lichtstrahlen (Photonen) dar, zehn weitere Sch bilden zwei Siliziumatome (Kern + 4 Elektronen). Die Elektronen halten sich am Atomkern fest und können nur durch ein Photon vom Kern getrennt werden. Nach der Loslösung vom Kern sind die Elektronen bestrebt, wieder an ihren Platz zurückzukehren. Dies können aber nur über den indirekten Weg durch die Stromleitung und den Verbraucher (z.B. Motor). Die Stromleitung kann durch Kreppband auf dem Boden oder Sch, die einen Gang bilden, dargestellt werden, der Motor durch ein Kind, das von den Elektronen gedreht wird.	Die SchülerInnen erfahren spielerisch, dass Strom erzeugt wird, wenn Lichtstrahlen auf eine Solarzelle treffen. Sie lernen, was Photonen sind und dass diese im Silizium-Halbleiter die Elektronen in Bewegung versetzen und damit elektrischen Strom erzeugen.	Stühle, Kreppband

Modul 1-06: Film zur Solarenergie

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min SU NaWi Geo	Im Film wird erklärt, woraus Sonnenlicht besteht, wie sich Photonen bewegen und Solarstrom erzeugt wird. Darüber hinaus wird die Fertigung eines Solarmoduls dargestellt und darauf eingegangen, warum Solarzellen dunkel sind.	Die SchülerInnen erweitern und festigen ihre Kenntnisse über die Funktionsweise einer Solarzelle.	DVD „S6 Solarenergie“ (www.bibliothek-der-sachgeschichten.de), DVD-Player

Arbeitsblatt 1-01: Solarrundgang

Trage die Begriffe und die Daten eurer Solaranlage in die Zeichnung ein. Beantworte danach die Fragen.

Wechselrichter – Einspeisung ins Stromnetz – Sonne – Licht – Solarmodul – eigener Stromverbrauch



Aktuelle Leistung		Watt
Solarer Gesamtertrag		kWh
Vermiedene CO ₂ -Emissionen		kg

Fragen zur eigenen Solaranlage

Wie viele Solarmodule sind miteinander verbunden? _____

Unsere Solaranlage erzeugt Strom für: ? das öffentliche Stromnetz ? die Schule

Fragen zur Stromerzeugung der Solaranlage

Was misst man in Watt oder Kilowatt? _____

Wie viel Watt sind 1 Kilowatt? _____

Mit einer **Kilowattstunde** (kWh) kann ich:

10 Liter Wasser kochen

5 Minuten Auto fahren

15 Stunden schlafen

Wobei entsteht CO₂?

? Auto fahren

? Verbrennung von Kuhfladen

? Fahrrad fahren

? in der Solaranlage

? Ausatmen

? im Kohlekraftwerk

? Flugzeug fliegen

? Holz hacken

? Lagerfeuer

Was ist CO₂ und warum ist es in großen Mengen so gefährlich für die Umwelt?

Folie 1-04: Atomium



Quelle: Effenberg.

Fragen über Fragen

Was stellt die Skulptur dar?

Was ist ein Atomium? Was wird darin gemacht?

Gibt es ein weiteres Atomium, das ihr kennt?

Arbeitsblatt 1-04: Was ist ein Atom?

Atome sind die Bausteine, aus denen unsere Welt besteht. Sie sind winzig klein und mit dem bloßen Auge nicht zu sehen.

Vergleiche die Durchmesser verschiedener Dinge:

Sonne: 1,4 Millionen km
Erde: 12.756 km
Mond: 3.477 km
Fußball: 22 cm
Murmel: 1,5 cm
Sandkorn: 0,1 mm
Staubkorn: 0,01 mm
Atom: 0,0000001 mm

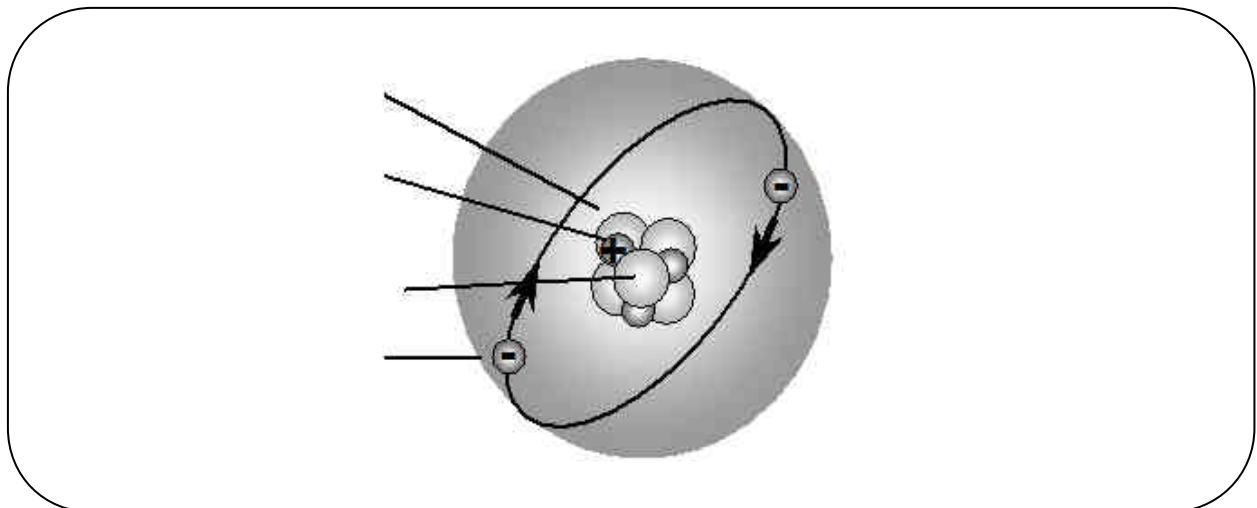
Für einen Meter muss man 10 Milliarden Atome nebeneinander legen!

100 Millionen Atome passen in einen Stecknadelkopf!

Schreibe weitere kugelförmige Dinge auf und miss ihre Durchmesser.

_____	_____
_____	_____
_____	_____

Beschriftete das Atommodell und erkläre die Begriffe.



Was ist ein Atomkern? _____

Was ist ein Elektron? _____

Was ist ein Proton? _____

Was ist ein Neutron? _____

Schülerspicker zum Thema „Was ist Sonnenenergie?“**Was ist Sonnenenergie?**

Licht ist Energie.

Energie geht nicht verloren, sie kann jedoch in andere Energieformen umgewandelt werden: Licht, Wärme, Bewegung, elektrischer Strom.

Wenn Licht auf einen Gegenstand trifft, wird es zum Teil reflektiert und zum Teil in Form von Wärme gespeichert. Beispiele: Der Schnee reflektiert das Sonnenlicht, deshalb musst du eine Sonnenbrille tragen. In einem schwarzen Auto wird es in der Sonne schneller heiß als in einem weißen Auto.

Ist ein angestrahlter Gegenstand hell, dann wird ein großer Anteil des Lichts reflektiert. Ist er dunkel, dann wird ein großer Anteil des Lichts gespeichert. Deshalb sind Solarmodule dunkel.

Licht besteht aus Photonen. Das sind kleine „Lichtteilchen“.

Aus welchen Einzelteilen besteht eine Solaranlage?

Solarzellen: Solarzellen können Licht in elektrischen Strom umwandeln. Sie bestehen meistens aus Silizium. Silizium ist eine Art Sand.

Solarmodule: Ein Solarmodul besteht aus mehreren Solarzellen. Solarmodule können über Kabel in Reihe oder parallel miteinander verbunden werden.

Wechselrichter: Ein Wechselrichter wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um. Solaranlagen erzeugen Gleichstrom. Damit dieser Strom in das Stromnetz eingeleitet werden kann, muss er in Wechselstrom umgewandelt werden.

Wie wird Solarstrom erzeugt und was passiert mit dem Strom?

Elektrischer Strom entsteht durch Bewegung der Elektronen.

Solarzellen wandeln Lichtenergie durch einen Trick in elektrische Energie um: Wenn Photonen auf die Solarzelle treffen, werden in der unteren Schicht Elektronen vom Atomkern gelöst und in die obere Schicht geschleudert. Von dort können sie nicht mehr zurück. Sie müssen durch die Leitung fließen, um wieder an ihren Platz zu gelangen. Dadurch entsteht ein Stromkreis.

Die meisten Solaranlagen leiten ihren Strom in das öffentliche Stromnetz ein. Man sagt auch, sie speisen den Strom ins Netz ein. So bekommt man den Strom am Ende aus der Steckdose. Ein Stromzähler zählt, wie viel Strom eingespeist wird. Manchmal werden elektrische Geräte und Lampen direkt mit der Solaranlage verbunden. Man spricht dann von Inselanlagen. Inselanlagen haben eine Batterie, die den Strom speichert. So hat man auch nachts und bei Regen Strom.

Energie messen!

Elektrische Leistung ist Arbeit. Sie beschreibt die Anstrengung, die unternommen werden muss, um etwas zu tun. Je größer die Anstrengung ist, desto mehr Energie benötigt man. Elektrische Leistung wird in Watt (W) oder Kilowatt (kW) gemessen. Guck mal auf deine Glühlampen zu Hause, wie viel Watt sie verbrauchen!

Elektrische Energie oder Elektrizität ist Arbeit mal Zeit. Je länger du etwas Anstrengendes tun musst, desto mehr Energie benötigst du. Elektrische Energie wird in Kilowattstunden (kWh) gemessen. Sie setzt sich aus zwei Teilen zusammen: der Leistung (kW) und der Zeit (h). Eine Kilowattstunde bedeutet, dass du ein elektrisches Gerät mit einem Kilowatt Leistung eine Stunde lang laufen lassen kannst.

7.2 Informationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema „Was ist Sonnenenergie?“

Einführung Sonnenenergie

Die Sonne liefert tagtäglich Energie, die durch Solarzellen in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Sonnenlicht besteht aus Photonen, die beim Auftreffen auf eine Oberfläche die Elektronen der Atome anstoßen oder die Atomverbindungen in Schwingungen versetzen. Wenn sich Elektronen bewegen, fließt Strom, wenn Atomverbindungen schwingen, entsteht Wärme. Je dunkler eine Oberfläche ist, desto mehr Energie vom Licht wird verwendet, um die Moleküle in Schwingung zu versetzen. Licht selber ist nicht warm, es muss auf eine Oberfläche treffen, um in Wärme umgewandelt zu werden. Spiegel und helle Oberflächen reflektieren große Teile des Lichts, so dass die Oberfläche sich nicht oder nur wenig erwärmt.

Komponenten einer Solaranlage

Solarzellen: Solarzellen oder photovoltaische Zellen sind elektrische Bauelemente, welche die im Licht enthaltene Strahlungsenergie direkt in elektrische Energie wandeln. Sie bestehen meistens aus Silizium, einem Halbleitermaterial, dessen Elektronen recht fest an den Atomkernen sitzen. Bei einer Größe von durchschnittlich 10x10 cm produzieren sie in etwa 0,5 V und je nach Sonneneinstrahlung 8-12 A. Um höhere Leistungen zu erzielen schließt man mehrere Solarzellen zu einem Solarmodul oder PV-Modul zusammen.

Solarzellen dürfen nicht mit Solar- oder Sonnenkollektoren verwechselt werden, bei denen die Sonnenenergie ein Übertragungsmedium, meist Wasser, aufheizt.

Wechselrichter: Solarzellen erzeugen Gleichstrom. Damit die elektrische Energie dem Stromnetz oder Wechselstromgeräten zur Verfügung stehen kann, sorgen Wechselrichter für die Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom (230V).

Transformator: Der Transformator wandelt die Wechselspannung vom Wechselrichter in eine höhere Wechselspannung um, die das Stromnetz benötigt.

Akkumulator: Werden Inselanlagen (Anlagen, die ihren erzeugten Strom nicht in das öffentliche Stromnetz einspeisen) betrieben, so ist die Speicherung der Energie in einer Batterie, einem Akkumulator, sinnvoll, um eine bedarfsgerechte Nutzung der Solarenergie zu gewährleisten.

Zähler: Ein Stromzähler wird zur Bestimmung der Vergütung des solaren Stroms im Fall der Netzeinspeisung eingesetzt. Nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) wird Solarstrom von einer 2009 ans Netz angeschlossenen Solaranlage auf dem Dach mit 44,42 ct/kWh gefördert.

Leitungen und Verschaltung: An den Leitungen kann man erkennen, wie die Solarmodule miteinander verschaltet sind. Sie werden je nach Größe und Bedarf in Reihe und parallel geschaltet. Dies geschieht durch einfache Steckerverbindungen. Die Reihenschaltung ermöglicht es, bei richtiger Polung, höhere Gesamtspannungen zu erzeugen. Bei der Parallelschaltung ist die Spannung überall gleich hoch bei steigender Stromstärke.

Gestell und Ausrichtung: Idealerweise ist eine Solaranlage in Mitteleuropa direkt in Richtung Süden mit einer Neigung von 30° zur Sonne ausgerichtet. So ist es möglich, die höchsten Erträge zu erzielen. Als Gestellarten kommen z.B. dachparallele Gestelle (Schrägdach), aufgeständerte Gestelle (Flachdach) oder Fassadenanlagen vor.

Display: Das Display ist idealerweise im Eingangsbereich der Schule angebracht und zeigt die aktuelle Leistung, den solaren Gesamtertrag und die vermiedenen CO₂-Emissionen an. Es kann mit einem

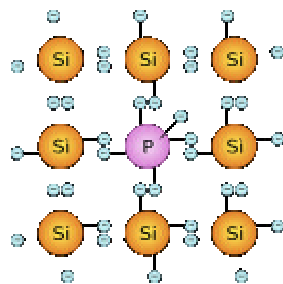
Datenlogger gekoppelt sein, der die Daten in einen Computer einspeist. Diese Daten können regelmäßig ausgelesen und Schwankungen dokumentiert werden.

Gesamtleistung einer Solaranlage

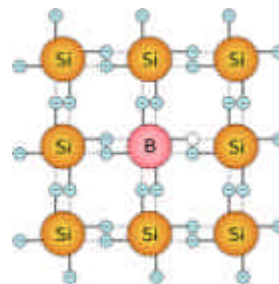
Watt_{peak} (W_p): "peak" ist Englisch und bedeutet "Spitze". In W_p wird die Gesamt- oder Nennleistung der Solarmodule unter Standard-Testbedingungen angegeben. Festgelegt sind diese mit 1.000 W Einstrahlungsleistung, die senkrecht auf 1 m² Fläche treffen. Die Temperatur der Zelle beträgt hierbei gleichmäßig 25° C und AM = 1,5. Letzteres heißt, dass der Sonnenstrahl auf seinem Weg das 1,5-fache der Atmosphärendicke (AM = Air Mass) der Erde durchdringt. All diese Bedingungen sind real selten, die reale Leistung weicht also von den Nennwerten ab.

Fachwissen Photovoltaik

Siliziumschichten: Eine Solarzelle besteht aus zwei Schichten verunreinigtem Silizium. Ein Siliziumkristall hat vierwertige Siliziumatome. Die vier Außenelektronen eines jeden Siliziumatoms bauen vier Atombindungen zu seinen Nachbaratomen auf und bilden dadurch die Kristallstruktur. Dies macht alle vier Elektronen zu Bindungselektronen. Unterschiedliche Halbleiter erhält man, wenn reines Silizium mit Stoffen wie Bor und Phosphor verunreinigt wird. Diesen Vorgang nennt man Dotieren (s.u.).

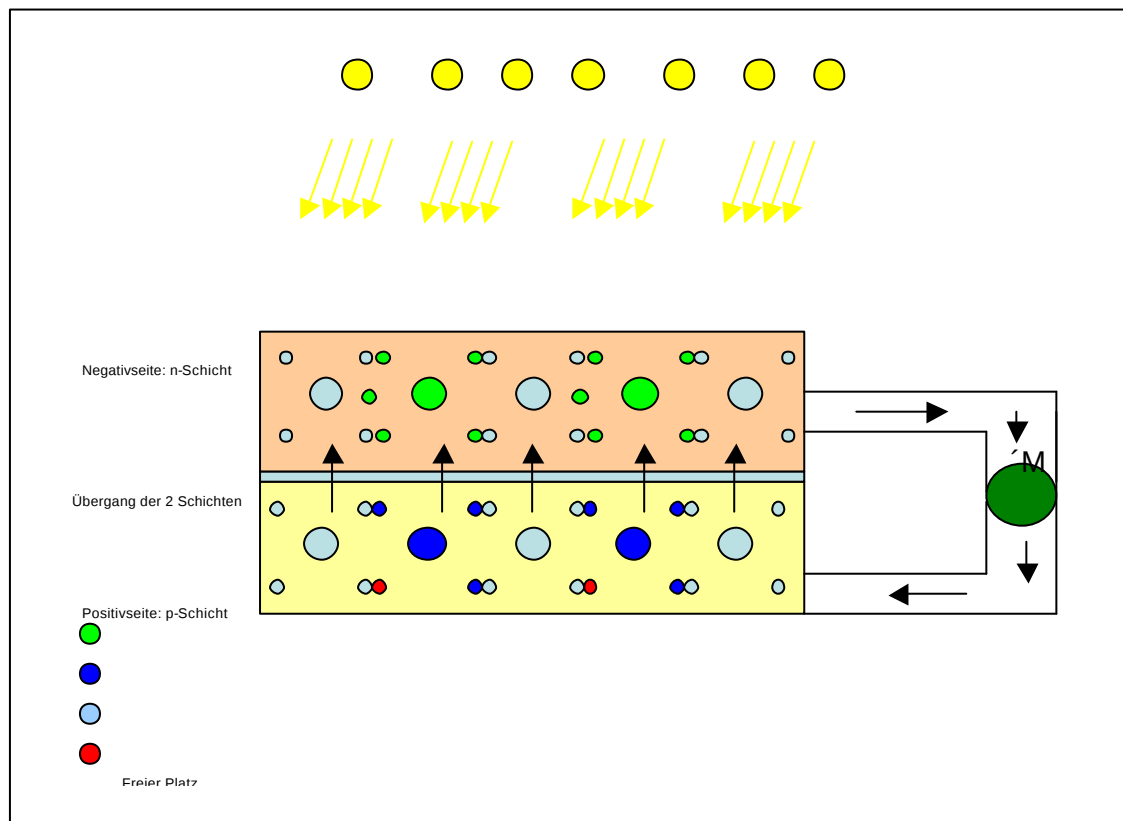


Siliziumkristall mit Phosphor verunreinigt



Siliziumkristall mit Bor verunreinigt

Solarstrom: Solarzellen wandeln Lichtenergie durch einen Trick in elektrische Energie um. Die physikalische Grundlage dieser Umwandlung ist der photovoltaische Effekt, der ein Sonderfall des inneren photoelektrischen Effekts ist. Eine Solarzelle besteht aus zwei verschiedenen Siliziumschichten zwischen denen eine Spannung – ein elektrisches Feld – liegt. Solarzellen werden dotiert. Bei Lichteinstrahlung werden die Elektronen, die von den Atomkernen durch die Photonen gelöst werden, auf die andere Seite katapultiert und können nicht mehr zurück. Sie wandern aus dem unteren Halbleiter in den oberen. Der untere Halbleiter wird dadurch zum Pluspol, der untere zum Minuspol. Wenn die beiden Pole mit einem Kabel verbunden sind, kann – wie bei einer Batterie – Strom vom Minus zum Pluspol fließen. Der Stromkreis ist geschlossen.



Dotieren: Bei der n-Dotierung (n steht für die freibewegliche negative Ladung) werden fünfwertige Phosphorelemente, die so genannten Donatoren, in das Siliziumgitter eingefügt und ersetzen dafür vierwertige Siliziumatome. Ein fünfwertiges Phosphorelement hat fünf Außenelektronen für Atombindungen zur Verfügung, so dass bei der Einbindung in den Siliziumkristall ein Außenelektron des Donators freibeweglich zur Verfügung steht. Dieses Elektron kann beim Anlegen einer Spannung Strom leiten. Bei der p-Dotierung (p steht für die freibewegliche positive Lücke) werden dreiwertige Borelemente, die so genannten Akzeptoren, in das Siliziumgitter eingefügt und ersetzen dafür vierwertige Siliziumatome. Ein dreiwertiges Element hat drei Außenelektronen für Atombindungen zur Verfügung. Für die vierte Atombindung im Siliziumkristall fehlt ein Außenelektron. Diese Elektronenfehlstelle wird als Loch oder Defektelektron bezeichnet. Beim Anlegen einer Spannung verhält sich dieses Loch wie ein freibeweglicher positiver Ladungsträger und kann analog zum negativ geladenen Elektron Strom leiten. Dabei springt ein Elektron – angetrieben durch das äußere Feld – aus einer Atombindung heraus, füllt ein Loch und hinterlässt ein neues Loch. An der Stelle des Akzeptoratoms entsteht eine ortsfeste negative Ladung, der eine positive Ladung des freibeweglichen Lochs gegenübersteht.

Atome als kleinste Bausteine der Welt?

Atome haben in der Mitte einen Kern, um den in rasender Geschwindigkeit Elektronen kreisen. Der Atomkern setzt sich aus Protonen und Neutronen zusammen. In jedem davon stecken wiederum drei Quarks. Von diesen kleinsten Bausteinen, die bis heute entdeckt wurden, gibt es insgesamt sechs verschiedene Arten, die beispielsweise Up-Quark (gesprochen: App-Kwork), Neutrino oder Myon heißen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gehen davon aus, dass es noch kleinere, unentdeckte Teilchen gibt. Etwa die so genannte Dunkle Materie, die überall im Weltall umherwabern und die Galaxien zusammenhalten soll wie unsichtbarer Klebstoff. Oder die so genannten Higgs-Teilchen, eine Art unsichtbarer Matsch, der an allen Dingen haften und ihnen Masse verleihen soll. Ohne Higgs-

Teilchen, behaupten manche Forscherinnen und Forscher, wären wir Menschen so leicht wie Lichtstrahlen.

CO₂ und Treibhauseffekt

Kohlendioxid ist ein Treibhausgas. Es verhindert, dass die Wärme der Sonnenstrahlen ins All zurück reflektiert wird. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt wäre es auf der Erde zu kalt zum Überleben. Die steigende Konzentration von CO₂ und anderen Treibhausgasen durch Verkehr, Industrie, Energieerzeugung, Abholzung etc. führt jedoch zu einer unnatürlichen Erwärmung der Erdoberfläche mit weitreichenden Folgen für unser Klima. Man spricht von einem künstlichen, menschlich verursachten oder anthropogenen Treibhauseffekt, dessen Auswirkungen nur durch massive CO₂-Reduktion gestoppt werden können.

