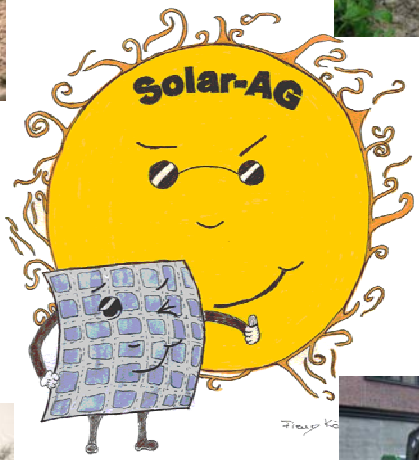
Bericht zum Projekt

Zukunftstechnologien am Kant-Gymnasium

Weil am Rhein 2006



Von Christoph Koch–Kalmbach

Inhaltsverzeichnis

DAS ERDWÄRMEPROJEKT AM KANT-GYMNASIUM

Ziele des Projekts
Finanzierung
Planung
Bau der Anlage

DIE ERDWÄRMEGEWINNUNG IN DER PRAXIS

Ergebnisse der Wärmegewinnung
Interview mit Michael Wissler, Hausmeister am Kant-Gymnasium

DIE SCHÜLERBETEILIGUNG AM ERDWÄRMEPROJEKT

Wärmeleitung im Physikunterricht
Wärmeleitung in der Physik-AG
Aktivitäten der SolarAG

DIE AUSWERTUNG DER DATEN

Datengewinnung
Verarbeitung der Daten
Präsentation der Daten

AUSBLICK

Zukunftstechnologien im neuen Fach NwT
Präsentation im Internet
Der pädagogische Wert von Innovationstechniken in der Schule

DAS ERDWÄRMEPROJEKT AM KANT-GYMNASIUM

Ziele des Projekts

Das Projekt Erdwärme-Nutzung steht in engem Zusammenhang mit der Erweiterung des Kant-Gymnasiums Weil am Rhein im Jahr 2005. Die Schule hatte großen Bedarf an zusätzlichen Klassenräumen und einer weiteren Schulsporthalle. Im Jahr 2003 begann man daher von Seiten der Stadt Weil am Rhein damit, Lösungen zu suchen, die dem begrenzten Angebot an freien Flächen um die bestehenden Schulgebäude herum Rechnung trugen. Schnell setzte sich eine Planungsidee durch, Turnhalle und Klassenzimmer in einem Gebäude unterzubringen, das zum Teil an Stelle eines Pavillon genannten Provisoriums errichtet werden sollte.

Da sich die Klassenzimmer direkt über der Sporthalle befinden, konnte eine direkte Belüftung der Halle durch Fenster nicht in Frage kommen. Außer der Störung des Unterrichts war außerdem eine Lärmbelästigung der direkten Nachbarn zu befürchten, denn der geplante Gebäudeteil befindet sich in einem dicht besiedelten Wohngebiet.

Als Alternative zu Fenstern kam daher nur eine indirekte Luftzufuhr durch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in Frage, durch die Luft angesaugt und über einen Ventilator der Sporthalle zugeführt wird. Diese Einrichtung bot zudem die Möglichkeit, außer der Sauerstoffzufuhr auch einen Teil der Wärmeversorgung (ca. 20%) im Inneren der Halle zu übernehmen. Dazu muss die Luft vor dem Einlass durch ein geeignetes Wärmetauschsystem geleitet werden, das die Temperatur im Turnhallengebäude regelt.

Bei der Realisierung dieses Vorhabens wurde vom zuständigen PLANUNGSBÜRO SONNENSTÄDT der Vorschlag eingebracht, die Versorgungsluft vor dem Einlass in die Halle durch das Erdreich unter dem angrenzenden Rasenplatz zu leiten. Da vor allem im Herbst und Winter die Temperaturen im Boden deutlich über den Außentemperaturen liegen, sollte durch ein geeignetes Zufuhrsystem eine Vorwärmung der Hallenluft um mehrere Grad Celsius möglich sein. Sieht man von den erhöhten Baukosten und den Betriebskosten für die Luftleitung durch die unterirdischen Röhren ab, stellt dies eine bisher kaum genutzte Möglichkeit dar, im Boden gespeicherte Solarenergie kostengünstig zu nutzen.

Das Konzept des Planungsbüros enthielt aber noch einen zweiten, ebenso innovativen Vorschlag. Trockene Erde ist bekanntlich kein optimaler Wärmeleiter, denn vor allem kleine Hohlräume zwischen den Bodenpartikeln sorgen für eine isolierende Wirkung. Untersuchungen haben aber ergeben, dass sich die Leitfähigkeit für Energie deutlich erhöhen lässt, wenn man für eine Durchfeuchtung des Erdreichs sorgt. Stellt man sicher, dass der die Zuführungsrohre umgebende Boden nicht austrocknet, sollte es möglich sein, die Effizienz der Anlage deutlich zu steigern, indem für einen raschen Nachschub an Wärmeenergie aus der weiteren Umgebung gesorgt wird. Bekanntlich strömt ja Energie, wenn sie kann, von warmen zu kalten Stellen, in diesem Fall dem kühlen unterirdischen Luftstrom.

Diese Planungsvorschläge stellten ein so neuartiges Konzept dar, dass am Kant-Gymnasium, einem ehemals mathematisch-naturwissenschaftlich ausgerichteten Gymnasium, großes Interesse geweckt wurde. An der Schule hat die Beschäftigung mit erneuerbaren Energien schon eine lange Tradition, die eigene 5 kW Photovoltaik-Anlage und die Wärmegewinnung mit 20 m^2 Sonnenkollektoren wird schon seit Jahren von einer Solar AG betrieben. Außer den technischen Aspekten einer neuartigen Wärmeversorgung sollten durch die Beteiligung von Schülern also auch pädagogische Ziele bei der Planung berücksichtigt werden.

Finanzierung

Neben den Gesamtkosten von rund 4,5 Millionen Euro für den Neubau nimmt sich die Aufwendung für das Erdwärmeprojekt zwar relativ bescheiden aus, dennoch stellt sie eine erhebliche Investition dar. Nach Angaben der Stadt Weil am Rhein belaufen sich die Zusatzausgaben für die Aushubarbeiten, das Verlegen der Rohre und die Versickerungsanlage zur Befeuchtung der Erde auf etwa € 43.000. An diesen Kosten beteiligte sich der BADENOVA INNOVATIONSFOND zur Unterstützung innovativer Technologien mit € 16.400.

Planung

Erfreulicherweise fanden Architekten und Planer schon vor dem eigentlichen Baubeginn Zeit, interessierte Schülerinnen und Schüler über das Vorhaben Erdwärmenutzung zu informieren. An zwei Terminen stand vor allem der Energieplaner Sonnenstädt den Mitgliedern der SolarAG für Fragen und Anregungen zur Verfügung. Dabei wurde deutlich, dass zur Dokumentation der Bauphase nur ein begrenzter Zeitraum zur Verfügung stand, der zudem teilweise in die Ferienzeit fiel. Es musste daher frühzeitig geplant werden, wie und wann die Photos gemacht werden sollten, die später Aufschluss über die Bautätigkeiten geben sollten. Außerdem zeigten sich die Mitglieder der SolarAG 2005 daran interessiert, die Energiedaten, d.h. vor allem die wöchentlichen Erträge abzulesen und der Schulgemeinschaft zu präsentieren, wie dies schon bisher mit den Daten der Photovoltaik-Anlage und der Sonnenkollektor-Anlage geschah. Es wurde daher angeregt, einen Durchflussmengenzähler und entsprechende Temperatursensoren an Ein- und Auslass der Rohre zu installieren, um dann mit Hilfe der spezifischen Wärmekapazität von Luft die entnommene Energiemenge ermitteln zu können (soviel Physik gehört zum Stoff der Mittelstufe). Den Wünschen wurde insofern mehr als Rechnung getragen, als die PC-gesteuerte Überwachung diese Daten ohne größeren Rechenaufwand zur Verfügung stellt und sie nur noch abgelesen werden müssen.

Bau der Anlage

Die folgende Bilddokumentation entstammt vor allem einer Präsentation, mit der Schüler während der Science-Days 2005 im Europapark Rust die Öffentlichkeit über die Erdwärme-Anlage am Kant informierten.

In das Fundament des neuen Turnhallengebäudes werden die PVC-Rohre verlegt, durch die dann später die Luft geleitet werden soll.

Die Rohre werden verbunden und dann teilweise mit Erde zugedeckt.

Hier sieht man die drei parallel verlaufenden Rohre im Fundament unter der Halle.

Der Rasenplatz neben der Sporthalle wird breit aufgebaggert, um die drei 80 m langen Rohre nebeneinander verlegen zu können.

Am Ende münden die Rohre in einen Lufteinlass aus Beton, auf den ein Stahlzylinder gesetzt wird.

Durch diesen Zylinder soll später die Luft zugeführt werden. Er ist so hoch, um nicht die Autoabgase der nahegelegenen Straße anzusaugen.

Nach dem Verlegen der Rohre werden sie wieder mit Erde zugedeckt.