8 Thema 2: Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?

Einführung

Wovon hängt die tatsächliche Leistung einer Solaranlage ab? Die Schülerinnen und Schüler erforschen, warum der Ertrag einer Solaranlage in der Regel geringer ist, als ihre theoretische Kapazität. In praktischen Versuchen mit Experimentiermaterialien und durch die Analyse von Schaubildern setzen sie sich mit verschiedenen Einflussfaktoren auseinander: Nicht nur die Größe und Verschaltung der Solaranlage, sondern auch die Neigung, Ausrichtung, Verschattung und Verschmutzung der Solarmodule, ihr Standort, die Tages- oder jahreszeitlichen Schwankungen der Einstrahlung sowie Wartung und Pflege werden im Unterricht untersucht. Da man solare Energie nicht zum Selbstzweck in elektrische Energie umwandelt, wird auch ein Blick auf die Verbraucherseite geworfen. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln auf diese Weise eine Vorstellung, unter welchen Bedingungen wie viel Solarstrom erzeugt wird und wofür dieser Strom genutzt werden kann. Es gibt Module für die Fächer Sachunterricht, Naturwissenschaften, Geografie, Kunst und Mathematik.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Umgang mit einem Multimeter
- Winkelmessung mit dem Geodreieck

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 2-01: Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen (3 V; 0,1 A) oder Solarbruch, Motoren (0,5 V; 0,5 A), Summer (2-5 V), Leuchtdioden, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. Lötkolben und Lötzinn. Solarfirmen stellen oft kleine Mengen von Solarbruch umsonst zur Verfügung. Bei Interesse an einem Experimentierkoffer „Box Primary“ wenden Sie sich an das Unabhängige Institut für Umweltfragen: [almuth.tharan\(at\)ufu.de](mailto:almuth.tharan@ufu.de). Experimentieranleitungen zum Solarbasteln gibt es als Download unter www.powerado.de (>Materialkisten >Infos zur Box Primary).
- Modul 2-02: Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen (3 V; 0,1 A), Motoren (0,5 V; 0,5 A), Kabel, Krokodilklemmen.
- Modul 2-03: Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen (3 V; 0,1 A), Motoren (0,5 V; 0,5 A), Kabel, Krokodilklemmen.

Module für den Unterricht

Modul 2-01 Solarexperimente – Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage erzeugt?

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min SU NaWi	Aufbauend auf das solare Basteln (Modul 1-02) erproben die SchülerInnen, welchen Einfluss verschiedene Faktoren wie Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf die Stromerzeugung haben. Die Experimente können z.B. an Lernstationen durchgeführt werden. Für jedes der vier Experimente wird dann ein Materialisch vorbereitet. Die Aufgaben sind auf dem Arbeitsblatt erklärt, so dass die SchülerInnen weitgehend selbständig arbeiten können. Sollte die Sonne nicht scheinen, müssen externe Lichtquellen benutzt werden. Die Forschungsergebnisse werden am Schluss miteinander verglichen und ausgewertet.	Die SchülerInnen erkennen den Zusammenhang zwischen Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf der einen und Stromerzeugung auf der anderen Seite.	AB 2-01, Solarbruch bzw. Solarzellen (3 V; 0,1 A), Dioden, kleine Motoren (0,5 V; 0,5 A), Summer (2-5 V), Kabel, Krokodilklemmen, unterschiedlich starke Lampen, z.B. Baustrahler und Schreibtischlampe, Glasplatte, Winkelmesser oder Geodreieck

Modul 2-02 Verbindung von Solarzellen.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
15 min SU NaWi	Die SchülerInnen haben die Aufgabe, einen Motor mit Propeller zum Laufen zu bringen. Eine Solarzelle reicht dafür nicht aus, sie müssen also mehrere Zellen miteinander verbinden. Wie sie dieses tun ist ihnen überlassen, sie experimentieren frei. Im Anschluss werden die Ergebnisse ausgewertet.		Solarzellen (3 V; 0,1 A), kleine Motoren mit Propeller (0,5 V; 0,5 A), Kabel, Krokodilklemmen, ggf. starke Lampen (z.B. Baustrahler)

Modul 2-03 Reihen und Parallelschaltung bei Solarzellen.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
15 min SU NaWi	Abhängig vom Lernniveau der SchülerInnen kann die Lehrkraft zur Vertiefung zu Modul 2-02 auf die Merkmale von Reihen- und Parallelschaltungen eingehen. Hierzu wird folgender Versuch frontal durchgeführt: Zwei Solarzellen werden einmal in Reihe und einmal parallel verschaltet, um einen kleinen Motor zu betreiben und die Auswirkungen auf die Stromerzeugung zu beobachten. Die Beleuchtung der Solarzellen muss mit derselben Lampe aus gleicher Entfernung erfolgen, so dass andere Einflussfaktoren als die Verschaltung ausgeschlossen werden können. Mit einem Multimeter werden Spannung und Stromstärke gemessen und an der Tafel dokumentiert. Im Anschluss fertigt Lehrkraft mithilfe der SchülerInnen jeweils eine Schaltskizze für die Parallel- und Reihenschaltung an. Die SchülerInnen diskutieren die Unterschiede und überlegen, wie die Solaranlage der Schule verschaltet ist.	Die SchülerInnen lernen die Wirkungen des elektrischen Stromkreises anhand der Verschaltung von Solarzellen kennen und wissen, wie Spannung und Stromstärke gemessen werden. Sie können einfache Schaltskizzen verstehen.	Solarzellen (3 V; 0,1 A), Dioden, kleiner Motor (0,5 V; 0,5 A), Kabel, Krokodilklemmen, Lampe, z.B. Baustrahler

Modul 2-04 Einfluss der Strahlungsstärke der Sonne.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
10 min SU NaWi Geo	Anhand der Grafiken auf der Folie erarbeiten die SchülerInnen im Klassengespräch, welchen Einfluss Jahreszeit, Region und Installationsort auf die Stromerzeugung haben. Sie diskutieren, welche Bedeutung das wiederum für die Nutzung von Solarenergie hat und überlegen, wie man in der Praxis damit umgehen kann.	Die SchülerInnen finden heraus, in welchem Zusammenhang Strahlungsstärke und Stromerzeugung einer Solaranlage stehen.	F 2-04, OH-Projektor

Modul 2-05 Verschattung von Solarmodulen.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
10 min SU NaWi	Die Sch erschließen sich anhand der Folie den Zusammenhang zwischen Verschattung und Stromerzeugung. Sie sammeln Beispiele für Verschattung und diskutieren über Möglichkeiten, Verschattungsprobleme zu lösen.	Die Sch wissen, dass Verschattung zu Ertragsverlusten führt. Sie entwickeln eigene Lösungsvorschläge und überprüfen sie auf ihre Umsetzbarkeit.	F 2-05, OH-Projektor

Modul 2-06 Richtige Ausrichtung von Solarmodulen zur Sonne.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min SU NaWi Geo Ku	Die Sch basteln eine Schablone, anhand derer sie den Ertrag einer Solaranlage abhängig von der Ausrichtung und Neigung der Solarmodule bestimmen können. Mithilfe eines Kompasses und Winkelmessgeräts kontrollieren sie, wie die schuleigene Solaranlage ausgerichtet und geneigt ist. Sie diskutieren Verbesserungsvorschläge für die eigene Anlage.	Die Sch erkennen den Zusammenhang zwischen Ausrichtung, Neigung und Stromerzeugung. Sie bewerten die schuleigene Solaranlage nach den erarbeiteten Kriterien.	AB 2-06 Scheren, Buntstifte, Musterklammern, ggf. Laminiergerät, Kompass, Winkelmessgerät

Modul 2-07 Modellhaus Solarhaus.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
45 min Ku	Die Sch haben die Aufgabe aus einem Schuhkarton, Pappen und anderen Bastelmaterialien ein Solarhaus zu bauen. Sie sollen die zuvor gesammelten Einflussfaktoren bei der Architektur berücksichtigen, beispielsweise Verschattung und Ausrichtung der Solarmodule. Je nachdem ob Solarbruch, Kabel und kleine Glühlampen vorhanden sind, kann das Haus auch von innen beleuchtet werden.	Die Sch setzen ihr erworbenes Wissen zur Installation einer Solaranlage praktisch in einem Modell um.	Schuhkarton, Bastelmaterialien, Glühlampen, Solarzellen oder Solarbruch, Kabel und Krokodilklemmen oder Lötkolben und Lötzinn

Modul 2-07 Solarstrom auf der Reise.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
15 min SU NaWi Ma	Auch auf Reisen kann Solarstrom nützlich sein. Wie man im kleinen Rahmen Solarenergie nutzen und welche elektrischen Geräte man damit betreiben kann, erarbeiten die Sch anhand eines Alltagsbeispiels. Sie führen einfache Rechnungen durch und aktivieren ihr Wissen über Einflussfaktoren auf die solare Stromerzeugung zur Beantwortung der Fragen auf dem Arbeitsblatt.	Die Sch erwerben alltagspraktisches Wissen über die Nutzung der Solarenergie, indem sie ihr zuvor erworbenes Wissen über verschiedene Einflussfaktoren auf eine Beispielsituation anwenden. So entwickeln sie eine Vorstellung davon, unter welchen Bedingungen wie viel Solarstrom erzeugt und welche elektrischen Geräte damit betrieben werden können.	AB 2-07

Arbeitsblatt 2-01: Solarexperimente – Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage erzeugt?

Los geht's! Lies dir die Anleitungen genau durch und skizziere den Versuchsaufbau bevor du mit den Experimenten beginnst. Nutze ein Multimeter, um die Stromstärke zu messen.

Strahlungsstärke

Eine Solarzelle wird nacheinander von zwei unterschiedlich starken Lampen (z.B. 25 W und 100 W) aus gleicher Entfernung beleuchtet. Wie wirkt sich der Beleuchtungsunterschied auf die Stromstärke aus?



Neigung

Die Solarzelle wird in 90°, 45°, 20° und 0° zur Lampe gehalten. Wie wirken sich die unterschiedlichen Winkel auf die Stromstärke aus?



Ausrichtung zur Sonne

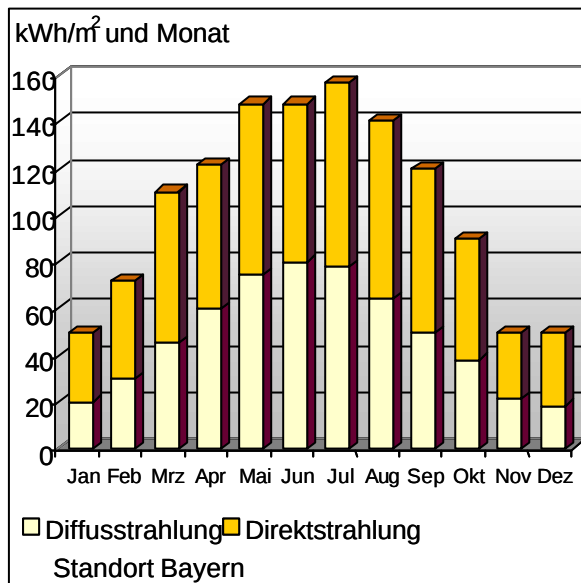
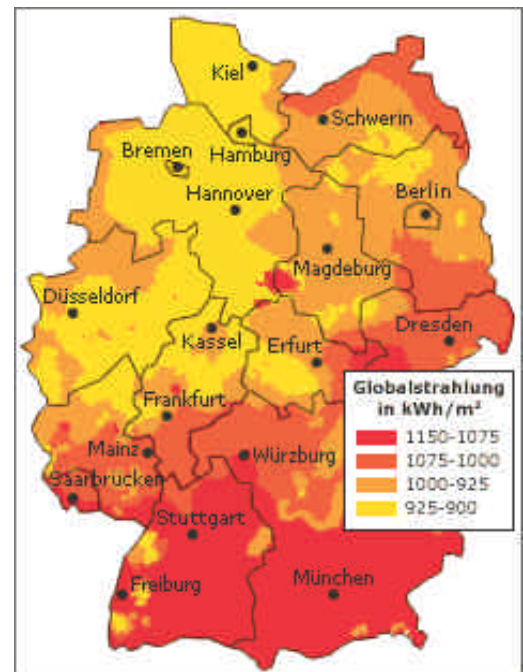
Die Lampe wandert kreisförmig um die Solarzelle herum, ähnlich wie die Sonne um die Erde. Wann ist die Stromstärke am größten?



Verschattung

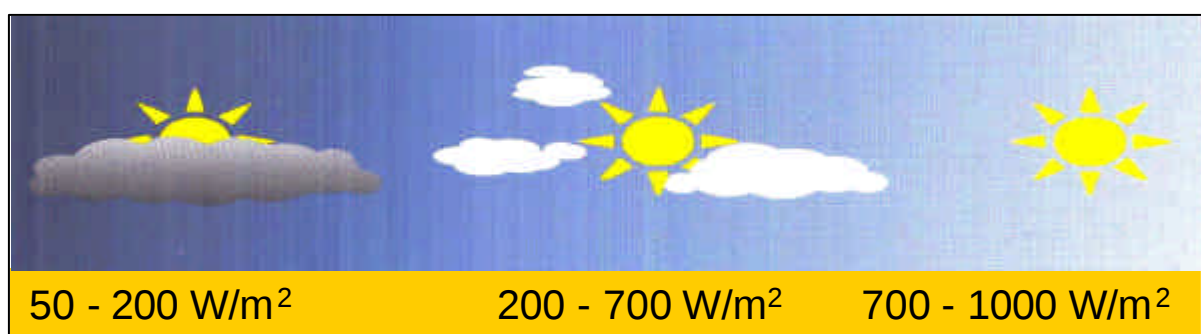
Eine Glasplatte wird verschmutzt und über die Solarzelle gehalten. Die Glasscheibe kann auch mit Schnee, Eis aus dem Kühlschrank oder mit der Hand teilweise abgedeckt werden. Wie ändert sich die Stromstärke?



Folie 2-04: Einfluss der Strahlungsstärke der Sonne**Sonneneinstrahlung über das Jahr verteilt****Sonneneinstrahlung in Deutschland**

Durchschnittliche Sonneneinstrahlung

Schaut euch die zwei Bilder an. Welchen Einfluss haben Jahreszeit und Ort auf Stromerzeugung der Solaranlage? Überlegt, warum die Sonne im Sommer und im Süden stärker strahlt.

Bewölkung und Sonneneinstrahlung

Schaut euch das Bild an. Welchen Einfluss hat das Wetter auf die Stromerzeugung der Solaranlage?

Diskussion für Solarexpertinnen und Solarexperten!

Warum ist die Nutzung der Sonnenenergie in der Sahara einfacher als in Deutschland?

Folie 2-05 Verschattung von PV-Modulen

Schaut euch das Foto an.
Was ist bei der Planung
dieser Solaranlage schief
gelaufen?



www.photovoltaikeforum.com

Schaut euch das Foto an.
Welche Probleme gibt es
hier?

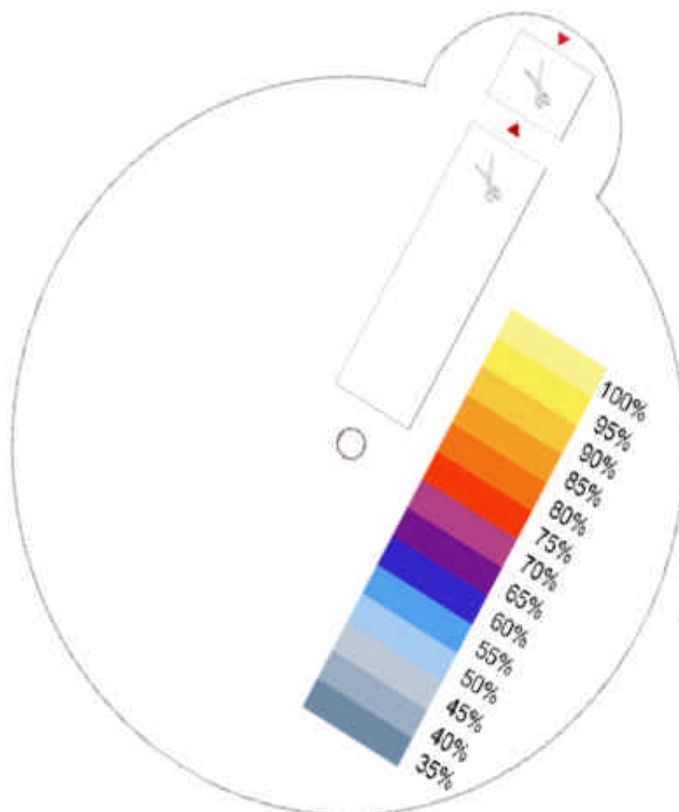
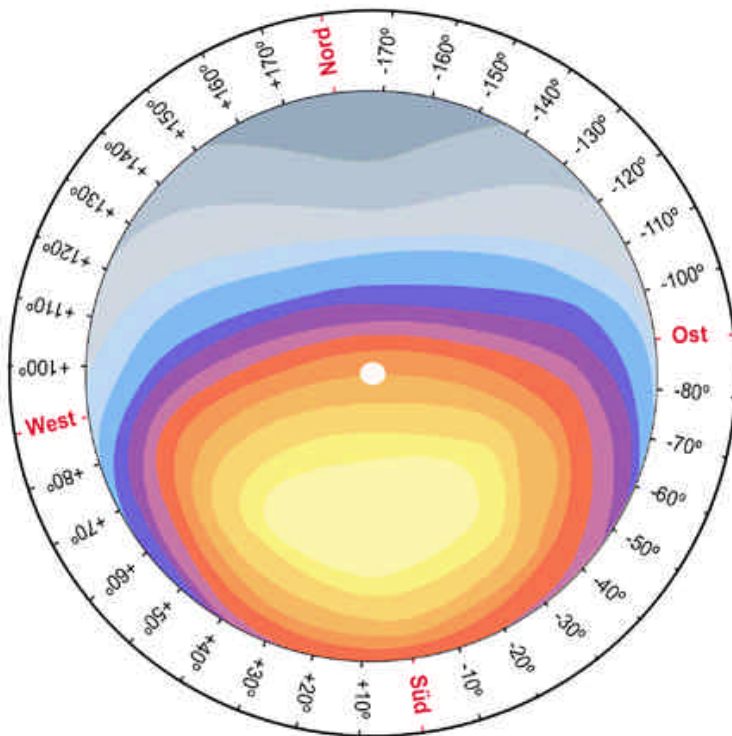


© Klaus-Uwe Gerhardt / PIXELIO (www.pixelio.de)

Überlegt, wodurch Solaranlagen noch verschattet werden können und sucht Lösungen für die Verschattungsprobleme.

Arbeitsblatt 2-06: Sonnenscheibe

Schneide die Scheiben aus und lege sie übereinander! Stecke sie mit einer Musterklammer zusammen!



Arbeitsblatt 2-07: Solarstrom auf der Reise

Zwei Freundinnen fahren im Sommer mit dem Campingbus nach Spanien. Weil sie auf der Reise auf elektrischen Strom nicht verzichten möchten, haben sie drei kleine Solarmodule auf dem Busdach angebracht. Sie erzeugen bei Sonnenschein zusammen ungefähr 50 Watt. An Bord haben sie verschiedene elektrische Geräte:

- drei Energiesparlampen mit je 8 Watt
- eine Glühlampe mit 40 Watt
- ein Solarradio mit 5 Watt
- einen MP3-Player mit 7 Watt
- ein Handy mit 8 Watt
- einen Laptop mit 48 Watt
- eine elektrische Zahnbürste mit 2 Watt



Welche elektrischen Geräte können die beiden Freundinnen bei Sonnenschein zur gleichen Zeit benutzen. Schreibe deine Vorschläge auf.

Können sie tagsüber bei leichter Bewölkung den Laptop benutzen? Begründe deine Antwort.

Um morgens nicht von der Sonne geweckt zu werden, parken sie unter dem Vordach eines Restaurants. Können sie sich morgens die Zähne putzen?

Die Freundinnen möchten auch nachts elektrische Geräte benutzen? Geht das? Was brauchen sie dafür?

Schülerspicker zum Thema „Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?“**Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?**

Strahlungsstärke: Je größer die Strahlungsstärke der Sonne ist, desto mehr Strom fließt.

Neigung zur Sonne: In Mitteleuropa sollten Solarmodule 30° zur Sonne geneigt sein. Wenn die Neigung kleiner oder größer ist, liefert die Solaranlage weniger Strom.

Ausrichtung zur Sonne: Die Solaranlage sollte am besten nach Süden ausgerichtet sein, weil sie so am meisten Sonne abbekommt.

Verschattung: Wenn Teile der Solaranlage verschattet werden, produziert sie weniger Strom.

Reihen- und Parallelschaltung

Die Verschaltung der Solarmodule in Reihe führt zu einer höheren Spannung bei gleicher Stromstärke, die Parallelschaltung zu einer höheren Stromstärke bei gleicher Spannung.

Faustformeln

Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag im Jahresdurchschnitt 1.000 W/m^2 . Ungefähr 10 % der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden. Die elektrische Leistung beträgt also im Durchschnitt 100 W/m^2 . Die Energiemenge, die uns die Sonne in Deutschland jährlich pro m^2 kostenlos zur Verfügung stellt, entspricht damit ca. 100 Litern Heizöl.

Globalstrahlung

Die auf die Erdoberfläche auftretende Sonneneinstrahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet.

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema „Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?“

Reihen- und Parallelschaltung

Die Verschaltung der PV-Module in Reihe führt zu einer höheren Spannung bei gleicher Stromstärke, die Parallelschaltung zu einer höheren Stromstärke bei gleicher Spannung.

Bei der Reihenschaltung verbindet man jeweils den Minuspol des einen mit dem Pluspol des nächsten PV-Moduls. Die Reihenschaltung ermöglicht es, höhere Gesamtspannungen bei gleicher Stromstärke zu erzeugen. Dies wird z.B. in Batterien und Solarzellen angewandt. Die Reihenschaltung ist jedoch anfällig für Ausfälle. Wenn ein einzelnes Element ausfällt oder entfernt wird, fällt die komplette Reihe aus (Beispiel: Lampen in der Lichterkette). Man spricht vom so genannten „Gartenschlaucheffekt“: Wird ein Schlauch an einer einzigen Stelle zugeedrückt, kommt am Ende weniger Wasser raus. Das Problem kann z.B. durch temporäre Verschattung auftreten.

Bei der Parallelschaltung werden jeweils alle Pluspole und alle Minuspole miteinander verbunden, so dass die Gesamtspannung der Spannung eines PV-Moduls entspricht und der Gesamtstrom der Summe der Einzelströme aller PV-Module entspricht. Man kann also durch Parallelschalten mehrerer elektrischer Verbraucher die Gesamtleistung erhöhen (Beispiel: zwei parallele 60 Watt-Lampen verbrauchen zusammen 120 W). In der Parallelschaltung können einzelne Elemente, z.B. eine Solarzelle, hinzugefügt oder zerstört werden, ohne dass die anderen Elemente ausfallen. Oft bringt eine Parallelschaltung höhere Erträge als die Reihenschaltung. Außerdem sind parallel geschaltete PV-Module deutlich weniger empfindlich gegenüber Verschattung. Nachteilig ist dagegen der höhere Installationsaufwand.

Hinsichtlich des Ertrags kann auch eine Kombination aus Reihen- und Parallelverschaltung sinnvoll sein. Man spricht von einer Paarmodulverschaltung, welche die Vorteile beider Systeme vereint und die Nachteile beseitigt.

Einflussfaktoren auf den solaren Ertrag

Standort Die Wahl des Standortes ist eine wichtige Größe für den solaren Ertrag. Um in verschiedenen Ländern Sonnenenergie zur Stromerzeugung zu nutzen, müssen mehrere Einflussfaktoren wie unterschiedliche Sonneneinstrahlung, regionale klimatische Bedingungen (Bewölkung, Sonnenscheindauer etc.) und örtliche Verschattung (Bebauungsdichte, Vegetation) berücksichtigt werden.

Strahlungsstärke Mittags und im Süden strahlt die Sonne intensiver als z.B. morgens und im Norden. Im Sommer strahlt sie stärker als im Winter. Das liegt daran, dass Strahlen aufgrund der Neigung der Erdachse mal mehr und mal weniger steil auf die Erdoberfläche treffen. Je größer die Strahlungsstärke, desto mehr Strom fließt (=höhere Erträge).

Neigung

Ein Photovoltaikmodul sollte immer möglichst direkt der Sonnenstrahlung ausgesetzt sein. Damit die Sonnenstrahlen senkrecht auf das Modul fallen können, ergibt sich für Mitteleuropa eine optimale Neigung von 30°.

Ausrichtung zur Sonne – Azimut

Azimut bezeichnet den Winkel, um den die Solaranlage aus der Südausrichtung gedreht ist.

D.h. wenn die Solaranlage nach Westen ausgerichtet ist, ergibt sich ein Azimut vom 90°. Je direkter das PV-Modul zur Sonne ausgerichtet ist, desto höher ist der gemessene Strom.

Verschattung

Werden Teile des PV-Moduls oder das Gesamtmodul verschattet, so sinken die Erträge der Anlage. Oft werden Solaranlagen zu bestimmten Tageszeiten verschattet, z.B. morgens, wenn die Sonne tiefer steht. Temporäre Verschattung tritt ebenfalls aufgrund von Schnee, Laub, Vogelkot oder sonstiger Verschmutzung auf. Wenn nur Teile der Anlage verschattet sind, lässt sich der Verlust durch eine angepasste Parallelverschaltung minimieren.

Direkte und diffuse Strahlung

Die auf die Erdoberfläche auftretende Strahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet. Sie setzt sich aus der direkten und der diffusen Strahlung zusammen. Direkte Strahlung führt zu scharfen Schattenwürfen, diffuse Strahlung besitzt keine vorgegebene Richtung. Je größer der Anteil direkter Strahlung, desto höher ist der Ertrag der Solaranlage. Auch der diffuse Anteil der Strahlung ist wichtig und nutzbar. Er beträgt in unseren Breiten im Jahresdurchschnitt je nach Jahreszeit 50 bis 70 %. Summiert man die Globalstrahlung übers Jahr, so ergeben sich in unseren Breiten ca. 1.000 kWh/m²a. Davon können ungefähr 10% genutzt und in elektrischen Strom umgewandelt werden, d.h. 100 W/m². Die Energiemenge, die uns die Sonne in unseren Breitengraden jährlich pro m² kostenlos zur Verfügung stellt, entspricht damit ca. 100 Litern Heizöl.

9 Thema 3: Wir verbessern unsere Solaranlage!

Einführung

Ausgehend von Messungen zur eigenen Solaranlage vergleichen die Schülerinnen und Schüler den idealen und tatsächlichen Ertrag der schuleigenen Anlage. Sie setzen Stromertrag und -verbrauch miteinander in Beziehung und entwickeln Vorschläge, wie man die beiden aneinander anpassen kann. Außerdem überprüfen die Kinder, ob sich der Bau einer Solaranlage finanziell lohnt, indem sie einfache Berechnungen zur Vergütung von Solarstrom nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) durchführen. Es bietet sich an, aufgrund der Messungen und Berechnungen, das Thema vor allem in den Naturwissenschaften und in Mathematikunterricht durchzuführen. Anknüpfungspunkte finden sich aber auch im Geografie-, Sozialkunde- und Deutschunterricht.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Umgang mit folgenden Messgeräten: Luxmeter, Strommessgerät

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 3-01: Besorgung von Luxmetern zur Messung des Lichts. Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über Messungen an den Solarmodulen.
- Modul 3-03: Besorgung von Luxmetern und Stromverbrauchsmessern. Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über den Energierundgang.

Module für den Unterricht

Modul 3-01 Erzeugt eine Solaranlage immer gleich viel Strom?

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min SU NaWi Mathematik	Die SchülerInnen tragen an verschiedenen Tagen Messwerte zur solaren Stromerzeugung, Sonneneinstrahlung und Wetterlage in eine Tabelle ein. Außerdem erfragen oder errechnen sie die Gesamtleistung der schuleigenen Solaranlage und vergleichen diese mit der aktuellen Leistung. Im Klassengespräch werden die Ergebnisse diskutiert.	Die SchülerInnen erschließen Zusammenhänge aus Messdaten. Sie erkennen den Unterschied zwischen optimalem und realem Ertrag und können Gründe dafür nennen.	AB 3-01, Luxmeter

Modul 3-02 Lohnt sich eine Solaranlage auf dem Dach?

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
25 min SU NaWi Mathematik Geographie Sozialkunde	Die SchülerInnen berechnen anhand eines einfachen Beispiels, wie viel Geld man nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) für eingespeisten Solarstrom vom Staat erhält und inwiefern sich das positiv auf die Stromrechnung auswirkt. Sie stellen Vermutungen darüber an, warum Solarstrom in Deutschland gefördert wird.	Die SchülerInnen wissen, dass Solarstrom gefördert wird und diskutieren den Nutzen solcher Förderungen. Sie setzen ihr Wissen in einer Textaufgabe rechnerisch um.	AB 3-02

Modul 3-03 Energierundgang – Auf der Suche nach den Stromverbrauchern!

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
45 min SU NaWi	Die SchülerInnen machen einen Energierundgang, um herauszufinden, wo wie viel Strom in der Schule verbraucht wird. Sie tragen ihre Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt ein und sammeln Ideen, um Stromverbrauch und -bedarf der Schule aneinander anzupassen. Mittels einer Folie ergänzen sie ihre Vorschläge.	Die SchülerInnen entwickeln anhand einer Ist-Zustandsanalyse Optimierungsvorschläge zum Stromsparen und zur Verbesserung der Solaranlage.	AB 3-03, F 3-03, OH-Projektor, Strommessgerät, Luxmeter

Modul 3-04 Brief an die Schulleitung zur Verbesserung der schulischen Energiesituation.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min SU NaWi Deutsch	Aufbauend auf Modul 3-03 formulieren die SchülerInnen Energiesparvorschläge und technische Verbesserungsideen für die schuleigene Solaranlage in einem Brief an die Schulleitung.	Die SchülerInnen üben formales Schreiben anhand der Solarthematik, indem sie Verbesserungsvorschläge in einem Brief formulieren und begründen.	AB 3-04, Scheren

Arbeitsblatt 3-01: Erzeugt unsere Solaranlage immer gleich viel Strom?

Erzeugt eine Solaranlage an jedem Tag und zu jeder Stunde gleich viel Strom? Schreibe deine Vermutungen auf und begründe sie.

Wie viel Kilowatt_{peak} (kW_p) Gesamtleistung hat die Solaranlage? _____ kW_p

Kilowatt_{peak} (kW_p)

Peak ist englisch und bedeutet Spitze. In kW_p wird also die Spitzenleistung einer Solaranlage angegeben.

Wenn die Gesamtleistung nicht auf dem Display angegeben wird, gibt es zwei Möglichkeiten diese heraus zu finden:

- Die genaue Gesamtleistung kannst du errechnen, wenn du weißt, wie viele Solarmodule miteinander verbunden sind und wie viel Leistung ein einzelnes Solarmodul hat.
- Frag den Hausmeister oder die Hausmeisterin!



Messreihe

Deine Aufgabe ist es nun, die Tabelle zu vervollständigen. Die Strahlungsstärke kannst du messen, indem du das Luxmeter auf ein Solarmodul legst. Wenn das nicht möglich ist, kannst du die Messung auch auf dem Schulhof durchführen, indem du das Luxmeter so hältst, dass es wie die Solarmodule zur Sonne zeigt.

Datum	Zeit	Wetter (Schnee, Regen, stark bewölkt, leicht bewölkt, sonnig)	Strahlungsstärke in lux	Aktuelle Leistung in Watt	Unterschied zur Gesamtleistung in Watt

Gibt es einen Unterschied zwischen der aktuellen Leistung und der Gesamtleistung?

Wenn ja, woran könnte das liegen?

Arbeitsblatt 3-02: Lohnt sich eine Solaranlage auf dem Dach?

Im **Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)** steht, dass man für Strom aus Solaranlagen Geld vom Staat bekommt. Man sagt auch, der Strom wird vergütet. Solarstrom wird deshalb meistens nicht vor Ort verbraucht, sondern in das öffentliche Stromnetz eingeleitet.

Ort	Größe der Solaranlage	Vergütung im Jahr 2009
Dach	kleiner als 30 kW _p größer als 30 kW _p	44,42 Cent pro kWh 42,25 Cent pro kWh



Rechenaufgabe

Eine Familie verbraucht im Jahr 4.000 kWh Strom. Dafür bezahlt sie 720 Euro. Die Familie baut eine kleine Solaranlage, die im Jahr 2.000 kWh Strom erzeugt. Diesen Strom leitet sie in das öffentliche Stromnetz ein.

Wie viel Geld bekommt die Familie für den Solarstrom?

Hat die Familie am Ende des Jahres mit der Solaranlage Geld verdient?

Begründe deine Antwort.

Wie hoch wäre die Stromrechnung, wenn die Familie den Solarstrom selbst verbraucht hätte?

Warum gibt der Staat Geld aus, um Solarenergie zu fördern?

Was hältst du davon, dass man für Solarstrom Geld bekommt?

Arbeitsblatt 3-03: Auf der Suche nach den Stromverbrauchern

Begib dich auf Spurensuche! Es gibt viele elektrische Geräte in der Schule, die jede Menge Strom fressen. Auch Lampen gehören dazu. Finde heraus, wo Strom eingespart werden kann.

Überprüfe zunächst, wie hell die Beleuchtung in deiner Schule ist. Dafür brauchst du ein Luxmeter. Dieses Messgerät misst die Helligkeit des Lichts. Zum Messen musst du natürlich die Lichter in den Räumen einschalten.

Raum/Ort	Messergebnis in lux	persönliche Einschätzung (zu hell, zu dunkel, ok)	Möglichkeit, das Licht einzuschalten? (ja/nein)

Richtige Beleuchtung!!!

Fachraum: 500 lux

Finde heraus, welche Geräte an deiner Schule Strom verbrauchen und wie hoch ihr Stromverbrauch ist. Dafür brauchst du ein Strommessgerät, das zwischen Steckdose und Gerät eingesteckt wird.

Raum/Ort	Gerät	Stromverbrauch in kWh	Zustand (an/Standby/aus)

Ideensammlung

Die meisten Solaranlagen auf Schuldächern erzeugen nicht so viel Strom, wie die Schule braucht. Was können wir tun, um das zu verbessern? Notiere hier deine Vorschläge.

Ideen zur Verbesserung der Solaranlage

Ideen zum Stromsparen

Folie 3-03: Wir sparen Strom an unserer Schule

Hausmeister, Hausmeisterin oder Schulleitung	Alle Schülerinnen, Schüler oder Lehrkräfte
Nicht benötigte Lampen abschrauben	Licht nur anschalten, wenn nötig (z.B. nur Tafelbeleuchtung oder Wandseite)
Lampen säubern	Aufkleber auf Lichtschalter: Wandseite, Tafel und Fensterseite
Schule möglichst bei Tageslicht putzen	Beleuchtung in den großen Pausen ausschalten
Helle Wandfarben benutzen, damit weniger Licht benötigt wird	Aushänge und Schwarzes Brett in hellem Bereich anbringen
Nicht benötigte Geräte abschalten (Kühlschränke, Warmwasserboiler)	Stecker ziehen bei elektrischen Geräten, die sich nicht richtig ausschalten lassen
Lüftungsanlagen (Turnhalle, Aula, Mensa) nur einschalten, wenn nötig	Kein Standby bei elektrischen Geräten (Kopierer, Video, Computer), Geräte stattdessen ganz ausschalten
	Computerbildschirme und Drucker bei längeren Pausen ausschalten
	Thermoskanne nutzen statt Wärmplatte bei Kaffeemaschine
	Inhalte mehrerer halbgefüllter Kühlschränke zusammenlegen
	Vereiste Kühlschränke abtauen

Arbeitsblatt 3-04: Brief an die Schulleitung zur Verbesserung der Schule

Brief an die Schulleitung (bitte Scherenstrichellinie um Brief rum zum Ausschneiden ---)

Schreibe einen Brief an die Schulleitung. Mache Vorschläge, wie die Schule Energie sparen kann. Schreibe außerdem Ideen zur Verbesserung der Solaranlage auf.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Lies dir den Brief noch einmal durch und verbessere die Rechtschreibfehler. Schneide ihn dann aus und gebe ihn deiner Schulleiterin oder deinem Schulleiter.

Schülerspicker zum Thema „Wir verbessern unsere Solaranlage!“

Was ist das Erneuerbare Energien Gesetz?

In dem Gesetz steht, dass man für Strom aus Solaranlagen und Windrädern Geld bekommt. Der Strom wird nicht selbst genutzt, sondern in das öffentliche Stromnetz eingeleitet oder eingespeist. Deshalb braucht jede Solaranlage einen Stromzähler. Das Gesetz soll bewirken, dass viele Solaranlagen und Windräder gebaut werden. Das Gesetz ist wichtig für den Klimaschutz.

Verbesserungsvorschläge im Energiebereich

Normalerweise braucht eine Schule viel mehr Strom, als eine kleine Solaranlage erzeugen kann. Es gibt aber zwei Möglichkeiten hier etwas zu tun:

- Wir verbessern oder vergrößern die Solaranlage und erzeugen dadurch mehr Strom!
- Wir sorgen dafür, dass weniger Strom an der Schule verbraucht wird!

Stromspartipps

- Licht aus, wenn es nicht gebraucht wird!
- Lichtschalter beschriften!
- Energiesparlampen verwenden!
- Elektrische Geräte ganz ausschalten, kein Standby!
- Computer und Drucker nicht unnötig laufen lassen!
- Leere Kühlschränke abschalten!
- Alte Geräte durch neue energiesparende Geräte austauschen!

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema „Wir verbessern unsere Solaranlage!“

PV-Leistung

Um die Leistung eines Solarmoduls zu errechnen, multipliziert man die Spannung mit der Stromstärke. Die Formel lautet: $P = U \times I$. Leistung wird in Watt, Spannung in Volt und Stromstärke in Ampère

angeben. Die Spannung einer Solarzelle ist festgelegt. Sie beträgt meistens 0,5 V. Die Stromstärke hängt von der Sonneneinstrahlung ab. Deshalb wird für die PV-Leistung ein „Idealwert“ in W_p angegeben, der bei Sonnenschein, optimaler Ausrichtung und Neigung sowie einer bestimmten Temperatur erreicht werden kann. Durch die Art der Verschaltung der Solarmodule können Spannung und Stromstärke verändert und Leistungsverluste durch Verschattung minimiert werden.

Erneuerbare Energien Gesetz

Das deutsche Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, in der geläufigen Kurzfassung Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) genannt, soll den Ausbau von Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen fördern. Es dient vorrangig dem Klimaschutz und gehört zu einer ganzen Reihe gesetzlicher Maßnahmen, mit denen die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern wie Erdöl, Erdgas oder Kohle verringert werden soll. Das deutsche EEG gilt als Erfolgsgeschichte der Einspeisevergütung und wurde von 47 Staaten übernommen.[http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz - cite note-0](http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz_-_cite_note-0) Eine vom deutschen Bundestag am 6. Juni 2008 beschlossene novellierte Fassung ist am 1. Januar 2009 in Kraft getreten. Die Novellierung 2008 hat das Ziel, den Anteil Erneuerbarer Energien bis 2020 auf 25-30 % zu erhöhen. Das neue EEG 2009 bezieht sich nur auf den Strombereich.

10 Solarenergie in der Diskussion

Einführung

Warum nehmen wir nicht den Strom aus der Steckdose? Warum fördert der Staat Solarenergie? Worin besteht die eigene Verantwortung? Diese und weitere Fragen werden im vierten Themenbereich diskutiert. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Themen, in denen die Schülerinnen und Schüler sich intensiv mit der Solartechnik und der eigenen Solaranlage auseinandergesetzt haben, steht nun die Bildung einer eigenen Meinung über die Nutzung und Förderung von Solarenergie im Vordergrund. Neben Diskussionen kommen produktorientierte Methoden zum Einsatz, wie die Erstellung von Referaten und Plakaten oder die Entwicklung eines Wissensspiels, die besonders auch im fächerübergreifenden Unterricht realisiert werden können. Darüber hinaus werden verschiedene Online-Spiele und Quiz vorgestellt, die im Unterricht zur Wissenserweiterung und -festigung eingesetzt werden können.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundlagen zur Solarenergie
- Computerkenntnisse und Erfahrungen in der Internetrecherche

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 4-01: Bereitstellung von großen Plakaten oder A0-Papier.
- Modul 4-03: Organisation des Computerraums für die Internetrecherche..
- Modul 4-04: Organisation des Computerraums für die Internetrecherche.
- Modul 4-05: Organisation des Computerraums für Online-Spiel und Quiz.
- Modul 4-06: Organisation des Computerraums für das Online-Spiel.
- Modul 4-07: Organisation des Computerraums für die Internetrecherche.

Module für den Unterricht

Modul 4-01 Stille Diskussion: Wieso nehmen wir den Strom nicht einfach aus der Steckdose?

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
25 min Deu Geo Soz	Die SchülerInnen führen eine „Stille Diskussion“ über den Nutzen der Solarenergie durch. Im Klassenraum werden drei bzw. sechs große Plakate mit folgenden Fragestellungen ausgelegt (eine Frage pro Blatt): 1. Wieso nehmen wir den Strom nicht einfach aus der Steckdose? 2. Jeder kann die Welt verändern! Wohnst du nur oder sparst du schon? 3. Was tun wir, damit unsere eigenen Kinder besser leben? Die SchülerInnen verteilen sich auf die Plakate und schreiben ihre Gedanken zu den Fragen auf. Nach einer vorgegebenen Zeit wechseln sie zu einem anderen Plakat, lesen die Kommentare und fügen eigene weiterführende Überlegungen hinzu. Danach wird ein weiteres Mal gewechselt. Sollte nach der stillen Phase weiterer Diskussionsbedarf bestehen, kann in eine mündliche Debatte übergegangen werden.	Die SchülerInnen bilden sich eine eigene Meinung zum Nutzen der Solarenergie und entwickeln Zukunftsvisionen.	3 bzw. 6 große Plakate, Filzstifte oder Eddings

Modul 4-02 Warum ist Solarenergie sinnvoll?

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min SU NaWi Deu Geo Soz	Der Staat fördert Solarenergie. Warum? Ausgehend von dieser Frage diskutieren die SchülerInnen in einem Klassengespräch die Vorteile der solaren Energieerzeugung. Die L sammelt die wichtigsten Argumente an der Tafel. Wenn die Sch bereits Vorwissen über fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran haben, sollen sie dieses in die Diskussion einbringen. Ergänzend können die Vorteile anderer erneuerbarer Energien thematisiert werden.	Die SchülerInnen reflektieren ihr Wissen zur Solarenergie und bilden sich eine eigene Meinung zur Förderung erneuerbarer Energien.	

Modul 4-03 Referate zur Solarenergie.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
Zeit variabel SU NaWi Deu Ku Geo Soz	Durch die Ausarbeitung von Referaten in Einzel-, Partner oder Gruppenarbeit erschließen sich die SchülerInnen eigenständig fächerübergreifendes Wissen zur Solarenergie. Als Expertinnen und Experten präsentieren sie ihr Teilthema vor der Klasse und erstellen dazu nach Möglichkeit selbst einen „Schülerspiker“ (Handout) mit den wichtigsten Informationen, der für alle vervielfältigt werden kann. Die SchülerInnen werden dazu angeregt, ihre Präsentation anschaulich mit Fotos, Grafiken und Tafelbildern zu gestalten. Arbeitsauftrag könnte z.B. sein, zu jedem Referat ein Plakat zu erstellen, das später im Schulgebäude ausgehängt wird. Der Zeitrahmen für die Ausarbeitung und Präsentation sollte zu Beginn festgelegt werden. Die Referatsliste ist so gestaltet, dass sie – wenn doppelseitig kopiert und ausgeschnitten – verteilt werden kann. Vorne auf den Kärtchen steht jeweils das Thema, auf der Rückseite befinden sich Stichpunkte und Literaturhinweise für die Internetrecherche. Die aufgelisteten Broschüren können unter Eingabe der Titel in den gängigen Suchmaschinen gefunden werden.	Die SchülerInnen lernen, ihr erworbenes Fachwissen zur Solarenergie anschaulich zu präsentieren.	Referatsliste 4-03, Plakate, Internet, Drucker

Modul 4-04 Wissensspiel zur Solarenergie.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
Zeit variabel SU NaWi Deu Ku Geo Soz	Mithilfe der Kärtchen aus der Referatsliste (Modul 4-03) entwickeln die SchülerInnen selbstständig ein Wissensspiel. Sie erhalten den Auftrag, zu jedem vermerkten Stichpunkt eine bestimmte Anzahl von Fragen zu formulieren und diese auf Karteikarten (die späteren Spielkarten) mit den entsprechenden Antworten zu notieren. Literaturhinweise zu Fachartikeln im Internet finden sie auf der Referatsliste. Dann werden nur noch ein Spielbrett mit Start- und Zielpunkt, Spielfiguren und ein Würfel benötigt und fertig ist das Wissensspiel. Je nach Zeitaufwand können arbeitsteilig Spielbrett, Spielfiguren und Spielregeln selbst gestaltet werden. Bei großen Klassen wird das Spiel in mehreren Gruppen gespielt und die Spielkarten werden flexibel ausgetauscht.	Die Spielentwicklung soll die SchülerInnen motivieren, sich intensiv mit den Fachinhalten auseinanderzusetzen. Während der gemeinsamen Spielphase erweitern und festigen sie spielerisch ihr Wissen. Denkbar ist auch eine klassenübergreifende Spielstunde mit anschließender Evaluation und Überarbeitung des Spiels.	Referatsliste 4-03, Karteikarten, Internet, Spielbretter, Spielfiguren und Würfel

Modul 4-05 Online -Soiele und Quiz zum Thema Energie und Klimaschutz.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min SU NaWi Geo	Unter www.solar-is-future.de/kids/ finden sich verschiedene Spiele und Quiz zu den Themen Sonne, Solarstrom, Umwelt und Zu Hause, welche die SchülerInnen selbstständig und ohne weitere Anleitung spielen bzw. lösen können. Einfach auf „Hier geht's los“ klicken! Ein Klimaquiz findet sich unter www.bildungscnt-spiel.de/bmu .	Die SchülerInnen festigen und ergänzen eigenständig ihr Wissen über Sonnenenergie, Solarstrom, Klimaschutz und Energiesparen.	Internet

Modul 4-06 Online -Spiel „powerado“ zum Thema erneuerbare Energien.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
15 min SU NaWi Geo	Das Online-Spiel „powerado“ ist unter www.powerado.de zu finden. Nachdem die SchülerInnen die Anleitung gelesen haben, können sie beginnen. Das Spiel ist ähnlich aufgebaut wie Tetris. Aufgabe ist es, ein Dorf mit Energie zu versorgen und dabei auf umweltfreundliche Energieerzeugung zu achten. Zwischen den verschiedenen Levels müssen Wissensfragen beantwortet werden.	Die SchülerInnen beschäftigen sich spielerisch mit umweltfreundlicher Energieerzeugung.	Internet

Modul 4-07 Pressearbeit zur Solarenergie.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min SU NaWi Geo Deu Ku	Die SchülerInnen verfassen Presseartikel evtl. mit Fotos für die Homepage der Schule oder Schülerzeitung, in denen sie über die schuleigene Solaranlage informieren. Alternativ dazu erstellen sie Informationsplakate und hängen sie im Schulgebäude auf.	Die SchülerInnen präsentieren ihre Lernergebnisse themenbezogen, sachlich und sprachlich richtig. Sie betreiben mit ihrem Produkt Öffentlichkeitsarbeit für die Schule.	Computer, Drucker, Internet, evtl. Fotoapparat, Plakate und Zeichenwerkzeug

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

Bitte an den gestrichelten Linien in einzelne Karten schneiden.