Anschließend wird ein weiteres Rohr darüber installiert. Es führt Wasser, das durch kleine Perforationslöcher austreten kann und somit die Erde in der Umgebung der Luftrohre befeuchtet.

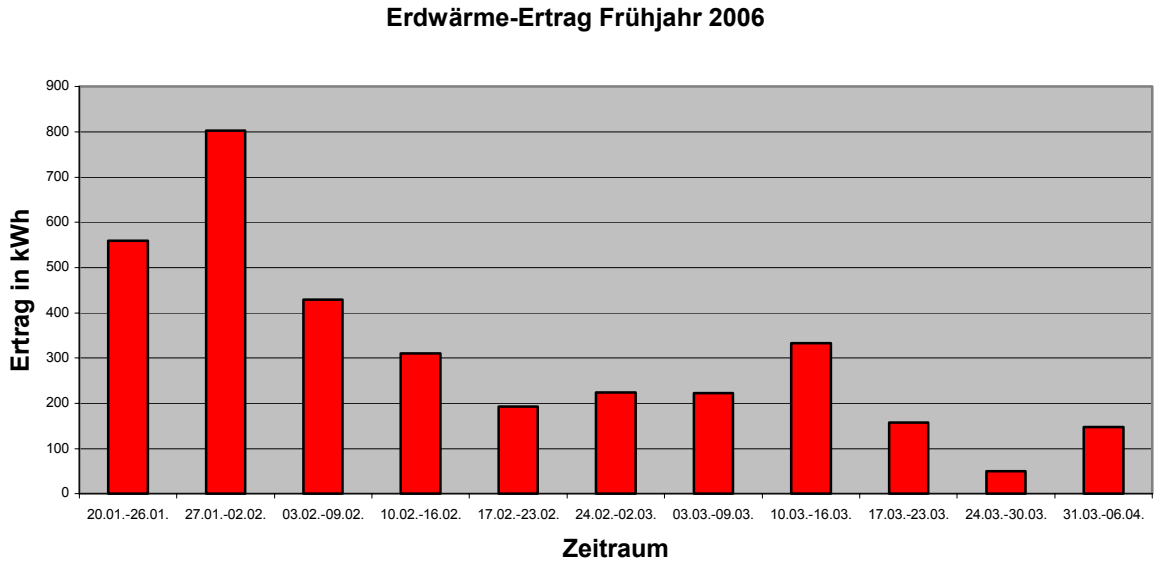
Dieses Rohr sorgt für die Wasserabgabe. Es ist mit einer Folie unterlegt, damit die Feuchtigkeit die Erde neben den Luftrohren erreicht und nicht direkt nach unten sickert.

Inzwischen ist der Rasen wieder gewachsen und nur das Edelstahlrohr erinnert an die Anlage drei Meter unter dem Boden.

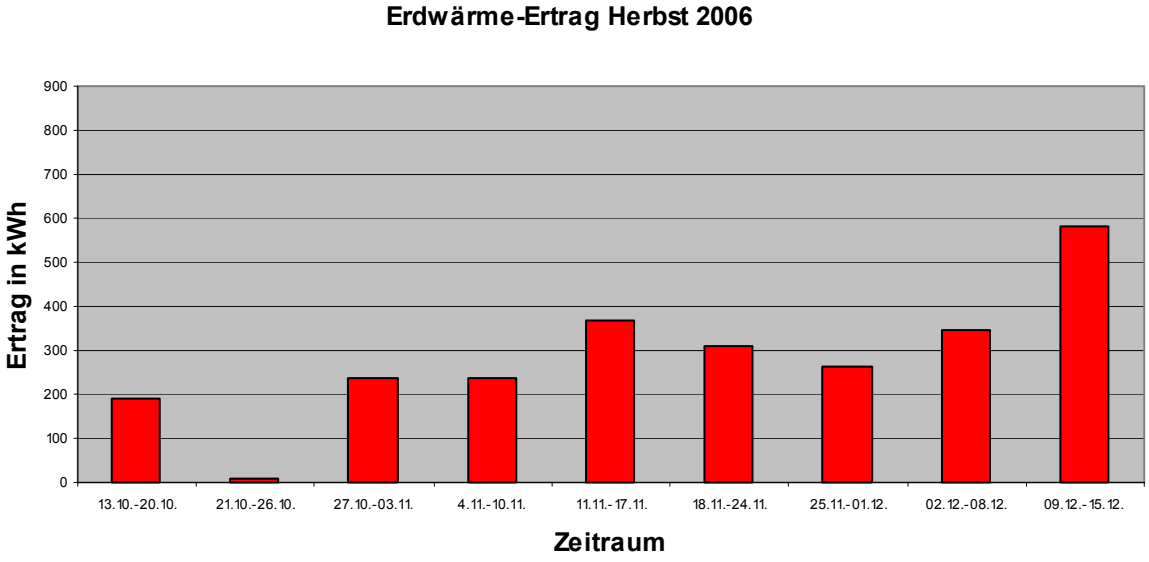
DIE ERDWÄRMEGEWINNUNG IN DER PRAXIS

Ergebnisse der Wärmegewinnung

Von Ende Januar bis Mitte Dezember 2006 erwirtschaftete die Anlage einen Ertrag von rund 6600 kWh, wobei der größte Anteil natürlich auf den Zeitraum von Oktober bis März entfiel. Im Winter/Frühjahr ab Januar ist prinzipiell eine Abnahme der Erträge zu beobachten, unterbrochen von kalten Wochen. Der Durchschnitt im Frühjahr betrug 312 kWh/Woche.



Im Herbst ab Mitte Oktober zeigte sich, wieder mit witterungsbedingten Unterbrechungen, ein tendenziell ansteigender Wochenertrag, der mit etwa 580 kWh Mitte Dezember ein vorläufiges Maximum erreichte. Der Durchschnittsertrag im Herbst liegt bisher bei 282 kWh pro Woche, dürfte sich aber bei sinkenden Außentemperaturen dem Frühjahrswert annähern.



In den Sommermonaten, in denen die Außentemperaturen die Bodentemperaturen deutlich übertrafen diente die Belüftungsanlage als Klimaanlage. Rund 3500 kWh an „Kältearbeit“ wurden verrichtet, ein Effekt, der zwar nicht direkt der Energieeinsparung zugerechnet werden kann, aber bei Sport treibenden Schülerinnen und Schülern gut ankam.

Interview mit Michael Wissler, Hausmeister am Kant-Gymnasium

Solar AG: Herr Wissler, wie lange ist die Erdwärmeanlage schon in Betrieb?

M. Wissler: Seit dem 18. September 2005 ist die Anlage in Betrieb.

Solar AG: Wie finden Sie die Anlage?

M. Wissler: Mit der ganzen Heizungsanlage haben wir bisher noch nie eine Störung gehabt (klopft dreimal auf den Tisch). Wir hatten bisher keine Probleme und ich bin sehr zufrieden damit. Es ist natürlich ein großer Unterschied zwischen der neuen Anlage in der Humboldthalle und der alten Heizungsanlage hier im Haus, denn bei der alten muss ich jeden Tag runter und nachschauen. Das war bei der neuen nur am Anfang so.

Solar AG: Wie oft kontrollieren Sie die neue Anlage?

M. Wissler: Ich kontrolliere auf jeden Fall einmal die Woche, vor allem den Ansaugturm, weil da ja auch der Fußballplatz nebendran ist.

Solar AG: Wie sehen die Wartungsarbeiten aus?

M. Wissler: Die Wartungsarbeiten werden von der Firma selbst ausgeführt, da habe ich keine Arbeit. Es gibt auch einen Wartungsvertrag für die ganze Anlage. Die Wartungsfirma kommt einmal im Jahr und führt die Arbeiten am ganzen System durch. Viel Arbeit habe ich nicht mit der Anlage.

Solar AG: Was ist Ihre Aufgabe bei der Steuerung der Anlage?

M. Wissler: Die Anlage steuert sich selbst, da habe ich nichts zu tun. Ich kann aber die Heizung der Klassenzimmer und die Lüftung der Humboldthalle manuell steuern. Wenn Veranstaltungen sind, schalte ich nur die Lüftung ein, damit die Leute nicht ersticken. Ich gebe die Zeit ein vom Anfang bis zum Ende, und dann läuft die Anlage automatisch.

Solar AG: Gibt es spezielle Extrakenntnisse, die Sie erwerben mussten?

M. Wissler: Ich musste erst die Steuerung der Anlage durch den Computer erlernen, da ich das ja vorher nicht konnte.

(Das Interview mit Herrn Wissler führten Mirko Hahn und Simon Meier)