Welche erneuerbaren Energien gibt es neben der Sonnenenergie?	Warum ist die Sonne lebenswichtig für uns?
Wird die Solarenergie auf der ganzen Welt genutzt?	

➤ Licht ➤ Wärme ➤ Regen ➤ Wind ➤ WasIstWas Band 3: Energie ➤ WasIstWas Band 76: Die Sonne ➤ www.solar-is-future.de/kids ➤ (Buch als PDF > Die Sonne) ➤ www.blinde-kuh.de ➤ www.wasistwas.de ➤ •www.geolino.de	➤ Wind ➤ Wasser ➤ Biomasse ➤ WasIstWas Band 3: Energie ➤ WasIstWas Band 48: Luft und Wasser ➤ www.solar-is-future.de/kids/ ➤ (Buch als PDF > Umwelt) ➤ • www.blinde-kuh.de ➤ www.wasistwas.de ➤ www.geolino.de
	➤ Beispiele aus anderen Ländern, z.B. Spanien, USA ➤ Sonne in der Sahara ➤ WasIstWas Band 3: Energie ➤ WasIstWas Band 76: Die Sonne ➤ www.blinde-kuh.de ➤ www.wasistwas.de ➤ www.geolino.de

Schülerspicker zum Thema „Solarenergie in der Diskussion“

Die Schülerspicker werden im Rahmen der Referate von den Kindern selbst erstellt und können dann vervielfältigt werden.

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema „Solarenergie in der Diskussion“

In der Literaturliste befinden sich vielfältige Anregungen zur intensiven Auseinandersetzung mit der Thematik. Eine Ausführung an dieser Stelle würde den Rahmen sprengen.

Literaturliste**Broschüren**

- BINE:
- Photovoltaik
- Schüler sparen Energie
- Effiziente Kraftwerke
- Energie im Wandel, Klima und Energie
- Was ist Energie?
- Solarthermische Kraftwerke werden Praxis
- Thermische Nutzung der Solarenergie

UfU:

- Good Practice – Schlafende Solaranlagen für die Umweltkommunikation nutzen
- Leitfaden zur Nutzung von Fotovoltaikanlagen
- Kleines Handbuch für Klimaretter
- Energ(W)ie sparen an Schulen
- Energiesparen und erneuerbare Energien

BMU:

- Solarthermische Kraftwerke
- Umweltbewusstsein in Deutschland 2008
- SMA Solar Technology AG

(www.solar-is-future.de/kids/):

- Die Sonne
- Solarstrom
- Umwelt
- Zu Hause

Berlin Partner:

- Solarenergie in der Hauptstadtregion Berlin/Brandenburg

DGS:

- Nutzerinformation Solarthermie

Schott:

- Solar – Energie für die Zukunft

powerado:

- Bildung und erneuerbare Energien
- Renewables in a Box Primary

Außenhandelsstelle Madrid:

- Förderungen im Bereich Erneuerbarer Energien in Spanien

FVS Themen 2003:

- Dünnschicht Solarzellen aus Silizium

Schulbücher

- Diercke spezial, Globaler Klimawandel, Westermann Verlag
- TERRA global, Klima im Wandel, Klett Verlag
- TERRA Thema, Globaler Klimawandel, Themenheft und Materialmappe, Klett Verlag
- Materialsammlung Energie, Cornelsen Verlag
- Eyes On Energy – Themenheft 4 – Solarenergie, VWEW Verlag

Jugendbücher

- Energie, Forschungszentrum Jülich u.a. (Hg.) <http://www.energie-in-der-schule.de/>
- Kraftwerk Sonne, Rowohlt Taschenbuch Verlag
- WasIstWas Band 3 – Energie, Tessloff Verlag
- WasIstWas Band 48 – Luft und Wasser, Tessloff Verlag
- WasIstWas Band 74 – Naturkatastrophen, Tessloff Verlag
- WasIstWas Band 76 – Die Sonne, Tessloff Verlag
- WasIstWas Band 125 – Das Klima, Tessloff Verlag

Internetseiten

<http://www.ufu.de/>

<http://www.solarsupport.de/>

<http://www.powerado.de/>

<http://www.solarserver.de/>

<http://www.solar-is-future.de/kids/>

<http://www.blinde-kuh.de/>

<http://www.wasistwas.de/>

<http://www.geolino.de/>

<http://www.solarwirtschaft.de/>

<http://www.sfv.de/>

<http://www.eeg-aktuell.de/>

<http://www.umweltministerium.de/>

<http://www.izt.de/>

<http://www.bmu.de/>

<http://www.bafa.de/>

<http://www.kwk-modellstadt-berlin.de/>

<http://www.fiftyfiftyplus.de/>

<http://www.schule-energie-bildung.de/>

<http://www.energie-in-der-schule.de/>

<http://www.umweltschulen.de/>

<http://www.bmu.de/bildungsservice>

<http://www.solarwaerme.at/Lehrer-Center/>

Online -Spiele und Online -Quizze

- Spiele und Quizze zu Sonne, Solarstrom, Umwelt und Energie sparen zu Hause: www.solar-is-future.de/kids/
- Klimaquiz: www.bildungscnt-spiel.de/bmu
- Klimaquiz „Mission Blue Planet“: www.mission-blue-planet.de
- Spiel zum Thema Energieversorgung „powerado“: www.powerado.de

11 Unterrichtseinheit Solarsupport für die Sekundarstufe

Allgemeine Hinweise zum Schulpaket

Das Schulpaket Solarsupport zielt darauf ab, die an Schulen vorhandenen Photovoltaikanlagen in den Unterricht einzubinden. Es richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe, Klasse 7-10. Neben dem theoretischen Wissenserwerb zum Thema Solarenergie stehen praktische Übungen und Experimente im Vordergrund. Über verschiedene handlungsorientierte Methoden und Medien sollen die Jugendlichen forschend tätig werden und sich Fachinhalte selbständig in Teamarbeit aneignen. Das Thema Solarenergie kann in verschiedenen Fächern und fächerübergreifend in den Unterricht integriert werden. Neben der thematischen Einbindung in die naturwissenschaftlichen Fächer gibt es vielfältige Schnittstellen zu den Bereichen Geografie, Sozialkunde, Mathematik, Bildende Kunst und Deutsch. Die Unterrichtsinhalte sind so konzipiert, dass sie auch von Lehrerinnen und Lehrern, die nicht im naturwissenschaftlichen Bereich tätig sind, durchgeführt werden können.

Warum sollen schlafende Solaranlagen geweckt werden?

Umweltbildung und Klimaschutz gehören zum gesellschaftlichen Auftrag der Schule. Der Einsatz erneuerbarer Energien spielt beim Klimaschutz eine zunehmend wichtigere Rolle. Das Schulpaket Solarsupport schafft und verbessert die Akzeptanz für erneuerbare Energien. Die Schülerinnen und Schüler erwerben nachhaltiges Wissen zur Photovoltaik und bilden sich eine eigene Meinung. Sie erkennen, welche Bedeutung die Energieversorgung in ihrem Alltag hat und welche Verantwortung jeder Mensch für die Gestaltung unserer Umwelt trägt. Für die Schule besteht die Möglichkeit, das Thema Sonnenenergie dauerhaft in das Curriculum und Schulprofil einzugliedern sowie einen positiven Beitrag zur Außendarstellung der Schule zu leisten. Zu den Lerninhalten gehören:

- Grundlagen zur Photovoltaik
- Aufbau und Funktionsweise einer Solaranlage
- Einflussfaktoren bei der solaren Stromerzeugung
- Solartechnik: Messreihen und Experimente
- Berechnungen zu Auslegung, Wirkungsgrad und Amortisierung von Solaranlagen
- Optimierung von Solaranlagen
- Förderbedingungen von Solarenergie in Deutschland
- Stromsparen in der Schule
- Solarenergie im Rahmen von Klimawandel und Klimaschutz

Aufbau und Inhalt des Schulpakets.

Thema 1	Wie funktioniert unsere Solaranlage? (Physik, Chemie, Geografie, Deutsch, Informatik)
Thema 2	Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert? (Physik, Geografie, Bildende Kunst, Mathematik)
Thema 3	Wir verbessern unsere Solaranlage! (Physik, Mathematik, Chemie, Geografie, Sozialkunde, Deutsch, Informatik)
Thema 4	Solarenergie in der Diskussion (Geografie, Deutsch, Sozialkunde, Physik, Bildende Kunst, Chemie, Informatik)

Das Schulpaket Solarsupport ist in vier Themenbereiche gegliedert, zu denen verschiedene Unterrichtsmodule angeboten werden. Jedes Thema beginnt mit einer kurzen Einführung in die vorgesehenen Lerninhalte, Methoden und Medien. Zur Vorbereitung auf den Unterricht wird dargestellt, welches Vorwissen die Schülerinnen und Schüler zur Erarbeitung der Lerninhalte benötigen und welche Vorbereitungen seitens der Lehrkraft zu treffen sind. Die Module können einzeln oder miteinander verknüpft im Unterricht bearbeitet werden. Die modulare Zusammenstellung erlaubt eine Auswahl der Lerninhalte nach dem aktuellen Wissenstand der Jugendlichen und entsprechend den zeitlichen und fachlichen Vorstellungen und Vorgaben für den Unterricht. Die Module sind – ähnlich einer Verlaufsplanung – tabellarisch aufgebaut. Arbeitsschritte und Methoden zur Vermittlung der Lerninhalte werden detailliert erklärt und Lernziele formuliert. Darüber hinaus werden Angaben über Materialien, Medien, Zeit und Fächer gemacht. Die entsprechenden Kopiervorlagen für Arbeitsblätter (AB), Folien (F) und „Schülerspicker“ finden sich im Anschluss. Auf dem „Schülerspicker“ sind die wichtigsten Lerninhalte zum Thema zusammengefasst. Er kann an die Jugendlichen ausgeteilt und von ihnen zur Vorbereitung auf Lernerfolgskontrollen genutzt werden. Am Ende jeder Themeneinheit werden die zu vermittelnden Fachinhalte ausführlich beschrieben, so dass auch fachfremde Lehrerinnen und Lehrer sich auf den Unterricht vorbereiten können.

Wo finde ich das Thema Solarenergie im Rahmenlehrplan?

Das Thema Solarenergie in den einzelnen Fächern der Jahrgangsstufe 7/8.

Fach	Themenbereich
Physik	Energie und Energieerhaltung Energietechnik Innerer Aufbau der Materie Elektrizität – elektrischer Strom Experimentieren, protokollieren, auswerten
Chemie	Atombau Energie und Chemie Rohstoffe und Energieträger
Geographie	Standortfaktoren und Strukturwandel Klima- und Vegetationszonen Naturgeografische Kreisläufe und anthropogene Eingriffe Geografische Arbeitstechniken: Karten und Kartogramme Daten erheben, beobachten und messen
Sozialkunde	Ökologie und Gesellschaft
Deutsch	Mediengestaltung und Reportage Medien nutzen und reflektieren Sachtexte verfassen Formales Schreiben Argumentieren und diskutieren Vortragen und informieren
Mathematik	Daten recherchieren und grafisch auswerten Zins- und Prozentrechnung Textaufgaben
Informatik	Vernetzte Informationsstrukturen: Internet
Bildende Künste	Bildhaft gestalten und ausdrücken: Collage, Plakat Kommunikation und Mediengestaltung Technisches Zeichnen

Das Thema Solarenergie in den einzelnen Fächern der Jahrgangsstufe 9/10.

Fach	Themenbereich
Physik	Energie, Energieerhaltung und –übertragung Energieversorgung Atom- und Kernphysik Elektrizität – Elektrotechnik Experimentieren, protokollieren, auswerten Wellenlehre und Quantenphysik Halbleiter
Chemie	Atombau Energie und Chemietechnik Rohstoffe und Energieträger Kohlenwasserstoffe
Geographie	Globale Zukunftsszenarien und Wege zur Nachhaltigkeit auf lokaler und globaler Ebene Klimaveränderungen Natürliche Ressourcen und Ressourcenmanagement Geografische Arbeitstechniken: Karten und Kartogramme Daten erheben, beobachten und messen
Sozialkunde	Wirtschaft und Arbeitsleben Technischer Wandel Lebensgestaltung im 21. Jahrhundert: Zukunftsperspektiven
Deutsch	Mediengestaltung und Reportage Medien nutzen und reflektieren Sachtexte verfassen Formales Schreiben Argumentieren und diskutieren Präsentieren und informieren
Mathematik	Daten recherchieren und grafisch auswerten Zins- und Prozentrechnung Textaufgaben
Informatik	Daten verwalten und verarbeiten: Tabellen
Bildende Künste	Bildhaft gestalten und ausdrücken: Collage, Plakat Kommunikation und Mediengestaltung Architektur und Design

Anmerkungen

Es wird die Schreibweise Photovoltaik statt Fotovoltaik gewählt, um Irritationen mit der Abkürzung PV zu vermeiden. Die Begriffe PV-Anlage und Solaranlage werden synonym verwendet. Zu Beginn der Unterrichtseinheit sollten folgende Begriffen gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern geklärt werden, um Verständnisschwierigkeiten zu vermeiden: Photovoltaik, PV-Leistung, Ertrag, elektrische Verbraucher, Halbleiter, Energiebilanz, Energieeffizienz, Wirkungsgrad.

12 Thema 1: Wie funktioniert unsere Solaranlage?

Einführung

Wie funktioniert eine Solaranlage? Dieser Frage gehen die Schülerinnen und Schüler durch entdeckendes Handeln auf den Grund. Ausgehend von der Besichtigung der schuleigenen PV-Anlage lernen sie die verschiedenen Komponenten einer solchen Anlage kennen und begreifen durch selbständiges Experimentieren, was Solarstrom ist und wie dieser erzeugt wird. Die Lerninhalte werden über abwechslungsreiche Methoden und Medien vermittelt, dazu gehören Arbeitsblätter, Experimente, Recherchen, Spiele und ein Film. Die Module lassen sich in erster Linie in den naturwissenschaftlichen Unterricht integrieren, da hauptsächlich die technische Seite der Solarenergie zur Sprache kommt. Einzelne Module können aber auch fächerübergreifend im Geografie-, Deutsch- und Informatikunterricht durchgeführt werden.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Unterscheidung zwischen Wechselstrom und Gleichstrom (AC/DC)
- Grundlagen des Atommodells
- Computerkenntnisse und Erfahrungen in der Internetrecherche

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 1-01: Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über den Solarrundgang.
- Modul 1-02: Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen (3 V; 0,1 A) oder Solarbruch, Motoren (0,5 V; 50 mA), Summer (2-5 V), Leuchtdioden, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. Lötkolben und Lötzinn. Solarfirmen stellen oft kleine Mengen von Solarbruch umsonst zur Verfügung. Bei Interesse an einem Experimentierkoffer „Box Primary“ wenden Sie sich an das Unabhängige Institut für Umweltfragen: almuth.tharan@ufu.de. Experimentieranleitungen zum Solarbasteln gibt es als Download unter www.powerado.de (>Materialkisten >Infos zur Box Primary).
- Modul 1-05: Organisation des Computerraums für die Internetrecherche, ggf. Ausleihe von Fachbüchern aus der Literaturliste.
- Modul 1-06: zum Film „S6 Solarenergie“ finden sich unter www.bibliothek-der-sachgeschichten.de.

Module für den Unterricht

Modul 1-01: Solarrundgang.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min Phy I	Die SchülerInnen besichtigen gemeinsam mit dem Hausmeister bzw. der Hausmeisterin die schuleigene PV-Anlage. Sie betrachten die sichtbaren Komponenten und klären gemeinsam deren Funktion: Solarmodule, Leitungen, Gestell und Ausrichtung, Wechselrichter, Transformator, Akkumulator, Stromzähler und Display. Die L ergänzt das Vorwissen der Sch. Während oder nach dem Solarrundgang füllen diese das Arbeitsblatt aus. Alternativ beziehen die Sch die Daten aus einem Datenlogger (falls vorhanden).	Die SchülerInnen verstehen den grundlegenden Aufbau einer PV-Anlage. Sie können die verschiedenen Komponenten benennen, ihre Funktionsweise beschreiben und spezifische Angaben zur schuleigenen Solaranlage machen.	AB 1-01

Solares Basteln

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min Phy	Die SchülerInnen basteln selbständig kleine Solarmodelle. Jeweils zwei Sch erhalten ein Übungsset: Solarzelle mit Kabeln, Motor, Diode und Summer. Zum Aufsatz auf den Motor basteln sie sich kleine Propeller. Nach einer kurzen Einführung, wie Solarzellen angeschlossen werden, beginnen die Sch zu experimentieren. Sie schließen die Verbraucher an die Solarzellen an, verschalten sie miteinander und halten sie in die Sonne oder in eine künstliche Lichtquelle. Anleitungen zu den Experimenten gibt es als Download z.B. unter www.powerado.de . Im Anschluss an die Experimentierphase werden die Erfahrungen gemeinsam besprochen: Wie schnell dreht sich der Propeller mit wenig, viel und ohne Sonne? Warum?	SchülerInnen erfahren in praktischen Versuchen, dass Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt werden kann. Sie erwerben technische Kompetenzen: z.B. wissen sie wo der Plus- und Minuspol einer Solarzelle sind und können Verbraucher an Solarzellen anschließen.	Solarbruch bzw. Solarzellen (3 V; 0,1 A), Dioden, kleine Motoren (0,5 V; 50 mA), Summer (2-5 V), Kabel, Krokodilklemmen, starke Lampen, z.B. Baustrahler, Bastelmaterial

Photonenspiel.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
15 min Phy Ch	Die SchülerInnen spielen den Vorgang in einer Solarzelle vereinfacht nach und besprechen ihn danach theoretisch. Zu Beginn erklärt die L den Sch, dass eine Solarzelle aus einem Halbleiter, meist Silizium, besteht und der nachgespielte Vorgang in diesem Halbleiter stattfindet. Die LehrerIn weist den SchülerInnen verschiedene Rollen zu: Zwei Sch stellen die Lichtstrahlen (Photonen) dar, zehn weitere Sch bilden zwei Siliziumatome (Kern + 4 Elektronen). Die Elektronen halten sich am Atomkern fest und können nur durch ein Photon vom Kern getrennt werden. Danach sind die Elektronen bestrebt wieder zu ihrem Elektron zurückzukehren, können aber nur über den indirekten Weg durch die Stromleitung und den Verbraucher wieder zurück an ihren Platz. Stromleitung und Verbraucher können durch Kreppband auf dem Boden bzw. weitere SchülerInnen dargestellt werden (siehe Info). Die Übung eignet sich für Klassen, die gerne spielen. Als Alternative oder Ergänzung kann Modul 1-04 durchgeführt werden.	Die SchülerInnen erfahren spielerisch, dass Strom erzeugt wird, wenn Lichtstrahlen auf eine Solarzelle treffen. Sie lernen, was Photonen sind und dass diese im Silizium-Halbleiter die Elektronen in Bewegung versetzen und damit elektrischen Strom erzeugen.	Stühle, Kreppband

Solarstrom.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
10 min Phy Ch	Mithilfe einer Folie beschreiben die SchülerInnen, wie Solarstrom erzeugt wird. Sie benutzen dabei die entsprechenden Fachbegriffe und greifen auf ihre Kenntnisse zu elektrischem Strom zurück.	Die SchülerInnen erschließen sich über eine technische Zeichnung, wie Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt wird.	F 1-04, OH-Projektor

Modul 1-05: Rohstoffe für die Solaranlage.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min Geo Deu	Die SchülerInnen recherchieren im Internet, woher die Rohstoffe für Solarzellen kommen. Sie informieren sich über Arbeitsschritte und Energieverbrauch bei der Produktion von Solarzellen und fassen ihr erworbenes Wissen in einem Steckbrief zur Herstellung von Solarzellen zusammen. Bei der gemeinsamen Auswertung der Steckbriefe soll u.a. auf Aspekte der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz eingegangen werden.	Die SchülerInnen erweitern ihre Perspektive und lernen andere Bereiche der Photovoltaik kennen. Indem sie Rohstoffressourcen und Energieaufwand beim Produktionsprozess von Solarzellen miteinander in Beziehung setzen und bewerten, beschäftigen sie sich auch mit dem Aspekt der Nachhaltigkeit. Sie üben ganzheitliches, vernetztes Denken.	Internet

Modul 1-06: Filme zur Solarenergie.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min Phy Geo Deu	Im Film wird erklärt, woraus Sonnenlicht besteht, wie Photonen sich bewegen und Solarstrom erzeugt wird. Darüber hinaus wird die Fertigung eines Solarmoduls dargestellt und darauf eingegangen, warum Solarzellen dunkel sind.	Die SchülerInnen erweitern und festigen ihre Kenntnisse über die Funktionsweise einer Solarzelle.	DVD „S6 Solarenergie“ (www.bibliothek-der-sachgeschichten.de), DVD-Player

Arbeitsblatt 1-01: Solarrundgang

Trage die entsprechenden Begriffe sowie die Daten eurer Photovoltaik-Anlage in die Zeichnung ein.
Beantworte danach die Fragen.