DIE SCHÜLERBETEILIGUNG AM ERDWÄRMEPROJEKT

Wärmeleitung im Physikunterricht

Eine Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler mit der Nutzung von Erdwärme vertraut zu machen, stellt der Physikunterricht des Gymnasiums dar. Nach den alten Bildungsplänen

bietet sich dafür vor allem die Einheit „Wärmelehre“ der Klasse 9 an. Der Bildungsplan regt hier explizit an, „die Bedeutung der Sonnenenergie“ anzusprechen.
Noch ausführlicher soll das Thema in der Klasse 11 in der Lehrplaneinheit „Energie“ behandelt werden. Zum Thema „Möglichkeiten und Problematik der Energieversorgung“ weist der zugehörige Kommentar u.a. auf die Behandlung regenerativer Energien hin, wozu die Erdwärmegewinnung ohne Zweifel gehört.
Eigene Erfahrung mit der Behandlung des Themas stammen aus der Klasse 9. Eine Besichtigung der Außenanlage und Bilder der Bauphase führten zu Unterrichtsfragen

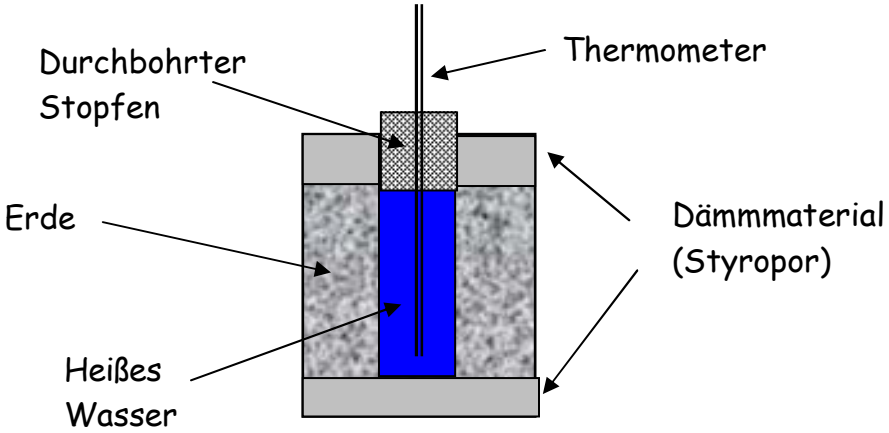
- Wann und warum wird der Boden warm?
- Wie kann der Boden Sonnenenergie speichern?
- Wie kommt die Energie zur Luft?
- Warum geht die Energie zur Luft?

Es zeigte sich, dass eine konkrete Anwendung physikalischer Prinzipien vor Ort und vor allem zum eigenen Nutzen großes Interesse hervor rief und somit die Motivation, sich mit entsprechenden Themen zu befassen, steigerte.

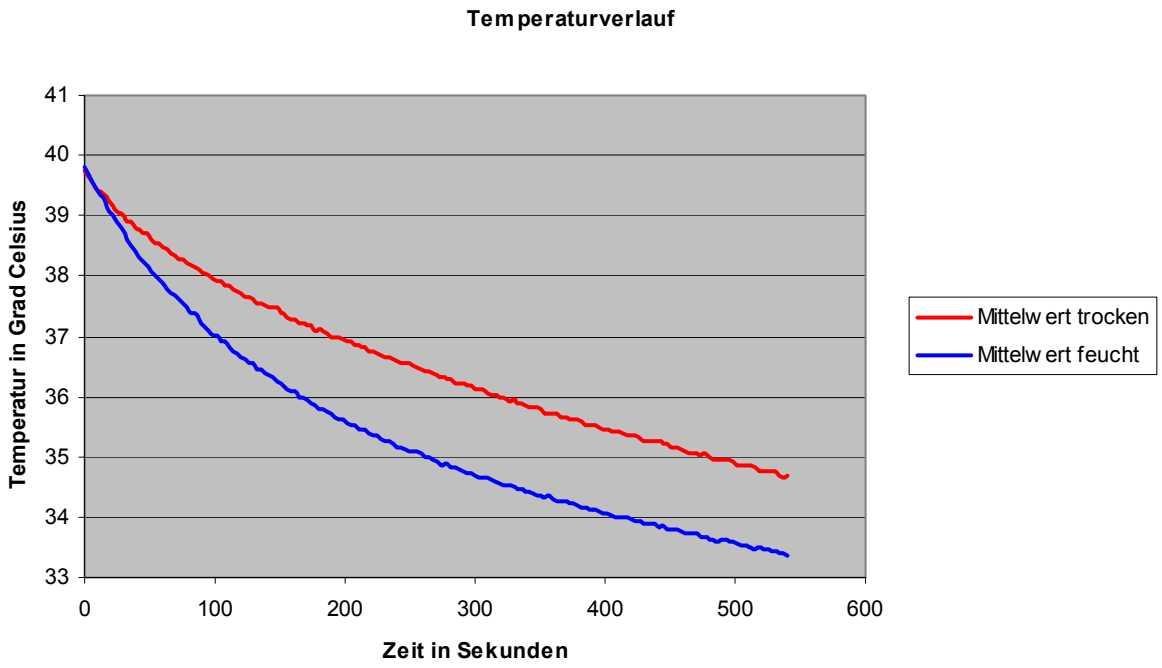
Wärmeleitung in der Physik AG

Eine intensivere Möglichkeit zur Beschäftigung mit dem Thema Erdwärme bietet natürlich eine eigene Physik AG, wie sie am Kant-Gymnasium seit 3 Jahren besteht. Jeden Freitagnachmittag treffen sich dort interessierte Schülerinnen und Schüler, um in kleinen Gruppen möglichst selbstständig zu forschen.