Wechselrichter – Wechselstrom – Netzeinspeisung – Sonne – Licht – Photovoltaikmodule – Eigenverbrauch – Gleichstrom



Aktuelle Leistung		Watt
Solarer Gesamtertrag		kWh
Vermiedene CO₂-Emissionen		kg

Fragen zur schuleigenen PV-Anlage

Die PV-Module sind:

? in Reihe geschaltet

? parallel geschaltet

? in Reihe und parallel geschaltet

Insgesamt sind ____ PV-Module zusammen geschlossen, die eine Maximalleistung von jeweils ____ W_p erbringen. Insgesamt sind das ____ W_p .

Unsere PV-Anlage speist den erzeugten Strom:

? ins öffentliche Stromnetz ein

? in das schuleigene Netz ein

Fragen zur solaren Stromerzeugung

Wofür steht W_p ? _____

Wofür steht kWh? _____

Was ist CO₂ und wodurch entsteht es? _____

Fragen zur Photovoltaik

Eine PV-Anlage erzeugt:

? Gleichstrom ? Wechselstrom

Wechselrichter: Solarzellen erzeugen Gleichstrom. Damit die elektrische Energie dem Stromnetz oder den Wechselstromgeräten zur Verfügung stehen kann, sorgen Wechselrichter für die Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom (230V).

Transformator: Der Transformator wandelt die Wechselspannung vom Wechselrichter in eine höhere Wechselspannung um, die das Stromnetz benötigt.

Akkumulator: Werden Inselanlagen (Anlagen, die ihren erzeugten Strom nicht in das öffentliche Stromnetz einspeisen) betrieben, so ist die Speicherung der Energie in einer Batterie, einem Akkumulator, sinnvoll, um eine bedarfsgerechte Nutzung der Solarenergie zu gewährleisten.

Zähler: Ein Stromzähler wird zur Bestimmung der Vergütung des solaren Stroms im Fall der Netzeinspeisung eingesetzt. Nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) wird Solarstrom von einer 2009 ans Netz angeschlossenen PV-Anlage mit 44,42 ct/kWh gefördert.

Leitungen und Verschaltung: An den Leitungen kann man erkennen, wie die PV-Module miteinander verschaltet sind. Sie werden je nach Größe und Bedarf in Reihe und parallel geschaltet. Dies geschieht durch einfache Steckerverbindungen. Bei einer Reihenschaltung werden alle Elemente vom selben Strom durchflossen.

Die Reihenschaltung ermöglicht es, bei richtiger Polung, höhere Gesamtspannungen zu erzeugen. Dies wird z.B. in Batterien und Solarzellen angewandt. Die Reihenschaltung ist anfällig für Ausfälle. Wenn ein einzelnes Element ausfällt oder entfernt wird, fällt die komplette Reihe aus (z.B. Lampen in der Lichterkette). Aus diesem Grund sind Sicherungen in Reihe zum Verbraucher geschaltet.

Bei der Parallelschaltung mehrerer PV-Module ist die Spannung überall gleich hoch bei steigender Stromstärke. Daher kann man durch Parallelschalten mehrerer elektrischer Verbraucher die Gesamtleistung erhöhen (z.B. zwei parallel geschaltete 60-Watt-Lampen verbrauchen zusammen 120 W). In der Parallelschaltung können einzelne Solarzellen hinzugefügt oder entfernt werden, ohne dass die anderen Solarzellen ausfallen. Ein typisches Beispiel ist die Netzspannungsversorgung (im Haushalt 230 V). Alle Geräte werden –unabhängig von deren Leistungsaufnahme – für diese Spannung ausgelegt.

Gestell und Ausrichtung: Idealerweise ist eine PV-Anlage in Deutschland direkt in Richtung Süden mit einer Neigung von 30° zur Sonne ausgerichtet. So ist es möglich, die höchsten Erträge zu erzielen. Als Gestellarten kommen z.B. dachparallele Gestelle (Schrägdach), aufgeständerte Gestelle (Flachdach) oder Fassadenanlagen vor.

Display: Das Display ist idealerweise im Eingangsbereich der Schule angebracht und zeigt den aktuellen Ertrag, den Gesamtertrag und die vermiedenen CO₂-Emissionen an. Es kann mit einem Datenlogger gekoppelt sein, der die Daten in einen Computer einspeist. Diese Daten können regelmäßig ausgelesen und Schwankungen dokumentiert werden.

Fachwissen Photovoltaik

Solarstrom: Solarzellen wandeln Photonen durch einen Trick in Strom um. Die physikalische Grundlage dieser Umwandlung ist der photovoltaische Effekt, der ein Sonderfall des inneren photoelektrischen Effekts ist. Eine Solarzelle besteht aus zwei verschiedenen Siliziumschichten zwischen denen eine Spannung – ein elektrisches Feld – liegt. Solarzellen werden bei der Herstellung dotiert (s.u.). Bei Lichteinstrahlung werden die Elektronen, die von den Atomkernen durch die Photonen gelöst werden, auf die andere Seite katapultiert und können nicht mehr zurück. Sie wandern aus dem unteren Halbleiter

ter in den oberen. Der untere Halbleiter wird dadurch zum Pluspol, der untere zum Minuspol. Wenn die beiden Pole mit einem Kabel verbunden sind, kann – wie bei einer Batterie – Strom vom Minus- zum Pluspol fließen. Der Stromkreis ist geschlossen.

Watt_{peak} (W_p): "peak" ist Englisch für "Spitze" und bezeichnet die Nennleistung der PV-Module unter Standard-Testbedingungen. Festgelegt sind diese mit 1.000 Watt Einstrahlungsleistung, die senkrecht auf 1 m² Fläche treffen. Die Temperatur der Zelle beträgt hierbei gleichmäßig 25°C und AM = 1,5. Letzteres heißt, dass der Sonnenstrahl auf seinem Weg das 1,5-fache der Atmosphärendicke (AM = Air mass) der Erde durchdringt. All diese Bedingungen sind real selten, die reale Leistung weicht also von den Nennwerten ab.

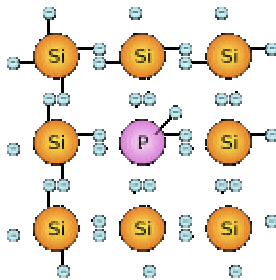
Siliziumschichten: Ein Siliziumkristall besteht aus vierwertigen Siliziumatomen. Die vier Außenelektronen (Valenzelektronen) eines jeden Siliziumatoms bauen vier Atombindungen zu seinen Nachbaratomen auf und bilden dadurch die Kristallstruktur. Dies macht alle vier Elektronen zu Bindungselektronen. Unterschiedliche Halbleiter bekommt man, wenn reines Silizium mit Stoffen wie z.B. Bor und Phosphor verunreinigt wird. Diesen Vorgang nennt man Dotieren.

Dotieren: Bei der n-Dotierung (n steht für die freibewegliche negative Ladung) werden fünfwertige Phosphorelemente, die so genannten Donatoren, in das Siliziumgitter eingefügt und ersetzen dafür vierwertige Siliziumatome. Ein fünfwertiges Phosphorelement hat fünf Außenelektronen für Atombindungen zur Verfügung, so dass bei der Einbindung in den Siliziumkristall ein Außenelektron des Donators freibeweglich zur Verfügung steht. Dieses Elektron kann beim Anlegen einer Spannung Strom leiten. Bei der p-Dotierung (p steht für die freibewegliche positive Lücke) werden dreiwertige Borelemente, die so genannten Akzeptoren, in das Siliziumgitter eingefügt und ersetzen dafür vierwertige Siliziumatome. Ein dreiwertiges Element hat drei Außenelektronen für Atombindungen zur Verfügung. Für die vierte Atombindung im Siliziumkristall fehlt ein Außenelektron. Diese Elektronenfehlstelle wird als Loch oder Defektelektron bezeichnet. Beim Anlegen einer Spannung verhält sich dieses Loch wie ein freibeweglicher positiver Ladungsträger und kann analog zum negativ geladenen Elektron Strom leiten. Dabei springt ein Elektron – angetrieben durch das äußere Feld – aus einer Atombindung heraus, füllt ein Loch und hinterlässt ein neues Loch. An der Stelle des Akzeptoratoms entsteht eine ortsfeste negative Ladung, der eine positive Ladung des freibeweglichen Lochs gegenübersteht.

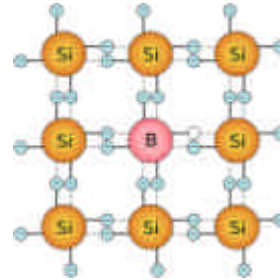
Schaubild: Siliziumschichten

Ein Solarmodul besteht aus zwei unterschiedlichen Schichten. Welche sind das?

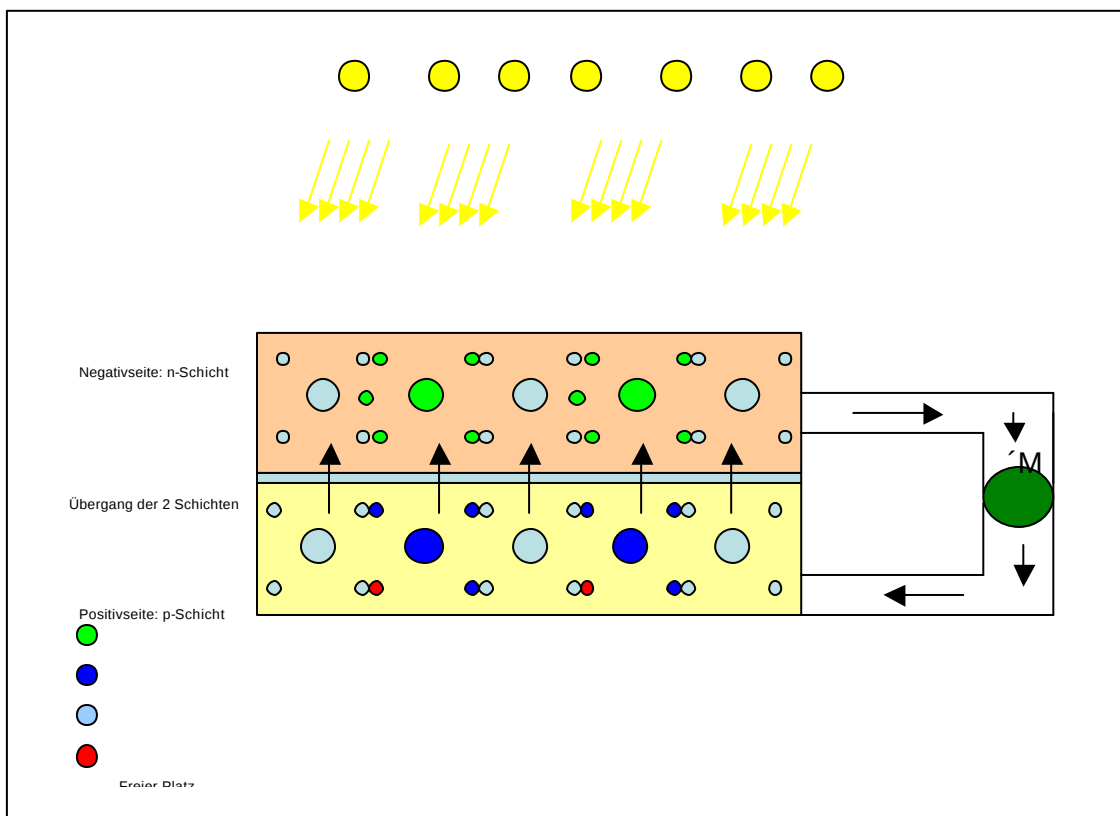
Was geschieht durch die unterschiedliche Verunreinigung des Siliziums? Beachte die Menge der Elektronen!



Siliziumkristall mit Phosphor verunreinigt



Siliziumkristall mit Bor verunreinigt

Schaubild: Solarstrom

Erklärt mithilfe der Grafik, wie Solarstrom erzeugt wird.

Schülerspicker zum Thema „Wie funktioniert unsere Solaranlage?“**Sonnenenergie**

- Licht ist Energie.
- Energie geht in einem geschlossenen System nicht verloren, sie kann jedoch in andere Energieformen umgewandelt werden: Licht, Wärme, Bewegung, Elektrizität.
- Wenn Licht auf einen Gegenstand trifft, wird es zum Teil reflektiert und zum Teil in Form von Wärme gespeichert (Reflexion/Absorption).
- Ist ein angestrahlter Gegenstand hell, bedeutet dies, dass ein großer Anteil des Lichts reflektiert wird. Erscheint er dunkel, bedeutet dies, dass ein großer Anteil des Lichts gespeichert wird. Deshalb sind Solarmodule dunkel.
- Licht besteht aus Photonen.

Komponenten einer PV-Anlage

Solarzellen: Solarzellen sind elektrische Bauelemente. Sie wandeln die im Licht enthaltene Strahlungsenergie durch einen Trick in elektrische Energie um. Solarzellen werden meistens aus Silizium, einem Halbleiter, hergestellt, dessen Elektronen recht fest an den Atomkernen sitzen. Sie bestehen aus zwei verschiedenen Schichten, zwischen denen eine Spannung – also ein elektrisches Feld – liegt. Wenn Photonen auf die Solarzelle treffen, werden Elektronen in der unteren Schicht gelöst und nach oben katapultiert. Von dort können sie aufgrund der Halbleitereigenschaften nicht mehr zurück. Sie müssen durch die Leitung fließen, um wieder an ihren Platz zu gelangen. Dadurch entsteht ein Stromkreis.

Photovoltaik-Modul: Ein PV-Modul besteht aus mehreren Solarzellen. PV-Module können in Reihe oder parallel miteinander verschaltet werden.

Wechselrichter: Damit die elektrische Energie dem Stromnetz oder den Wechselstromgeräten zur Verfügung stehen kann, sorgen Wechselrichter für die Umwandlung des von Solarzellen erzeugten Gleichstroms in Wechselstrom.

Transformator: Der Transformator wandelt die Wechselspannung vom Wechselrichter in eine höhere Wechselspannung um, die das Stromnetz benötigt.

Akkumulator: Ein Akkumulator ist eine Batterie. Werden Inselanlagen (vom öffentlichen Stromnetz unabhängig bzw. getrennt) betrieben, so ist die Speicherung der Energie in einem Akkumulator sinnvoll, um immer dann Strom zu haben, wenn man ihn braucht.

Solarstrom

- Elektrischer Strom entsteht durch Bewegung der Elektronen.
- Solarzellen wandeln Lichtenergie durch einen Trick in elektrische Energie um: Wenn Photonen auf die Solarzelle treffen, werden Elektronen in der unteren Schicht gelöst und nach oben katapultiert. Von dort können sie aufgrund der Halbleitereigenschaften nicht mehr zurück. Sie müssen durch die Leitung fließen, um wieder an ihren Platz zu gelangen. Es fließt Strom
- Die Gesamtleistung einzelner Solarzellen bzw. Solarmodule wird in Watt Peak (Wp) angegeben. „Peak“ ist Englisch und bedeutet Spitze. Die reale Leistung der Zelle weicht in der Regel von der theoretischen Gesamtleistung ab.
- Solaranlagen produzieren Gleichstrom.
- Die meisten Solaranlagen speisen ihren Strom über einen Stromzähler ins öffentliche Netz ein. Inselanlagen sind direkt mit den elektrischen Verbrauchern verbunden. Sie haben eine Batterie, einen Akkumulator, der den Strom speichert.

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema „Wie funktioniert unsere Solaranlage?“

Einführung Solarenergie

Die Sonne liefert tagtäglich Energie, die durch Solarzellen in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Damit der Solarstrom den Erwartungen der Nutzerinnen und Nutzer entspricht, müssen die PV-Module richtig dimensioniert und verschaltet werden. Für die Einspeisung der elektrischen Energie in das Stromnetz muss die erzeugte Gleichspannung über einen Wechselrichter in Wechselspannung umgewandelt werden.

Sonnenlicht besteht aus Photonen. Anschaulich gesprochen sind Photonen so etwas wie „Lichtteilchen“. Licht kann man sich als kleine Energiepakete vorstellen, die beim Auftreffen auf eine Oberfläche die Elektronen der Atome anstoßen. Wenn sich Elektronen bewegen fließt Strom.

Komponenten einer PV-Anlage

Solarzellen: Solarzellen oder photovoltaische Zellen sind elektrische Bauelemente, welche die im Licht enthaltene Strahlungsenergie direkt in elektrische Energie wandeln. Sie bestehen meistens aus Silizium, einem Halbleitermaterial, dessen Elektronen recht fest an den Atomkernen sitzen. Bei einer Größe von durchschnittlich 10x10 cm produzieren sie in etwa 0,5 V und je nach Sonneneinstrahlung 8-12 A. Um höhere Leistungen zu erzielen schließt man mehrere Solarzellen zu einem PV-Modul zusammen.

Solarzellen dürfen nicht mit Solar- oder Sonnenkollektoren verwechselt werden, bei denen die Sonnenenergie ein Übertragungsmedium, meist Wasser, aufheizt.

13 Thema 2: Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?

Einführung

Wovon hängt die tatsächliche Leistung einer Solaranlage ab? Die Schülerinnen und Schüler erforschen, warum der Ertrag einer Solaranlage in der Regel geringer ist, als ihre theoretische Kapazität. In praktischen Versuchen mit Experimentierkästen und durch die Analyse von Schaubildern setzen sie sich mit verschiedenen Einflussfaktoren auseinander. Nicht nur die Größe und Verschaltung der Solaranlage, sondern auch die Neigung, Ausrichtung, Verschattung und Verschmutzung der PV-Module, ihr Standort, die Tages- oder jahreszeitliche Schwankungen der Einstrahlung sowie Wartung und Pflege werden im Unterricht untersucht. Da man solare Energie nicht zum Selbstzweck in elektrische Energie umwandelt, wird auch ein Blick auf die Verbraucherseite geworfen. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln auf diese Art und Weise eine Vorstellung, unter welchen Bedingungen wie viel Solarstrom erzeugt wird und wofür dieser Strom genutzt werden kann. Es gibt Module für die Fächer Physik, Geografie, Bildende Kunst und Mathematik.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Unterscheidung zwischen Wechselstrom und Gleichstrom (AC/DC)
- Grundkenntnisse zur Reihen- und Parallelschaltung
- Umgang mit folgenden Messgeräten: Luxmeter, Multimeter bzw. Ampère- und Voltmeter

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 2-01: Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen (3 V; 0,1 A) oder Solarbruch, Motoren (0,5 V; 50 mA), Summer (2-5 V), Leuchtdioden, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. Lötkolben und Lötzinn. Solarfirmen stellen oft kleine Mengen von Solarbruch umsonst zur Verfügung. Bei Interesse an einem Experimentierkoffer „Box Primary“ wenden Sie sich an das Unabhängige Institut für Umweltfragen: almuth.tharan@ufu.de. Experimentieranleitungen zum Solarbasteln gibt es als Download unter www.powerado.de (>Materialkisten >Infos zur Box Primary).
- Modul 2-02: siehe Modul 2-01

Module für den Unterricht

Modul 2-01: Solarexperimente – Einflussfaktoren auf den solaren Ertrag.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min Phy	Aufbauend auf das solare Basteln (Modul 1-02) erproben die Sch, welchen Einfluss verschiedene Faktoren wie Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf die PV-Leistung haben. Die Experimente können z.B. an Lernstationen durchgeführt werden. Für jedes der vier Experimente wird dann ein Materialtisch vorbereitet. Die Aufgaben sind auf dem Arbeitsblatt erklärt, so dass die Sch weitgehend selbständig arbeiten können. Sollte die Sonne nicht scheinen, müssen externe Lichtquellen benutzt werden. Die Forschungsergebnisse werden am Schluss miteinander verglichen und ausgewertet.	Die SchülerInnen erkennen den Zusammenhang zwischen Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf der einen und PV-Leistung auf der anderen Seite.	AB 2-01, Solarbruch bzw. Solarzellen (3 V; 0,1 A), Dioden, kleine Motoren (0,5 V; 50 mA), Summer (2-5 V), Kabel, Krokodilklemmen, unterschiedlich starke Lampen, z.B. Baustrahler und Schreibtischlampe, Glasplatte, Winkelmesser oder Geodreieck

Modul 2-02: Verschaltung von Solarzellen (Reihen und Parallelschaltung).

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min Phy	Abhängig von der materiellen Ausstattung kann der Versuch frontal oder in Gruppenarbeit durchgeführt werden. Aufgabe ist es, zwei Solarzellen einmal in Reihe und einmal parallel zu verschalten und die Auswirkungen auf die angeschlossenen Verbraucher zu beobachten. Die Beleuchtung der Solarzellen muss mit derselben Lampe aus gleicher Entfernung erfolgen, so dass andere Einflussfaktoren als die Schaltung ausgeschlossen werden können. Mit einem Multimeter werden Spannung und Stromstärke gemessen und auf dem Arbeitsblatt dokumentiert. Im Anschluss fertigen die Sch eine Schaltskizze für ein vorgegebenes Beispiel an. Das Arbeitsblatt wird im Anschluss gemeinsam ausgewertet. Die Ergebnisse können in Bezug zur schuleigenen PV-Anlage gesetzt werden: Wie ist die PV-Anlage der Schule verschaltet? Welche Verbesserungen wären sinnvoll? Welche Auswirkungen hätte das auf die Leistung der Anlage?	Die SchülerInnen lernen die Wirkungen des elektrischen Stromkreises anhand der Verschaltung von Solarzellen kennen und wissen, wie Spannung und Stromstärke gemessen werden. Sie setzen ihr erworbenes Wissen technisch um, indem sie eigene Schaltskizzen entwerfen.	AB 2-02, Solarzellen bzw. Solarbruch, Dioden, Glühlampen, kleine Motoren, Summer, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. starke Lampen (z.B. Baustrahler), Multimeter

Modul 2-03: PV-Leistung und Strahlungsstärke.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
10 min Phy Geo	Anhand der Grafiken auf der Folie erarbeiten die SchülerInnen im Klassengespräch, welchen Einfluss Jahreszeit, Region und Installationsort auf den solaren Ertrag haben. Sie diskutieren, welche Bedeutung das wiederum für die Nutzung von Solarenergie hat und überlegen, wie man in der Praxis damit umgehen kann.	Die SchülerInnen finden heraus, in welchem Zusammenhang Strahlungsstärke und Ertrag einer Solaranlage stehen.	F 2-03, OH-Projektor

Modul 2-04: PV-Leistung und Verschattung.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
10 min Phy	Die SchülerInnen erschließen sich anhand der Folie den Zusammenhang zwischen PV-Leistung und Verschattung. Sie sammeln Beispiele für Verschattung und diskutieren über Möglichkeiten, Verschattungsprobleme zu lösen, z.B. durch intelligente Verschattung.	Die SchülerInnen wissen, dass Verschattung zu Ertragsverlusten führt. Sie entwickeln eigene Lösungsvorschläge für technische Probleme und überprüfen sie auf ihre Umsetzbarkeit.	F 2-04, OH-Projektor

Modul 2-05: PV-Leistung und Ausrichtung.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min Phy Geo	Die SchülerInnen basteln eine Schablone anhand derer sie den Ertrag einer Anlage abhängig von der Ausrichtung und Neigung der PV-Module bestimmen können. Mithilfe eines Kompasses und Winkelmessgeräts kontrollieren sie, wie die schuleigene Solaranlage ausgerichtet und geneigt ist. Sie diskutieren Verbesserungsvorschläge für die eigene Anlage.	Die SchülerInnen erkennen den Zusammenhang zwischen Ausrichtung, Neigung und PV-Leistung. Sie bewerten die schuleigene Solaranlage nach den erarbeiteten Kriterien.	AB 2-05 Scheren, Buntstifte, Musterklammern, ggf. Laminiergerät, Kompass, Winkelmessgerät

Modul 2-06: Modellbau Solarhaus.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
45 min BK	Die SchülerInnen haben die Aufgabe aus einem Schuhkarton, Pappen und anderen Bastelmaterialien ein Solarhaus zu bauen. Sie sollen die zuvor gesammelten Einflussfaktoren bei der Architektur berücksichtigen, beispielsweise Verschattung und Ausrichtung der PV-Module. Je nachdem ob Solarbruch, Kabel und kleine Glühlampen vorhanden sind, kann das Haus auch von Innen beleuchtet werden.	Die SchülerInnen setzen ihr theoretisch erworbenes Wissen zur optimalen Installation einer Solaranlage praktisch in einem Modell um.	Schuhkarton, Bastelmaterialien, Glühlampen, Solarzellen oder Solarbruch, Kabel und Krokodilklemmen oder Lötkolben und Lötzinn.

Modul 2-07: Solarstrom auf der Reise.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
15 min Phy Ma	Auch auf Reisen kann Solarstrom nützlich sein. Wie man im kleinen Rahmen Solarenergie nutzen und welche elektrischen Verbraucher man damit betreiben kann, erarbeiten die SchülerInnen anhand eines Alltagsbeispiels. Sie wenden eine Faustformel an, um den solaren Ertrag pro m ² zu berechnen und vergleichen diesen mit den Anforderungen elektrischer Verbraucher. Gleichzeitig aktivieren sie ihr Wissen über Einflussfaktoren auf die PV-Leistung zur Beantwortung der Fragen auf dem Arbeitsblatt.	Die SchülerInnen erwerben alltagspraktisches Wissen über die Nutzung der Solarenergie, indem sie ihr zuvor erworbenes Wissen über verschiedene Einflussfaktoren auf eine Beispielsituation anwenden. So entwickeln sie eine Vorstellung davon, unter welchen Bedingungen wie viel Solarstrom erzeugt und welche elektrischen Verbraucher damit betrieben werden können.	AB 2-07

Arbeitsblatt 2-01: Solarexperimente – Was beeinflusst den solaren Ertrag?

Los geht's! Lies dir die Anleitungen genau durch und skizziere den Versuchsaufbau bevor du mit den Experimenten beginnst. Nutze ein Multimeter, um die Stromstärke zu messen.

Strahlungsstärke

Eine Solarzelle wird nacheinander von zwei unterschiedlich starke Lampen (z.B. 25 W und 100 W) aus identischer Entfernung bestrahlt. Wie wirkt sich der Beleuchtungsunterschied auf die Stromstärke aus?



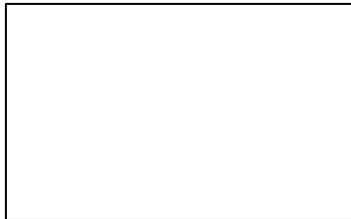
Neigung

Die Solarzelle wird in 90°, 45°, 20° und 0° zur Strahlungsquelle gehalten. Wie wirkt sich der Winkelunterschied auf die Stromstärke aus?



Ausrichtung zur Sonne

Die Strahlungsquelle wandert kreisförmig um die Solarzelle herum, ähnlich wie die Sonne um die Erde. Wann ist der Ertrag am größten?



Verschattung

Eine Glasplatte wird verschmutzt und über die Solarzelle gehalten. Die Glasscheibe kann auch mit Schnee bzw. Eis aus dem Kühlschrank bedeckt oder mit der Hand teilverschattet werden. Wie ändert sich der Ertrag?



Arbeitsblatt 2-02: Verschaltung von Solarzellen

Versuchsbeschreibung

Verschalte zwei Solarzellen miteinander – zuerst in Reihe, dann parallel – und betreibe damit einen oder mehrere Verbraucher, z.B. Propellermotor, Glühlampe, Diode oder Summer. Die Beleuchtung der Solarzellen muss mit derselben Lampe aus gleicher Entfernung erfolgen, so dass andere Einflussfaktoren ausgeschlossen werden können.

Beschreibe, welche Auswirkungen die Verschaltung auf die angeschlossenen Verbraucher hat.

Miss mit einem Multimeter jeweils die Stromstärke und die Spannung.

Reihenschaltung: $I = \underline{\hspace{2cm}}$, $U = \underline{\hspace{2cm}}$

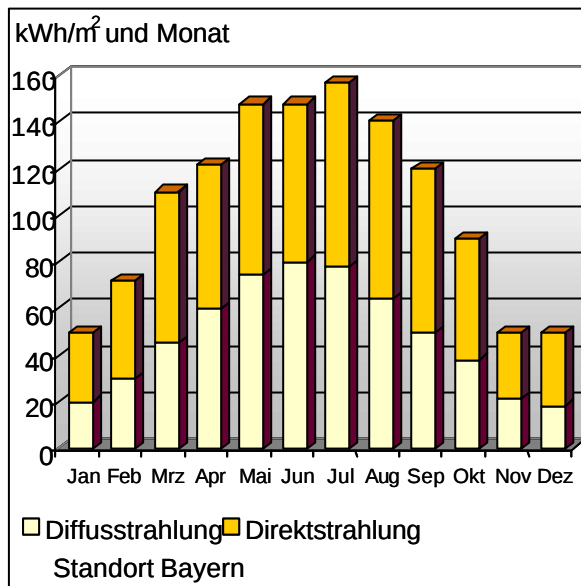
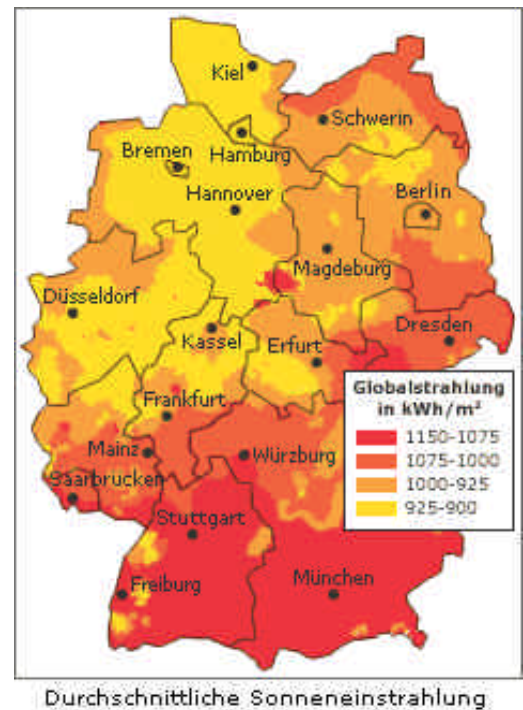
Parallelschaltung: $I = \underline{\hspace{2cm}}$, $U = \underline{\hspace{2cm}}$

Die Reihenschaltung führt zu	
Die Parallelschaltung führt zu	

Solarschaltung

Es stehen mehrere Solarzellen zur Verfügung, die je eine Spannung von 0,5 V und eine Stromstärke von 0,2 A liefern. Ein Motor benötigt zum Betrieb eine Spannung von 3 V. Bei voller Last fließt ein Strom von 0,8 A. Entwirf eine passende Solarschaltung und nenne die

Anzahl der dafür erforderlichen Zellen.

Folie 2-03: Einfluss der Strahlungsstärke**Sonneneinstrahlung über das Jahr verteilt****Globalstrahlung in Deutschland**

Schaut euch die zwei Grafiken an. Welchen Einfluss haben Jahreszeit und Region auf den solaren Ertrag? Überlegt, warum die Sonne im Sommer und im Süden stärker strahlt.

Bewölkung und Sonneneinstrahlung

Diskutiert auf Grundlage der drei Grafiken, welche Auswirkungen es hat, von Wetter, Jahreszeit und Region abhängig zu sein.

Grafiken: Sonne macht Schule, solid gGmbH, Fürth 2005

Folie 2-04 Verschattung von PV-Modulen

Schaut euch das Foto an. Was ist bei der Planung dieser Solaranlage schief gelaufen?



Schaut euch das Foto an.
Welche Probleme gibt es
hier?



© Klaus-Uwe Gerhardt / PIXELIO (www.pixelio.de)

Überlegt, wodurch PV-Module noch verschattet werden können und sucht Lösungen für die Verschattungsprobleme.

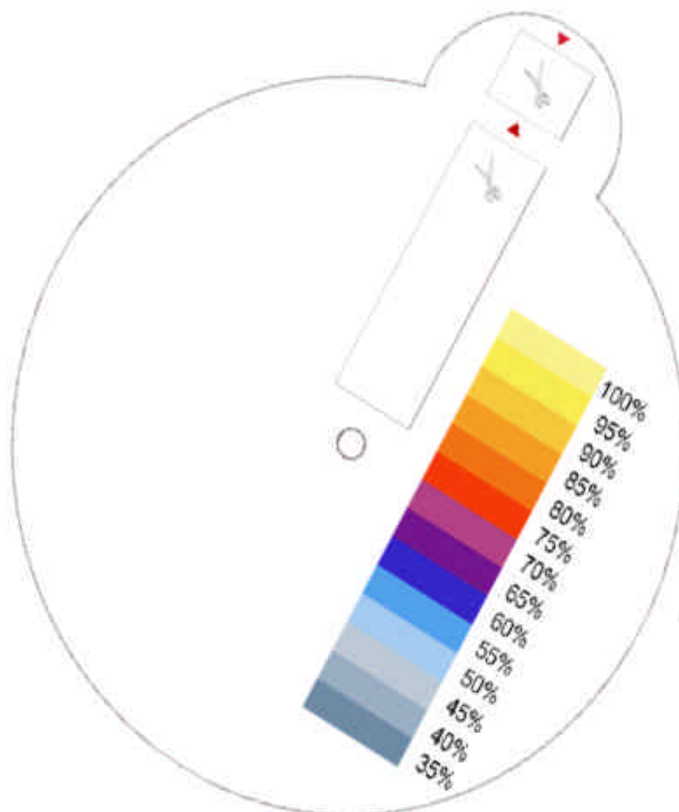
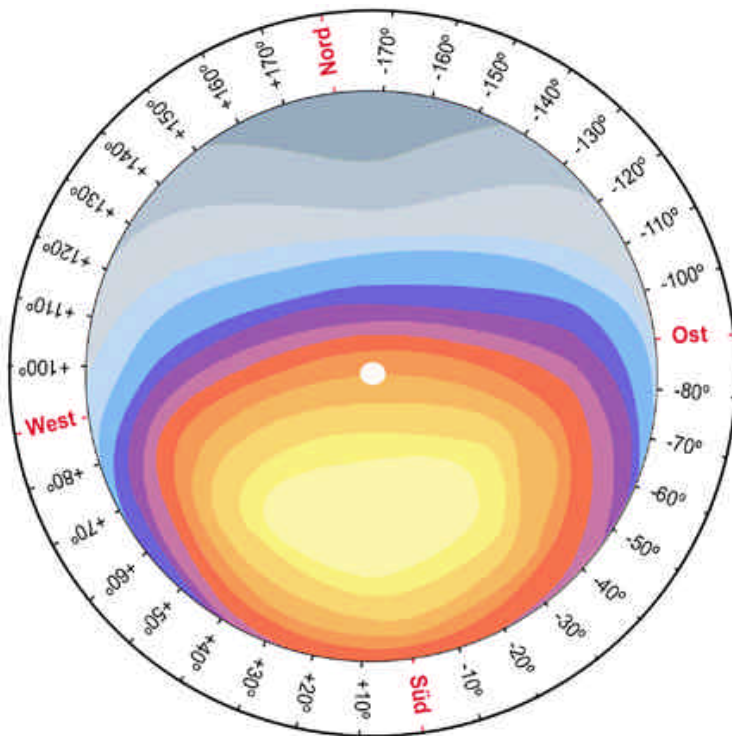
--	--	--

Intelligente Verschaltung löst Verschattungsprobleme!!!

Wie ist das möglich? Versucht gemeinsam auf die Lösung zu kommen.

Arbeitsblatt 2-05: PV-Leistung und Ausrichtung

Schneide die Scheiben aus und lege sie übereinander! Stecke sie mit einer Musterklammer zusammen!



Arbeitsblatt 2-07: Solarstrom auf der Reise

Faustformeln für die Berechnung

Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag im Jahresdurchschnitt 1.000 W/m^2 . Ungefähr 10 % der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden. Der elektrische Ertrag beträgt also im Durchschnitt 100 W/m^2 .

Faustformeln für die Berechnung

Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag im Jahresdurchschnitt 1.000 W/m^2 . Ungefähr 10 % der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden. Der elektrische Ertrag beträgt also im Durchschnitt 100 W/m^2 .

Zwei Freundinnen fahren im Sommer mit dem Campingbus nach Spanien. Weil sie auf der Reise auf elektrischen Strom nicht verzichten möchten, haben sie ein kleines PV-Modul auf dem Busdach angebracht. Es hat eine Größe von $0,5 \times 1 \text{ m}^2$. An Bord haben sie verschiedene elektrische Verbraucher, die auf Gleichstrom umgerüstet sind:

- drei Energiesparlampen mit je 8 Watt
- eine Glühlampe mit 40 Watt
- ein Solarradio mit 5 Watt
- einen MP3-Player mit 7 Watt
- ein Handy mit 8 Watt
- einen Laptop mit 48 Watt
- eine elektrische Zahnbürste mit 2 Watt



Wie viel Watt erzeugt das PV-Modul im Idealfall? Benutze die Faustformel.

Gesamtleistung: _____ W_p

Welche elektrischen Verbraucher können die beiden Freundinnen bei Sonnenschein zur gleichen Zeit betreiben. Schreibe deine Vorschläge auf.

Können sie tagsüber bei leichter Bewölkung Laptop und MP3-Player gleichzeitig betreiben? Begründe deine Antwort.

Um morgens nicht von der Sonne geweckt zu werden, parken sie unter dem Vordach eines verlassen Restaurants. Welche Auswirkungen hat das für ihre morgendliche Zahnpflege?

Welche Möglichkeiten haben die Freundinnen, um nachts elektrische Verbraucher zu betreiben?

Schülerspicker zum Thema „Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?“**Einflussfaktoren auf den solaren Ertrag**

Je größer die **Strahlungsstärke**, desto mehr Strom fließt (= höhere Erträge)?

Es gibt eine optimale **Neigung** des PV-Moduls (30° in Mitteleuropa). Wenn von dieser Neigung abgewichen wird, sinken die Erträge, d.h. die Stromstärke wird kleiner.

Je direkter das PV-Modul zur Sonne ausgerichtet ist, desto höher ist der gemessene Strom. Den Winkel, um den die Solaranlage aus der Südausrichtung gedreht ist, nennt man **Azimut**.

Werden Teile des PV-Moduls oder das Gesamtmodul **verschattet**, so sinken die Erträge.

Reihen- und Parallelschaltung

Die Verschaltung der PV-Module in Reihe führt zu einer höheren Spannung bei gleicher Stromstärke, die Parallelschaltung zu einer höheren Stromstärke bei gleicher Spannung.

Faustformeln für die Berechnung des solaren Ertrags

Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag im Jahresdurchschnitt 1.000 W/m². Ungefähr 10 % der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden. Der elektrische Ertrag beträgt also im Durchschnitt 100 W/m². Die Energiemenge, die uns die Sonne in unseren Breitengraden jährlich pro m² kostenlos zur Verfügung stellt, entspricht damit ca. 100 Litern Heizöl.

Globalstrahlung

Die auf die Erdoberfläche auftretende Sonnenstrahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet. Sie setzt sich aus der direkten, diffusen und reflektierten Strahlung zusammen.

Je größer der Anteil direkter Strahlung, desto höher der Ertrag der Solaranlage.

Auch der diffuse Anteil der Strahlung ist wichtig und nutzbar. Er beträgt in unseren Breiten im Jahresdurchschnitt je nach Jahreszeit 50 bis 70 %.

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema „Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?“

Reihen- und Parallelschaltung

Die Verschaltung der PV-Module in Reihe führt zu einer höheren Spannung bei gleicher Stromstärke, die Parallelschaltung zu einer höheren Stromstärke bei gleicher Spannung.

Bei der Reihenschaltung verbindet man jeweils den Minuspol des einen mit dem Pluspol des nächsten PV-Moduls. Die Reihenschaltung ermöglicht es, höhere Gesamtspannungen bei gleicher Stromstärke zu erzeugen. Dies wird z.B. in Batterien und Solarzellen angewandt. Die Reihenschaltung ist jedoch anfällig für Ausfälle. Wenn ein einzelnes Element ausfällt oder entfernt wird, fällt die komplette Reihe aus (Beispiel: Lampen in der Lichterkette). Man spricht vom so genannten „Gartenschlaucheffekt“: Wird ein Schlauch an einer einzigen Stelle zugeedrückt, kommt am Ende weniger Wasser raus. Das Problem kann z.B. durch temporäre Verschattung auftreten.

Bei der Parallelschaltung werden jeweils alle Pluspole und alle Minuspole miteinander verbunden, so dass die Gesamtspannung der Spannung eines PV-Moduls entspricht und der Gesamtstrom der Summe der Einzelströme aller PV-Module entspricht. Man kann also durch Parallelschalten mehrerer elektrischer Verbraucher die Gesamtleistung erhöhen (Beispiel: zwei parallele 60 Watt-Lampen verbrauchen zusammen 120 W). In der Parallelschaltung können einzelne Elemente, z.B. eine Solarzelle, hinzugefügt oder zerstört werden, ohne dass die anderen Elemente ausfallen. Oft bringt eine Parallelschaltung höhere Erträge als die Reihenschaltung. Außerdem sind parallel geschaltete PV-Module deutlich weniger empfindlich gegenüber Verschattung. Nachteilig ist dagegen der höhere Installationsaufwand.

Hinsichtlich des Ertrags kann auch eine Kombination aus Reihen- und Parallelverschaltung sinnvoll sein. Man spricht von einer Paarmodulverschaltung, welche die Vorteile beider Systeme vereint und die Nachteile beseitigt.

Einflussfaktoren auf den solaren Ertrag

Standort

Die Wahl des Standortes ist eine wichtige Größe für den solaren Ertrag. Um in verschiedenen Ländern Sonnenenergie zur Stromerzeugung zu nutzen, müssen mehrere Einflussfaktoren wie unterschiedliche Sonneneinstrahlung, regionale klimatische Bedingungen (Bewölkung, Sonnenscheindauer etc.) und örtliche Verschattung (Bebauungsdichte, Vegetation) berücksichtigt werden.

Strahlungsstärke

Mittags und im Süden strahlt die Sonne intensiver als z.B. morgens und im Norden. Im Sommer strahlt sie stärker als im Winter. Das liegt daran, dass Strahlen aufgrund der Neigung der Erdoberfläche mal mehr und mal weniger steil auf die Erdoberfläche treffen. Je größer die Strahlungsstärke, desto mehr Strom fließt (=höhere Erträge).

Neigung

Ein Photovoltaikmodul sollte immer möglichst direkt der Sonnenstrahlung ausgesetzt sein. Damit die Sonnenstrahlen senkrecht auf das Modul fallen können, ergibt sich für Mitteleuropa eine optimale Neigung von 30°.

Ausrichtung zur Sonne – Azimut

Azimut bezeichnet den Winkel, um den die Solaranlage aus der Südausrichtung gedreht ist.

D.h. wenn die Solaranlage nach Westen ausgerichtet ist, ergibt sich ein Azimut vom 90° . Je direkter das PV-Modul zur Sonne ausgerichtet ist, desto höher ist der gemessene Strom.

Verschattung

Werden Teile des PV-Moduls oder das Gesamtmodul verschattet, so sinken die Erträge der Anlage. Oft werden Solaranlagen zu bestimmten Tageszeiten verschattet, z.B. morgens, wenn die Sonne tiefer steht. Temporäre Verschattung tritt ebenfalls aufgrund von Schnee, Laub, Vogelkot oder sonstiger Verschmutzung auf. Wenn nur Teile der Anlage verschattet sind, lässt sich der Verlust durch eine angepasste Parallelverschaltung minimieren.

Direkte und diffuse Strahlung

Die auf die Erdoberfläche auftretende Strahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet. Sie setzt sich aus der direkten und der diffusen Strahlung zusammen. Direkte Strahlung führt zu scharfen Schattenwürfen, diffuse Strahlung besitzt keine vorgegebene Richtung. Je größer der Anteil direkter Strahlung, desto höher ist der Ertrag der Solaranlage. Auch der diffuse Anteil der Strahlung ist wichtig und nutzbar. Er beträgt in unseren Breiten im Jahresdurchschnitt je nach Jahreszeit 50 bis 70 %. Summiert man die Globalstrahlung übers Jahr, so ergeben sich in unseren Breiten ca. $1.000 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Davon können ungefähr 10% genutzt und in elektrischen Strom umgewandelt werden, d.h. 100 W/m^2 . Die Energiemenge, die uns die Sonne in unseren Breitengraden jährlich pro m^2 kostenlos zur Verfügung stellt, entspricht damit ca. 100 Litern Heizöl.