Das Thema, dem sich Sabine Hagemann und Raphael Gempp aus der Klasse 11 widmeten, befasste sich mit dem Effekt der Beeinflussbarkeit der Wärmeleitfähigkeit von Sand und Erde. Dabei stellte sich heraus, dass allein die Frage, mit welcher Apparatur Effekte nachgewiesen werden oder gar quantitativ gemessen werden können, mit erheblichen Problemen verbunden ist. So musste beispielsweise durch geeignete angepasste Dämmmaterialien dafür gesorgt werden, dass die Energie auch wirklich den Weg durch das zu untersuchende Material geht. Letztlich wurde ein System aus zwei Glaszylindern gewählt, deren Zwischenraum mit trockener bzw. feuchter Erde aus dem Originalaushub gefüllt wurde. Der innere Zylinder wurde mit heißem Wasser (etwa 40 °C) gefüllt und mit einem Thermometer versehen. Die zeitliche Abnahme der Wassertemperatur während eines Messzeitraums von 9 Minuten bot dann ein Maß für den Energietransport durch die Erde.



Es zeigte sich, dass der Wärmeverlust durch die Befeuchtung des Zwischenmaterials schneller erfolgte als durch trockenes Material. So nahm die Temperatur bei trockener Erde während 9 Minuten durchschnittlich um 5,1 °C ab, bei feuchter Erde aber um 6,4 °C.



Aktivitäten der SolarAG

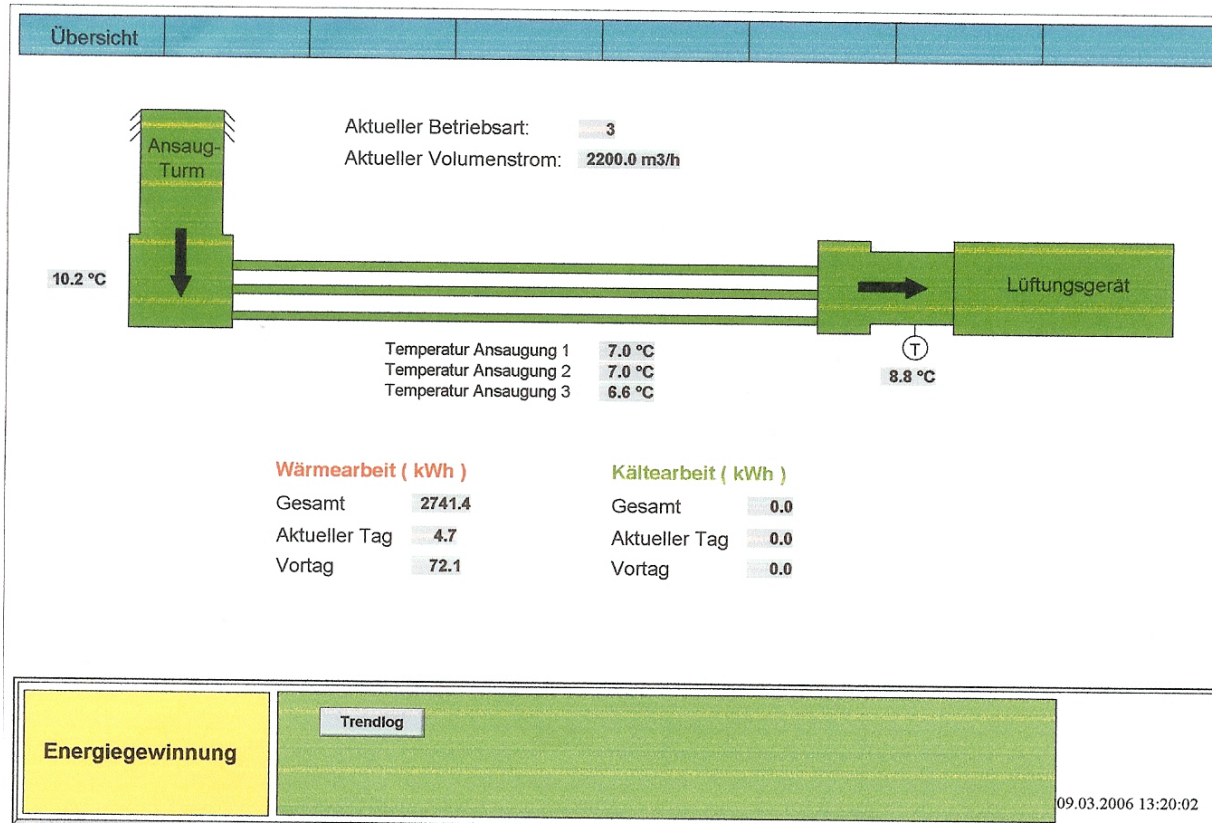
Eine Energiespar-Arbeitsgemeinschaft, kurz EspAG existierte am Kant-Gymnasium unter Leitung von Christoph Koch-Kalmbach bereits seit 1996. Zu Beginn widmete sie sich ausschließlich der Beeinflussung von Schülern und Lehrern, die durch geeignete Maßnahmen dazu gebracht werden sollten, sparsam mit den Ressourcen Strom, Wasser und Wärme umzugehen. Durch einen Vertrag mit der Stadt Weil am Rhein flossen jedes Jahr 70 % der eingesparten Kosten an die Schule, die das Geld zum Beispiel in Solarenergie-Anlagen investieren konnte. Durch den außerordentlichen Erfolg der Aktion wurde allein durch Einsparungen eine 5 kW Photovoltaik-Anlage sowie eine 20 m^2 Sonnenkollektoren zur Brauchwasser-Erwärmung der Turnhalle finanziert.
Die Mitglieder der AG im Schuljahr 2004/2005 waren an der Planung und der Dokumentation des Baus beteiligt. Sie stellten die Ergebnisse, zusammen mit einem selbstgedrehten Video zum Thema Energiesparen an der Schule auf den Science-Tagen in Rust dar.
Durch einen Wechsel der Teilnehmer verschoben sich die Interessen und damit die Arbeitsschwerpunkte. So widmete sich die AG im folgenden Jahr mehr den bestehenden Anlagen als dem Energiesparen und hat sich daher in SolarAG umbenannt. Die Mitglieder im Schuljahr 2005/2006 agierten als Energie-Manager. Sie ermittelten die wöchentlichen Energie-Erträge „ihrer“ Anlagen, berechneten daraus die finanziellen Gewinne, die CO_2 – Einsparungen, die Kapitalrendite sowie die ökologische Rendite. Ein Teil dieser Werte wurden dann grafisch aufbereitet und in der Eingangshalle des Gymnasiums mit einem Beamer präsentiert. Etwa die Hälfte der Gruppe war damit beschäftigt, die Daten der Erdwärme-Anlage zu erfassen und die Aufarbeitung zu leisten. Im laufenden Schuljahr 2006/2007 wird das Vorhaben im Prinzip weitergeführt und von zwei Schülern betreut.

DIE AUSWERTUNG DER DATEN

Datengewinnung

Die wöchentliche Ablesung der aktuellen Werte des Energiezählers erfolgte über einen PC, mit dem Ausdrucke des Tagesstands, die aktuellen Temperaturen, die Werte des laufenden Tages sowie des Vortags ausgegeben wurden. Unterschieden wurde außerdem in Wärmearbeit und Kältearbeit im Sommer.
Die Abbildung unten zeigt einen Auszug vom März 2006.

LFTG_HZG-Energiegewinnung 09.03.2006 13:20:02



Verarbeitung der Daten

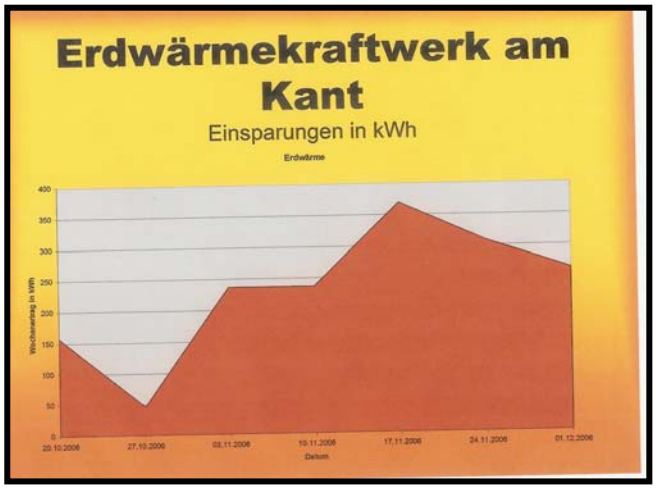
Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe von Excel-Berechnungstabellen, die dann als Grundlagen für Liniendiagramme dienten. Sie wurden für alle drei Anlagen, die Erdwärme-Anlage, die Sonnekollektoren und die Photovoltaik-Anlage erhoben, um einen Vergleich zu ermöglichen.

- Der wöchentliche Ertrag in kWh ergibt sich als Differenz zwischen aktuellem Wert und dem entsprechenden Wert der Vorwoche.

- Der finanzielle Ertrag ergibt sich daraus über die eingesparten Gaskosten bei einem Ansatz von € 43,40.- pro MWh.
- Die CO_2 Einsparung legt einen Umrechnungsfaktor von 0,254 kg CO_2 pro eingesparter Kilowattstunde Energie aus Gasverbrennung.
- Die finanzielle Rendite basiert auf den Anschaffungskosten der Erdwärme-Anlage in Höhe von € 43.000.- und wird als Quotient aus (finanziellem Wochenertrag * 52) und den Anschaffungskosten errechnet.
- Die ökologische Rendite schließlich erfasst die CO_2 Einsparung in Kilogramm pro € 1000.- an eingesetztem Kapital.

Präsentation der Daten

Die Darstellung wurde in eine PowerPoint Präsentation eingearbeitet und auf dem Schulserver abgelegt. Auf diesen Server hat ein PC in der Loge des Hausmeisters Zugriff, von dem aus ein an der Decke der Eingangshalle angebrachter Beamer versorgt wird. Die Präsentationseinrichtung wurde vor 5 Jahren im Rahmen eines Energieprojekt des baden-württembergischen Verkehrs- und Umweltministeriums der Schule zur Verfügung gestellt. Abgebildet sind die zur Zeit (Dezember 2006) in der Gesamtpräsentation enthaltenen Folien zur Erdwärme-Anlage.



AUSBLICK

Zukunftstechnologien im neuen Fach NwT

Abgesehen von den bisher schon bestehenden Möglichkeiten, alternative Formen der Energiegewinnung im Unterricht oder in außerunterrichtlichen Veranstaltungen einzubinden, wird ein ab dem Schuljahr 2007/2008 neu an den Gymnasien eingeführtes Fach besondere Chancen bieten. In „Naturwissenschaft und Technik“, einem im naturwissenschaftlichen Profil für die Jahrgänge 8 bis 10 mit 4 Wochenstunden angesetzten neuen Kernfach, sollen sich die Schüler aktiv mit Themen aus Natur und Technik befassen. Vorbehaltlich der Zustimmung der zuständigen Gremien sehen die schulinternen Planungen vor, in der zehnten Jahrgangsstufe etwa 10 Wochen dem Themenbereich „regenerative Energien“ zu widmen. In Projekten und durch andere Formen selbsttätigen Lernens sollen die Schüler vor allem die schuleigenen Energiesysteme (Erdwärme, Solarenergie, Energiemanagement) nutzen, um so den Umgang mit Zukunftstechnologien zu erlernen, Neugier zu wecken und Schranken abzubauen.

Präsentation im Internet

Neben den schuleigenen Publikationen wie der Schulzeitung PROKANT oder der Schülerzeitung PROVOKANT kommt heute vor allem der Homepage einer Schule herausragende Bedeutung in der Außendarstellung zu. Die SolarAG hat sich daher für die Zukunft vorgenommen, dieses Medium verstärkt zu nutzen. Am Anfang soll die wöchentlich aktualisierte Präsentation der Erträge über die Website „www.kant.de“ ins Netz gestellt werden. Später sollen dann die aktuellen Daten der Photovoltaik- und der Erdwärme-Anlage online verfügbar sein, was dank moderner Steuerungs- und Überwachungstechnik schon in absehbarer Zeit möglich scheint.

Der pädagogische Wert von Innovationstechniken in der Schule

Unsere Gesellschaft wird ihren hohen Standard in Zukunft nur halten können, wenn es gelingt, in verstärktem Maß Jugendliche für Naturwissenschaften und Technik zu interessieren. Die Schule, vor allem das naturwissenschaftlich ausgerichtete Gymnasium, ist dafür der richtige Ort, vorausgesetzt, es gelingt, positive Bezüge herzustellen. Wenn Schüler durch eigenes Tun in ihrer unmittelbaren Umgebung erfahren, dass Technik dazu dienen kann, Probleme der Zukunft zu lösen, kann dies gelingen. Ein zukunftsfähiges Projekt wie die saubere (Rück-)Gewinnung von Energie aus dem Erdreich dient diesem Ziel in ganz besonderem Maß.