14 Thema 3: Wir verbessern unsere Solaranlage!

Einführung

Ausgehend von Messungen zur eigenen Solaranlage vergleichen die Schülerinnen und Schüler den idealen und tatsächlichen Ertrag der schuleigenen Solaranlage. Sie setzen Stromertrag und -verbrauch miteinander in Beziehung und entwickeln Vorschläge, wie man die beiden aneinander anpassen kann. Durch verschiedene Berechnungen zur Größe von PV-Modulen erhalten sie eine Vorstellung darüber, wie viel Solarstrom in Mitteleuropa pro m² erzeugt werden kann. Sie informieren sich über die Förderung der Solarenergie in Deutschland, überprüfen die Wirtschaftlichkeit der schuleigenen Solaranlage und berechnen anhand von Beispielen die energetische Amortisationszeit von Solaranlagen. Dabei beziehen sie ihr erworbenes Fachwissen immer wieder auf die schuleigene Solaranlage. Es bietet sich an, das Thema vor allem im Physik- und Mathematikunterricht durchzuführen, da viele Berechnungen vorgesehen sind. Anknüpfungspunkte finden sich aber auch im Fach Geografie, Sozialkunde, Informatik, Chemie und Deutsch.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Grundlagen Prozent- und Zinsrechnung
- Umgang mit folgenden Messgeräten: Luxmeter, Stromverbrauchsmesser

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 3-01:Besorgung von Luxmetern zur Messung des Lichts. Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über Messungen an den PV-Modulen.
- Modul 3-05:Besorgung von Luxmetern und Stromverbrauchsmessern. Absprache mit dem Hausmeister über den Energierundgang.
- Modul 3-06:Einholen von Angaben zum Jahresstromverbrauch der Schule.

Module für den Unterricht

Modul 3-01: Tabelle zum Ertrag der eigenen Solaranlage.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
20 min Phy Ma I	Die SchülerInnen tragen an verschiedenen Tagen Messwerte zum solaren Ertrag, zur Sonneneinstrahlung und Wetterlage in eine Tabelle ein. Alternativ zu den Messungen können sie Daten aus einem Datenlogger verwenden (falls vorhanden). Im Anschluss errechnen die SchülerInnen den optimalen Ertrag der eigenen PV-Anlage und vergleichen diesen mit den realen Messwerten: Wie groß sind die Abweichungen der realen Erträge aufgrund von Verschattung, Ausrichtung, Neigungswinkel bzw. Änderungen in der Strahlungsstärke im Vergleich zum idealen Ertrag einer PV-Anlage? Im Klassengespräch werden Verbesserungsvorschläge gesammelt und auf ihre Umsetzbarkeit hin überprüft.	Die SchülerInnen erschließen Zusammenhänge aus Messdaten. Sie erkennen den Unterschied zwischen optimalem und realem Ertrag, können diesen technisch begründen und Optimierungsvorschläge entwickeln.	AB 3-01, Luxmeter

Modul 3-02: „Leistungskurs Solarenergie“ zur Berechnung der Größe von PV-Modulen.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
15 min Phy Ma	Anhand eines Lückentexts festigen die SchülerInnen solartechnische Fachbegriffe und Berechnungsgrundlagen. Dieses Fachwissen wenden sie dann auf eine Rechenaufgabe an: Im ersten Schritt errechnen sie die elektrische Leistung einer Bewässerungspumpe. Im zweiten Schritt wenden sie eine einfache Formel an, um die Größe der benötigten Solarfläche zu bestimmen.	Die SchülerInnen festigen solartechnische Fachbegriffe und entwickeln eine Vorstellung darüber, wie groß PV-Module sein müssen, um bestimmte elektrische Verbraucher anzuschließen. Sie wissen, welche Faktoren in die Berechnung der Größe und elektrischen Leistung einer Solaranlage einbezogen werden und können entsprechende Größenberechnungen selbständig durchführen.	AB 3-02

Modul 3-03: Wirtschaftsberechnung für eine Solaranlage.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
25 min Phy Ma Soz Geo	Die SchülerInnen setzen sich mit Förderbedingungen von Solarenergie in Deutschland auseinander und bewerten diese. Sie errechnen die Refinanzierung einer Solaranlage, die über das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) gefördert wird. In einer Expertenaufgabe berechnen sie darüber hinaus eine kreditfinanzierte Anlage und deren Wirtschaftlichkeit.	Die SchülerInnen wissen, dass Solarstrom gefördert wird und diskutieren den Nutzen solcher Förderungen. Sie können errechnen, nach wie vielen Jahren sich eine Solaranlage amortisiert hat.	AB 3-03

Modul 3-04: Energiebilanz der Solartechnik.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
15 min Phy Ma Ch	Die SchülerInnen berechnen die energetische Amortisation von verschiedenen Solarzellentypen (amorphes und kristallines Silizium) und stellen einen Bezug zur Amortisation der schuleigenen Solaranlage her.	Die SchülerInnen lernen, dass in der Debatte um erneuerbare Energien neben der wirtschaftlichen auch die energetische Amortisation von Solaranlagen von Bedeutung ist.	AB 3-04

Modul 3-05: Energierundgang – Auf der Suche nach den Stromverbrauchern.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
45 min Phy	Die SchülerInnen machen einen Energierundgang, um herauszufinden, wo wie viel Strom verbraucht wird. Sie tragen ihre Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt ein und sammeln Ideen, um Stromverbrauch und -bedarf der Schule aneinander anzupassen. Mittels einer Folie ergänzen sie ihre Vorschläge.	Die SchülerInnen entwickeln anhand einer Ist-Zustandsanalyse Optimierungsvorschläge zum Stromsparen und zur Verbesserung der Solaranlage.	AB 3-05, F 3-05, OH-Projektor, Stromverbrauchsmesser, Luxmeter

Modul 3-06: Deckt unsere Solaranlage den Stromverbrauch der Schule?

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
30 min Phy Deu	Die SchülerInnen ermitteln den Strombedarf der Schule und vergleichen ihn mit den Erträgen der Solaranlage. Aufbauend auf Modul 3-05 formulieren sie Energiesparvorschläge und technische Optimierungsideen in einem Brief an die Schulleitung	Die SchülerInnen erhalten eine Vorstellung davon, wie viel Strom die Schule im Vergleich zur Stromerzeugung der Solaranlage verbraucht. Sie üben, formales Schreiben anhand der Solarthematik, indem sie Verbesserungsvorschläge in einem Brief formulieren.	AB 3-06

Arbeitsblatt 3-01: Erzeugt unsere Solaranlage immer gleich viel Strom?

Erzeugt eine Solaranlage an jedem Tag, zu jeder Stunde gleich viel Strom? Schreibe deine Vermutungen auf und begründe sie.

Wie viel kW_p Gesamtleistung (Nennleistung) hat die Solaranlage? _____ kW_p

Wenn die Gesamtleistung nicht auf dem Display angegeben wird, gibt es mehrere Möglichkeiten diese heraus zu finden:

- Du kannst aus dem Gesamtertrag der Anlage ungefähr berechnen, wie groß die Gesamtleistung ist. Dafür musst du die Faustformel anwenden und wissen, wie lange die Anlage in Betrieb ist.
- Die genaue Gesamtleistung kannst du errechnen, wenn du weißt, welche PV-Module mit welchen Einzelleistungen verwendet werden.
- Frag den Hausmeister oder die Hausmeisterin!

Messreihe

Deine Aufgabe ist es nun die Tabelle zu vervollständigen. Die Strahlungsstärke kannst du messen, indem du das Messgerät auf ein PV-Modul legst. Wenn das nicht möglich ist, kannst du die Messung auch auf dem Schulhof durchführen, indem du das Messgerät entsprechend dem Neigungswinkel der Solaranlage zur Sonne ausrichtest.

Datum	Zeit	Wetter (Schnee, Regen, stark bewölkt, leicht bewölkt, sonnig)	Strahlungsstärke in lux	Aktuelle Leistung in Watt	Abweichung von der Gesamtleistung in Watt

Weicht die tatsächliche Leistung der Anlage von der Gesamtleistung ab?

Wenn ja, woran könnte das liegen?

Arbeitsblatt 3-02: „Leistungskurs Solarenergie“ zur Berechnung der Größe von PV-Modulen**Lückentext für Solartechnikerinnen und Solartechniker**

Volt – I – „Idealwert“ – Stromstärke – Verschaltung – Leistung

Sonneneinstrahlung – U – Spannung – Watt – Ampere - P

Um die _____ eines PV-Moduls zu errechnen, multipliziert man die Spannung mit der _____. Die Formel lautet: _____ = _____ x _____. Leistung wird in _____, Spannung in _____ und Stromstärke in _____ angegeben. Die Spannung einer Solarzelle ist festgelegt. Sie beträgt meistens 0,5 V. Die Stromstärke hängt von der _____ ab. Deshalb wird für die PV-Leistung ein _____ in W_p angegeben, der bei Sonnenschein, optimaler Ausrichtung und Neigung sowie einer bestimmten Temperatur erreicht werden kann. Durch die Art der _____ der PV-Module können Spannung und Stromstärke verändert und Leistungsverluste durch Verschattung minimiert werden.

Expertenaufgabe

Volle Sonneneinstrahlung ergibt eine PV-Leistung von 1 kW pro m^2 Solarfläche. Silizium-Solarzellen haben aber nur einen Wirkungsgrad von ca. 10 %. Es sollen Bewässerungspumpen betrieben werden, die 20 V Spannung und 10 A Strom benötigen. Berechne die elektrische Leistung für die Pumpen und die notwendige Solarfläche, um diese betreiben zu können.

Arbeitsblatt 3-03: Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Solaranlage

Das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) regelt die Einspeisevergütung von Strom, der aus erneuerbaren Energien gewonnen wird.

Vergütung von Solarstrom

Montageart	Anlagengröße	Vergütung im Jahr 2009
Dach	< 30 kW _p	44,42 ct/kWh
	> 30 kW _p	42,25 ct/kWh
Fassade	< 30 kW _p	49,42 ct/kWh
	> 30 kW _p	47,25 ct/kWh
Freifläche		33,18 ct/kWh

Schau in die Tabelle. Warum unterscheidet sich die finanzielle Förderung je nach Montageart? Stelle Vermutungen an.

Was könnte das Ziel der finanziellen Förderung von Solarstrom sein?

Was hältst du von der Förderung der Solarenergie? Findest du das wichtig? Warum?

Rechenaufgabe für alle

Eine PV-Anlage auf einem Schuldach hat eine Gesamtleistung von 6,4 kW_p und einen Jahresertrag von durchschnittlich 925 kWh/kW_p. 1 kW_p kostet inklusive der Baukosten 4.000 €. Als Betriebskosten fallen pro Jahr eine Zählermiete von 30 €, Versicherung von 15 €, Rücklagen für einen Wechselrichter von 35 € und Wartung von 20 € an. Rentiert sich die Anlage bei einer Laufzeit von 20 Jahren? Überlege dir einen Rechenweg.

Expertenaufgabe für Rechengenieis

Wie ist es, wenn die Anlage zu 40 % kreditfinanziert ist? Als Zinssatz für den Kredit werden 4 % angenommen. Der Kredit hat eine Laufzeit von 10 Jahren.

Arbeitsblatt 3-05: Auf der Suche nach den Stromverbrauchern

Begib dich auf Spurensuche. Es gibt etliche Verbraucher in der Schule, die jede Menge Strom fressen. Mach Sie ausfindig und überprüfe, ob Strom eingespart werden kann.

Überprüfe zunächst, wie hell die Beleuchtung in deiner Schule ist. Dafür brauchst du ein Luxmeter. Natürlich musst du dafür die Lichter in den Räumen einschalten!

Raum/Ort	Messergebnis in lux	persönliche Einschätzung (zu hell, zu dunkel, ok)	Möglichkeit das Licht zu schalten? (ja/nein)

Optimale Beleuchtung!!!

Fachraum: 500 lux

Finde heraus, welche Geräte an deiner Schule Strom verbrauchen und wie hoch ihr Stromverbrauch ist. Dafür brauchst du einen Stromverbrauchszähler, der zwischen Steckdose und Gerät eingesteckt wird.

Raum/Ort	Gerät	Stromverbrauch in kWh	Status (an/Standby/aus)

Ideensammlung

Die meisten Solaranlagen auf Schuldächern decken nicht den Strombedarf der Schule. Was könnte man tun, um Verbrauch und Bedarf anzunähern? Notiere hier deine Vorschläge.

Ideen zur Verbesserung der Solaranlage:

Ideen zur Senkung des Stromverbrauchs

Folie 3-05: Wir sparen Strom an unserer Schule

HausmeisterIn und Schulleitung	Alle Schüler/innen und Lehrer/innen
Außerbetriebnahme überflüssiger Lampen	Licht nur bei Bedarf anschalten (z.B. auch nur Tafelbeleuchtung oder Wandseite)
Lichtausbeute erhöhen durch Reinigung der Lampen und Leuchten	Markierung der Lichtschalter nach Wand- und Fensterseite
Schulreinigung möglichst bei Tageslicht durchführen	Ausschalten der Beleuchtung in den großen Pausen
Helle Wandfarben benutzen, damit weniger Licht benötigt wird	Durch Raumgestaltung den notwendigen Einsatz von Kunstlicht reduzieren
Abschalten nicht benötigter Geräte (Kühlschränke, Warmwasserboiler)	Aushänge und Schwarzes Brett in hellem Bereich anbringen
Lüftungsanlagen (Turnhalle, Aula, Mensa) nur einschalten wenn nötig	Bei elektrischen Verbrauchern, die sich nicht richtig ausschalten lassen, den Stecker ziehen
	Ausschalten statt Standby bei elektrischen Geräten (Kopierer, Video, Computer)
	Computerbildschirme und Drucker bei längeren Pausen ausschalten
	Thermoskanne nutzen statt Wärmplatte bei Kaffeemaschine
	Inhalte mehrerer halbgefüllter Kühlschränke zusammenlegen
	Vereiste Kühlschränke abtauen

Schülerspicker zum Thema „Wir verbessern unsere Solaranlage!“**Silizium**

Silizium ist ein Halbmetall und weist sowohl Eigenschaften von Metallen als auch von Nichtmetallen auf. Reines Silizium besitzt eine grau-schwarze Farbe und weist einen typisch metallischen, oftmals bronzenen bis bläulichen Glanz auf.

Je nach Herstellungsart wird zwischen amorphem und kristallinem Silizium unterschieden. Amorphes Silizium ist glatt und hat keine Kristallstruktur. Man findet es häufig in Taschenrechnern und Ambanduhren. Kristallines Silizium ist quadratisch und hat eine Kristallstruktur. Man erkennt es durch seine bläuliche oder schwarze Färbung.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad beschreibt allgemein das Verhältnis zwischen der nutzbaren und der zur Verfügung stehenden Sonnenenergie. In Bezug auf die einzelne Solarzelle unterscheidet er sich je nach verwendetem Silizium.

Was ist das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)?

Nach dem EEG erhält man für Strom aus Erneuerbaren Energien Geld vom Staat.

Der Strom wird nicht selbst genutzt, sondern in das öffentliche Netz eingespeist.

Das Gesetz soll den Ausbau Erneuerbarer Energien in Deutschland fördern und ist ein wichtiges Instrument für den Klimaschutz.

Verbesserungsvorschläge

Die Differenz zwischen Energiebedarf und Ertrag der schuleigenen Solaranlage kann durch folgende Maßnahmen verringert werden:

Wir gewinnen mehr Energie durch die Verbesserung oder Erweiterung der vorhandenen PV-Anlage!

Wir sorgen dafür, dass weniger Energie an der Schule verbraucht wird, z.B. durch die bessere Nutzung von Licht (Tageslicht statt elektrischem Licht), die Vermeidung von Standby-Betrieb, die Außerbetriebnahme unnötiger elektrischer Geräte etc.

Stromspartipps

- Licht aus, wenn es nicht gebraucht wird!
- Lichtschalter beschriften!
- Energiesparlampen verwenden!
- Elektrische Geräte ganz ausschalten, kein Standby!
- Computer und Drucker nicht unnütz laufen lassen!
- Leere Kühlschränke abschalten!
- Alte Geräte durch neue energiesparende Geräte austauschen!

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema „Wir verbessern unsere Solaranlage!“

Erneuerbare Energien Gesetz

Das deutsche Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, in der geläufigen Kurzfassung Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) genannt, soll den Ausbau von Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen fördern. Es dient vorrangig dem Klimaschutz und gehört zu einer ganzen Reihe gesetzlicher Maßnahmen, mit denen die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern wie Erdöl, Erdgas oder Kohle verringert werden soll. Das deutsche EEG gilt als Erfolgsgeschichte der Einspeisevergütung und wurde von 47 Staaten übernommen. [http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz - cite_note-0](http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz_-_cite_note-0) Eine vom deutschen Bundestag am 6. Juni 2008 beschlossene novellierte Fassung ist am 1. Januar 2009 in Kraft getreten. Die Novellierung 2008 hat das Ziel, den Anteil Erneuerbarer Energien bis 2020 auf einen Anteil zwischen 25 % und 30 % zu erhöhen. Das neue EEG 2009 bezieht sich nur auf den Strombereich.

Wirkungsgrad

In der Solartechnik unterscheidet man zwischen Zellwirkungsgrad und Gesamtwirkungsgrad. Der Zellwirkungsgrad gibt an, wie viel der auf die Zelle eingestrahltene Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wird. Der Gesamt- oder Systemwirkungsgrad einer Solaranlage setzt sich aus mehreren Faktoren zusammen. Wird der entstehende Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt, entstehen am [Wechselrichter](#) Umwandlungsverluste. Wird bei Inselanlagen der Strom in einem Akkumulator gespeichert, geht hier ebenfalls Energie bei der Speicherung verloren. Auch durch die Länge der Stromleitungen treten Verluste auf.

Siliziumstrukturen

Monokristalline Solarzellen erkennt man an ihrer gleichmäßigen, glatten Oberfläche sowie den gebrochenen Ecken, die auf das Herstellungsverfahren zurückzuführen sind. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 12-15 %.

Polykristalline Solarzellen haben eine quadratische Form von 10 x 10 cm, da sie aus gegossenen Blöcken direkt herausgesägt werden. Sie haben eine unregelmäßige Oberfläche, auf der deutlich die Kristallite von einigen Millimetern bis einigen Zentimetern Durchmesser zu sehen sind. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 10-13 %.

Amorphes Silizium weist keine Kristallstruktur auf, sondern besteht aus ungeordneten Siliziumatomen, die auf Glas oder ein anderes Substrat aufgedampft werden. Im Alltag begegnet es uns oft in Solarzellen für Taschenrechner oder Armbanduhren. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 6-9 %.

15 Thema 4: Solarenergie in der Diskussion

Einführung

Warum nehmen wir nicht den Strom aus der Steckdose? Soll Solarenergie gefördert werden? Welche politischen Zielsetzungen werden damit verfolgt und wie nachhaltig sind die getroffenen Maßnahmen? Worin besteht die eigene Verantwortung? Diese und viele weitere Fragen werden im vierten Themenbereich diskutiert. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Themengebieten, in denen die Schülerinnen und Schüler sich intensiv mit der eigenen Solaranlage und deren Möglichkeiten auseinandergesetzt haben, steht nun die Bildung einer eigenen Meinung im Vordergrund. Neben Diskussionen kommen produktorientierte Methoden zum Einsatz wie die Erstellung von Referaten und Plakaten oder die Entwicklung eines Wissensspiels, die besonders auch im fächerübergreifenden Unterricht realisiert werden können.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundlagen zur Photovoltaik
- Computerkenntnisse und Erfahrungen in der Internetrecherche

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 4-01: Bereitstellung von großen Plakaten oder A0-Papier.
- Modul 4-02: Organisation des Computerraums für die Internetrecherche.
- Modul 4-03: Organisation des Computerraums für die Internetrecherche..
- Modul 4-04: Organisation des Computerraums für die Internetrecherche.
- Modul 4-05: Organisation des Computerraums für die Internetrecherche.

Module für den Unterricht**Modul 4-01: Stille Diskussion: Wieso nehmen wir den Strom nicht einfach aus der Steckdose?**

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
25 min Deu Geo Soz	Die SchülerInnen führen eine „Stille Diskussion“ über den Nutzen der Solarenergie durch. Im Klassenraum werden drei bzw. sechs große Plakate mit folgenden Fragestellungen ausgelegt (eine Frage pro Blatt): 1. Wieso nehmen wir den Strom nicht einfach aus der Steckdose?, 2. Jeder kann die Welt verändern! Wohnst du nur oder sparst du schon?, 3. Was geben wir unserer nachfolgenden Generation mit? Die Sch verteilen sich auf die Plakate und schreiben ihre Gedanken zu den Fragen auf. Nach einer vorgegebenen Zeit wechseln sie zu einem anderen Plakat, lesen die Kommentare der anderen und fügen eigene weiterführende Überlegungen hinzu. Danach wird ein weiteres Mal gewechselt. Sollte nach der stillen Phase weiterer Diskussionsbedarf besteht, kann in eine mündliche Debatte übergegangen werden.	Die SchülerInnen entwickeln eine eigene Meinung zum Nutzen der Solarenergie und entwickeln Zukunftsvisionen.	3 bzw. 6 große Plakate, Filzstifte oder Eddings

Modul 4-02: Pro Contra-Diskussion zur Förderung der Solarenergie.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
45 min Deu Geo Soz	In einer Pro-Contra-Diskussion setzen sich die SchülerInnen mit Fragen zur Energiewende und mit der Realität des Energiemarkts auseinander: Ist es richtig, bestimmte Technologien zu fördern? Welche Vorteile hat das? Gibt es andere Alternativen? Es bietet sich an, die Klasse in drei Gruppen aufzuteilen, Pro-, Contra- und Dokumentationsgruppe. In Vorbereitung auf die Diskussion sollten die Gruppen Zeit haben, Argumente zu sammeln. Informationen können sie beispielsweise in Fachartikeln zum Thema Förderung von Solarenergie, Atomstrom und Kohlepfennig finden, die im Internet veröffentlicht sind. Danach beginnt die Diskussion, in der die L die Moderation übernimmt. Die Dokumentationsgruppe hat die Aufgabe, die Diskussion zu beobachten und am Ende auszuwerten: Welche Argumente waren besonders plausibel? Wo gab es Widersprüche? Welche Seite konnte überzeugen?	SchülerInnen sollen sich kritisch mit der gegenwärtigen Situation auseinandersetzen und Positionen zur Energiewende beziehen.	Internet

Modul 4-03: Referate zur Solarenergie.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
Zeit variabel Phy Deu BK Geo Soz Ch	Durch die Ausarbeitung von Referaten in Einzel-, Partner oder Gruppenarbeit erschließen sich die SchülerInnen eigenständig fächerübergreifendes Wissen zur Solarenergie. Als Expertinnen und Experten präsentieren sie ihr Teilthema vor der Klasse und erstellen dazu selbst einen „Schülerspicker“ (Handout) mit den wichtigsten Informationen, der für alle vervielfältigt werden kann. Die SchülerInnen sollen dazu angeregt werden, ihre Präsentation anschaulich mit Fotos, Grafiken, Tafelbildern oder Filmausschnitten zu gestalten. Arbeitsauftrag könnte z.B. sein, zu jedem Referat ein Plakat zu erstellen, das später im Schulgebäude ausgehängt wird. Der Zeitrahmen für die Ausarbeitung und Präsentation sollte zu Beginn festgelegt werden. Die Referatsliste ist so gestaltet, dass sie – wenn doppelseitig kopiert und ausgeschnitten – verteilt werden kann. Vorne auf den Kärtchen steht jeweils das Thema, auf der Rückseite befinden sich Stichpunkte und Literaturhinweise für die Internetrecherche. Die aufgelisteten Broschüren können unter Eingabe der Titel in den gängigen Suchmaschinen gefunden werden.	Die SchülerInnen lernen, ihr erworbenes Fachwissen zur Solarenergie anschaulich zu präsentieren.	Referatsliste 4-03, Plakate, Internet, Drucker

Modul 4-04: Wissensspiel zur Solarenergie.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material und Medien
Zeit variabel Phy Deu BK Geo Soz Ch	Mithilfe der Kärtchen aus der Referatsliste (Modul 4-03) entwickeln die SchülerInnen selbstständig ein Wissensspiel. Sie erhalten den Auftrag, zu jedem vermerkten Stichpunkt eine bestimmte Anzahl von Fragen zu formulieren und diese auf Karteikarten (die späteren Spielkarten) mit den entsprechenden Antworten zu notieren. Literaturhinweise zu Fachartikeln im Internet finden sie auf der Referatsliste. Dann werden nur noch ein Spielbrett mit Start- und Zielpunkt, Spielfiguren und ein Würfel benötigt und fertig ist das Wissensspiel. Je nach Zeitaufwand können arbeitsteilig Spielbrett, Spielfiguren und Spielregeln selbst gestaltet werden. Bei großen Klassen wird das Spiel in mehreren Gruppen gespielt und die Spielkarten flexibel ausgetauscht.	Die Spielentwicklung soll die SchülerInnen motivieren, sich intensiv mit den Fachinhalten auseinanderzusetzen. Während der gemeinsamen Spielphase erweitern und festigen sie spielerisch ihr Wissen. Denkbar ist auch eine klassenübergreifende Spielstunde mit anschließender Evaluation und Überarbeitung des Spiels.	Referatsliste 4-03, Karteikarten, Internet, Spielbrett, Spielfiguren und Würfel

Modul 4-05: Pressearbeit zur Solaranlage.

Zeit und Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Materialien und Medien
30 min Physik, Geo, Deu, BKI	Die SchülerInnen verfassen Presseartikel, evtl. mit Fotos, für die Homepage der Schule oder Schülerzeitung, in denen sie über die schuleigene Solaranlage informieren. Alternativ dazu erstellen sie Informationsplakate und hängen sie im Schulgebäude auf.	Die SchülerInnen präsentieren ihre Lernergebnisse themenbezogen, sachlich und sprachlich richtig. Sie betreiben mit ihrem Produkt Öffentlichkeitsarbeit für die Schule.	Computer, Drucker, Internet, ggf. Fotoapparat, Plakate und Zeichenwerkzeug.

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie (bitte wie KWK Referatsliste)**Mono-Poly-Amorph? Was ist das eigentlich?**

- Silizium in seinen verschiedenen Strukturen
- Dünnschicht (amorphes Silizium)
- Dickschicht (polykristalline Solarzellen, monokristalline Solarzellen)
- Materialverfügbarkeit
- Wirkungsgrade
- www.solarserver.de/solarmagazin/anlagedezember2002.html
- BINE Broschüre: Photovoltaik
- Broschüre: FVS Themen 2003: Dünnschicht Solarzellen aus Silizium

Wie werden Solarzellen hergestellt?

- Welche Technik für welches PV-Modul?
- Czochralski-Verfahren
- Blockgussverfahren
- Bridgman-Verfahren
- Zonenschmelzverfahren
- Chemische Gasphasenabscheidung
- BINE Broschüre: Photovoltaik
- Stichworte in Suchmaschine eingeben

Wie groß sind Solaranlagen?

- Verbreitung von Solaranlagen
- Solarkraftwerke in China, USA und Australien
- Energiepark Waldpolenz
- Industrielle Nutzung von Solarstrom- und Solarwärmeanlagen
- Solarthermiekraftwerk
- www.sfv.de/lokal/mails/phj/sonnenkr.htm

Solarenergie weltweit!

- Förderung der Solarenergie: Marktanreizsysteme anderer Staaten
- Deutschland als Vorreiter
- Beispiele Spanien, Österreich und USA
- www.solarserver.de/solarmagazin/solar-report_1108.html
- Broschüre: Förderungen im Bereich Erneuerbarer Energien in Spanien

Zukunft Solarenergie – Jobs für Berlin/Brandenburg

- Erstellen einer Landkarte „Solarregion Berlin/Brandenburg“
- Welche Arbeitsmöglichkeiten gibt es? Jobbeschreibungen (z.B. Ingenieur, Solarteuer)
- Zukunftsaussichten und Wachstum
- Berlin Partner GmbH Broschüre: Solarenergie in der Hauptstadtregion Berlin/Brandenburg
- Schott Broschüre: Solar – Energie für die Zukunft
- www.solarwirtschaft.de
- BINE Broschüre: Photovoltaik
- Broschüre powerado: Bildung und Erneuerbare Energien

Wie unterstützt der Staat Solarenergie?

- Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) und Ökosteuer
- Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO₂-Emissionen
- <http://www.eeg-aktuell.de/>
- <http://www.umweltministerium.de/erneuerbare/energien/doc/5982.php>
- <http://www.solarserver.de/solarmagazin/eeg.html>

Schlafende Solaranlagen wecken! Wo liegen die Hemmnisse?

- Pädagogische Probleme
- Technische Probleme
- Lösungsansätze
- Vorstellung innovativer Schulprojekte
- www.solarsupport.org
- UfU Broschüre: Good Practice. Schlafende Solaranlagen für die Umweltkommunikation wecken
- UfU Broschüre: Leitfaden zur Nutzung von Fotovoltaikanlagen
- <http://www.izt.de/solarsupport>
- <http://www.powerado.de/>

Energiekrise – Solarenergie als Lösung?

- Klimaschutzziele der Bundesrepublik Deutschland
- Ökologische Aspekte
- Ressourcenknappheit
- CO₂-Einsparmöglichkeiten
- Technische Entwicklungspotentiale
- Schott Broschüre: Solar – Energie für die Zukunft
- BINE Broschüre: Photovoltaik
- UfU Broschüre: Energiesparen und erneuerbare Energien
- UfU Broschüre: Energ(W)ie sparen an Schulen
- http://www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/5698.php

Exkurs Solarthermie – Wärme von der Sonne

- Einsatzorte (mit Praxisbeispielen)
- Anlagentypen: Röhrenkollektoren und Flachkollektoren
- Staatliche Förderung
- BINE Broschüre: Thermische Nutzung der Solarenergie
- DGS Broschüre: Nutzerinformation Solarthermie
- <http://www.bafa.de/>

Strom aus Wärme – Solarthermische Kraftwerke

- Solar-Stirling
- Dish-Stirling
- Strom aus solarthermischen Anlagen
- www.innovative-solartechnik.de
- Schlaich Bergermann und Partner Broschüre: Ein neues solares Dish-Stirling Kleinkraftwerk
- Fachhochschule Regensburg: Kleine Solar-Stirlingkraftwerke – eine Alternative zur Photovoltaik
- BINE Broschüre: Solarthermische Kraftwerke werden Praxis
- BMU Broschüre: Solarthermische Kraftwerke

Energieressourcen – Fossile und erneuerbare Energien

- Vor- und Nachteile fossiler und erneuerbarer Energien
- Energieeffizienz
- Kraft-Wärme-Kopplung
- BINE Broschüre: Was ist Energie?
- BMU Broschüre: Erneuerbare Energien
- <http://www.bmu.de/bildungsservice>
- <http://www.kwk-modellstadt-berlin.de/>

Treibhauseffekt und Klimawandel

- Natürlicher Treibhauseffekt und vom Menschen verursachter Treibhauseffekt
- Folgen für das Klima
- Klimaschutz
- Nachhaltige Energieversorgung
- BINE Broschüre: Effiziente Kraftwerke
- BINE Broschüre: Energie im Wandel, Klima und Energie
- UfU Broschüre: Kleines Handbuch für Klimaretter

Klimaschutz an Schulen

- Finanzielle Anreizsysteme
- Fifty/fifty
- Energieprojekte an Schulen
- BINE Broschüre: Schüler sparen Energie
- UfU Broschüre: Energ(W)ie sparen an Schulen
- UfU Broschüre: Kleines Handbuch für Klimaretter
- <http://www.bmu.de/bildungsservice>
- <http://www.ufu.de/fifty-fifty>
- <http://www.fiftyfiftyplus.de/>
- <http://www.schule-energie-bildung.de/>
- <http://www.umweltschulen.de/>

Schülerspicker zum Thema „Solarenergie in der Diskussion“

Die Schülerspicker werden im Rahmen der Referate von den Jugendlichen selbst erstellt und können dann vervielfältigt werden.

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema „Solarenergie in der Diskussion“

In der Literaturliste befinden sich vielfältige Anregungen zur intensiven Auseinandersetzung mit der Thematik. Eine Ausführung an dieser Stelle würde den Rahmen sprengen.

16 Anhang I: Befragungsbogen

Solarsupport Die Nutzung von Fotovoltaik-Anlagen im Schulalltag

Ansprechpartner:

Dr. Michael Scharp / Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung

Tel. 030/803088-14 / Fax 030-803088-88 / E-Mail m.scharp@izt.de

Hinweis: Alle Informationen werden vertraulich behandelt und dienen nur wissenschaftlichen Zwecken. Es werden nur komprimierte und anonymisierte Auswertungen der Befragung veröffentlicht. Einzeldaten werden grundsätzlich nicht weitergeben. Achtung: Bitte nur bei „Mehrfach ankreuzen“ auch mehrere Antworten ankreuzen!

1. Allgemeine Informationen zur Schule

Schulname	Schulort
Straße und Nr.	Postleitzahl
Wer ist der Schulträger?	
☐ öffentlicher Träger ☐ privater Träger ☐ konfessioneller Träger ☐ sonstiger Träger	
Wie ist der Schultyp?	
☐ Grundschule 1. bis 4. Kl. ☐ Grundschule 1. bis 6. Kl. ☐ Hauptschule	
☐ Realschule ☐ Gymnasium ☐ Gesamtschule;	
☐ Förderschule ☐ berufsbildende Schule ☐ sonstige	
Wer ist Eigentümer der Fotovoltaik-Anlage	☐ Schulträger ☐ Träger-/Förderverein der Schule ☐ Schülerfirma
	☐ privater Investor ☐ sonstiger ☐ unbekannt
Wie ist die Anzahl der Fotovoltaik-Anlagen? ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ mehr als vier ☐ keine	

2. Allgemeine Fragen zu der Fotovoltaik-Anlage

Ist ein Display zur Darstellung der Leistung vorhanden?

☐ ja
 ☐ ja, aber defekt
 ☐ nein
 ☐ unbekannt

Ist eine Schautafel mit Anlagenbeschreibung vorhanden?

☐ ja
 ja, aber nicht nutzbar
 ☐ nein
 ☐ unbekannt

Gibt es frei zugängliche Informationsblätter mit einer Anlagenbeschreibung??

☐ ja
 ☐ nur auf Nachfrage
 ☐ nein
 ☐ unbekannt

Wo ist der Installationsort des Displays?

☐ Gebäudeeingang außen
 ☐ Gebäudeeingang innen
 ☐ am Gebäude
 ☐ im Gebäude
 ☐ unbekannt

Gibt es eine Hard- und Software zur Datenauswertung?

☐ ja ☐ ja, aber defekt ☐ ja, aber nicht installiert ☐ nein ☐ unbekannt

Wie ist der Softwarename?

Wer ist der Hersteller?

Wer ist für die technische Betreuung der Anlage vor allem zuständig? (einmal ankreuzen)

☐ Techniker des Schulträgers ☐ Schulleitung ☐ Fachlehrer ☐ Hausmeister

☐ Schüler-AG ☐ andere ☐ gar keiner; ☐ unbekannt

Ist die Instandhaltung der Anlage sichergestellt?

☐ ja ☐ nein, keine finanziellen Mittel ☐ nein, fehlende Verantwortlichkeit ☐ unbekannt

Wer ist für die pädagogische Nutzung der Anlage vor allem zuständig? (einmal ankreuzen)

☐ Techniker des Schulträgers ☐ Schulleitung ☐ Fachlehrer ☐ Hausmeister

☐ Schüler-AG ☐ andere ☐ gar keiner; ☐ unbekannt

Wie viele pädagogisch-fachkundige Betreuer (Nutzer) gibt es? (ohne Schüler)

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ mehr als 3 ☐ keinen ☐ unbekannt

Haben die pädagogischen Betreuer Qualifizierungsmaßnahmen wahrgenommen?

☐ ja ☐ nein (mangels Angebote) ☐ nein (nicht notwendig) ☐ nein (andere Gründe) ☐ unbekannt

3. Aktuelle Nutzung der Fotovoltaik-Anlage

Wie werden die Anlagendaten genutzt? (einmal ankreuzen)

☐ von Schüler-AGs ☐ für den Unterricht ☐ von Schüler-AGs und für den Unterricht

☐ Datenauswertung ohne pädagogische Nutzung ☐ Daten werden nicht genutzt ☐ unbekannt

In wie weit erfolgt eine Nutzung der Anlagen für Unterrichtszwecke? (mehrfach ankreuzen)

☐ kontinuierlich für alle Klassen ☐ für viele Klassen ☐ selten für einige Klassen

☐ gar nicht ☐ unbekannt

In wie weit erfolgt eine Nutzung der Anlagen für andere pädagogische Zwecke?

☐ durch Schüler-AG's ☐ in Projektwochen ☐ durch Schülerfirmen

☐ für anderes ☐ gar nicht ☐ unbekannt

Wie werden die Anlagen vor allem pädagogisch in Ihrer Schule genutzt? (Bitte beschreiben)

1..... 2.....

Welche Möglichkeiten gibt es noch, die Anlagen pädagogisch einzusetzen?

1..... 2.....

In welchen Fächern wird die Anlage vor allem genutzt?

Wichtigstes Fach:

Zweiwichtigstes Fach:

.....

.....

Weiteres Fach:

Weiteres Fach:

.....

.....

Wie bewerten Sie die pädagogische Nutzung der Anlage insgesamt?

☐ sehr gut ☐ gut ☐ eher nicht so gut

☐ schlecht ☐ kann ich nicht sagen ☐

Wenn die pädagogische Nutzung gut ist, was sind die wichtigsten Gründe dafür?

1..... 2.....

Wenn die pädagogische Nutzung nicht so gut ist, was sind die Gründe dafür? (Bitte je Spalte nur einen Grund ankreuzen)

Standort	Erster wichtiger Grund	Zweiter wichtiger Grund
Standort und Zugänglichkeit der Anlage	☐	☐
Qualifikation der Lehrkräfte	☐	☐
Einbindung in den Unterricht unmöglich	☐	☐
kein Interesse der Kollegen	☐	☐
kein Interesse der Schüler	☐	☐
keine Zeit der Betreuer	☐	☐
Anlage zu häufig außer Funktion	☐	☐
fehlendes pädagogisches Konzept	☐	☐
pädagogische Nutzung ist gut	☐	☐

Gibt es noch andere Gründe, warum die pädagogische Nutzung nicht so gut ist?

1..... 2.....

Was müsste man baulich, technisch oder pädagogisch tun, um die Anlage besser nutzen zu können?

1..... 2.....

 3..... 4.....

Welche Unterrichtsmaterialien nutzen sie für den pädagogischen Einsatz der Anlage?

- ☐ selbst entwickelte Materialien ☐ bestellbares Lehrmaterial ☐ keine besonderen Materialien ☐ unbekannt

Wenn Sie bestellbare Materialien nutzen, welche sind dies? (Titel)

1..... 2.....

4. Ziele und Hemmnisse für die Errichtung der Fotovoltaik-Anlage

Was waren die Ziele für die Errichtung der Anlage?

	ja	eher ja	eher nein	nein
Beitrag zur Minderung von Treibhausgasen	☐	☐	☐	☐
„grünes Image“ der Schule	☐	☐	☐	☐
Reduzierung von Energiekosten	☐	☐	☐	☐
für pädagogische Zwecke (z.B. Lernen am Objekt)	☐	☐	☐	☐
als Demonstrationsanlage, um ein Bewusstsein für Erneuerbare Energien zu schaffen	☐	☐	☐	☐
Beschluss des Schulträgers	☐	☐	☐	☐
Angebot von Dritten	☐	☐	☐	☐

Sonstige Gründe

1..... 2.....

Sind die Ziele nach der Errichtung der Fotovoltaik-Anlage erreicht worden?

- ☐ ja ☐ eher ja ☐ eher nein ☐ nein ☐ unbekannt

Wenn nein oder eher nein, warum nicht? (Bitte je Spalte nur einen Grund ankreuzen)

	Erster wichtiger Grund	Zweiter wichtiger Grund
Standort und Zugänglichkeit der Anlage	☐	☐
Qualifikation der Lehrkräfte	☐	☐
Einbindung in den Unterricht unmöglich	☐	☐
kein Interesse der Kollegen	☐	☐
kein Interesse der Schüler	☐	☐
keine Zeit der Betreuer	☐	☐
Anlage zu häufig außer Funktion	☐	☐
fehlendes pädagogisches Konzept	☐	☐
Ziele sind erreicht worden	☐	☐

Sonstige Gründe, für die Nicht-Erreichung der Ziele

1..... 2.....

.....

Gab es Hemmnisse bei der Errichtung der Fotovoltaik-Anlage? Welche waren es?

	ja	eher ja	eher nein	nein
unzureichende Informationen	☐	☐	☐	☐
Ablehnung durch den Schulträger	☐	☐	☐	☐
kein Vertrauen in die Technik	☐	☐	☐	☐
Probleme bei der Finanzierung	☐	☐	☐	☐
fehlendes Engagement der Beteiligten	☐	☐	☐	☐
diffuse Bedenken aller Verantwortlicher	☐	☐	☐	☐
Statische oder bauliche Probleme	☐	☐	☐	☐
Haftungsfragen	☐	☐	☐	☐

Sonstige Hemmnisse bei der Errichtung der Fotovoltaik-Anlage

1..... 2.....

5. Anlagenbeschreibung (nur Fotovoltaik-Anlagen)

Wenn Ihre Schule über mehr als zwei Fotovoltaik-Anlagen verfügt, bitten wir Sie, das Kapitel 5 zweimal ausfüllen. Sie brauchen dann aber nur den Schulnamen eintragen und diesen Fragenkomplex ausfüllen.

Standort	Anlage 1	Anlage 2	Baujahr	Anlage 1	Anlage 2
Schuldach	☐	☐	von 2004 bis 2006	☐	☐
Turnhalle	☐	☐	von 2000 bis 2003	☐	☐
Fassade	☐	☐	von 1997 bis 1999	☐	☐
Schulhof o.ä.	☐	☐	von 1994 bis 1996	☐	☐
sonstiger	☐	☐	von 1990 bis 1993	☐	☐
unbekannt			vor 1990	☐	☐
			unbekannt	☐	☐

Anlagengröße	Anlage 1	Anlage 2	Stromnutzung	Anlage 1	Anlage 2
kleiner 0,2 kWp	☐	☐	EVU-Netz	☐	☐
0,2 bis 0,99 kWp	☐	☐	Schulnetz	☐	☐
1 bis 1,99 kWp	☐	☐	Inselbetrieb	☐	☐
2 bis 5 kWp	☐	☐	Demonstrationsanlage	☐	☐
größer 5 kWp	☐	☐	unbekannt	☐	☐
unbekannt	☐	☐			

Sichtbarkeit der Anlage	Anlage 1	Anlage 2	Zugänglichkeit der Anlagen	Anlage 1	Anlage 2
vom Schulhof oder Straße	☐	☐	freier Zugang für Schüler	☐	☐
nur wenig bzw. schwierig	☐	☐	für Schüler nur mit Lehrer	☐	☐
gar nicht sichtbar	☐	☐	kein Zugang für Schüler	☐	☐

unbekannt	☐	☐	sichtbar an Fassade	☐	☐
			unbekannt	☐	☐

Finanzierung (größter Beitrag)	Anlage 1	Anlage 2	Finanzierung (weiterer wichtiger Beitrag)	Anlage 1	Anlage 2
Bund und / oder Land	☐	☐	Bund und / oder Land	☐	☐
Schulträger	☐	☐	Schulträger	☐	☐
Energieversorger	☐	☐	Energieversorger	☐	☐
Spenden / Schulverein	☐	☐	Spenden / Schulverein	☐	☐
Stiftungen	☐	☐	Stiftungen	☐	☐
Bürgerbeteiligungs- gesellschaft	☐	☐	Bürgerbeteiligungs- gesellschaft	☐	☐
über Einspeisevergütung	☐	☐	über Einspeisevergütung	☐	☐
Eigenleistung (Aufbau)	☐	☐	Eigenleistung (Aufbau)	☐	☐
über Energieeinsparung	☐	☐	über Energieeinsparung	☐	☐
Kredit	☐	☐	Kredit	☐	☐
unbekannt	☐	☐	unbekannt	☐	☐

6. Hinweise und Wünsche

Haben Sie weitere Wünsche?

Wünschen Sie regelmäßige Informationen über das Projekt?

Ja ☐ Nein ☐

Wünschen Sie einen Gesamtbericht zum Projektende?

Ja ☐ Nein ☐

Möchten Sie an unseren kostenlosen Weiterbildungsveranstaltungen ggf. teilnehmen?

Ja ☐ Nein ☐

Haben Sie weitere wichtige Hinweise?

1..... 2.....

Wenn Sie nicht am Wettbewerb teilnehmen wollen, können Sie hier ihre E-Mailadresse freiwillig uns mitteilen wenn Sie weitere Informationen über das Projekt wünschen oder zu unseren Veranstaltungen eingeladen werden wollen.

E-Mail:.....

7. Kontaktdaten für die Teilnahme am Wettbewerb

Hinweis: Diese Angaben sind freiwillig. Wenn Sie die Daten nicht ausfüllen, können Sie aber auch nicht am Wettbewerb teilnehmen. Wenn Sie am Wettbewerb teilnehmen, vergessen Sie nicht die E-Mail Adresse einzutragen.

Vorname:

Nachname:

.....

.....

Telefon:

Fax:

.....

.....

Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit !