

Der Energiemonitor im Physik- und Mathematikunterricht

Seit Jahren bemühen sich Lehrer, Schülerinnen und Schüler das Bewusstsein der ganzen Schulgemeinschaft für den Energieverbrauch unserer Schule zu verbessern. Unser Motiv hierfür ist weniger ein finanzieller, sondern vielmehr ein ideeller, nach dem Motto „global denken, lokal handeln“. Unser Ansatzpunkt ist, dass alle Beteiligten ihr Verhalten so verändern, dass wir *ohne Komfortverlust, weniger Energie* benötigen. Für alle ist seither die „physikalische Größe Energie“ nicht mehr abstrakt, sondern erlebbar geworden. Unsere Erfolge im Heizungsbereich sind beachtlich [1], im elektrischen Bereich jedoch nicht. Das liegt vermutlich in erster Linie daran, dass es für alle Beteiligten schwer ist, zu beurteilen, ob durch eine konkrete Handlung elektrische Energie eingespart wird oder nicht. Der nun installierte Energiemonitor [2], dessen Anschaffungskosten zum großen Teil die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung [3] in dankenswerter Weise übernommen hat, soll uns hier entscheidend helfen. Er zeigt die augenblicklichen Energieverbrauchswerte der Schule an. Durch dieses Geräte wird es auch möglich, den Energieverbrauch von Tag zu Tag aufzuzeichnen, ihn zu analysieren und die Ergebnisse der Schulgemeinschaft täglich an unserer Energietafel bekannt zu geben. So können alle Beteiligten schnell sehen, ob wir eine Reduzierung des elektrischen Energieverbrauchs erreichen oder nicht. Wir hoffen auf diese Weise den sinnlich schwer wahrnehmbaren elektrischen Energieverbrauch für alle Beteiligten plastischer werden zu lassen. Für die Schülerinnen und Schüler werden so physikalische Fragestellungen Teil Ihres Alltags; der Physikunterricht wird nicht nur lebensnah, sondern Teil unseres Leben an der Schule und sicher auch zu Hause.

1 Aufbau der Anlage

Mit dem in der Alltagssprache „Stromzähler“ genannten Energiezähler im Keller des Friedrich-Gymnasiums wird ermittelt, wie viel elektrische Energie die Schule verbraucht. Dreht sich die rote Scheibe 10 mal, so zeigt das an, dass 1 kWh Energie verbraucht wurde. Je schneller sich die Scheibe dreht, desto mehr Energie fließt in jedem Moment durch den Zähler hindurch, ins Haus hinein; die Drehgeschwindigkeit der Scheibe ist also ein Maß für die „Energiestromstärke“¹, die in der Maßeinheit W bzw. kW angegeben wird. Dreht sich die Scheibe z.B. 1 mal in der Minute, so fließt während dieser Zeit ein elektrischer Energiestrom der mittleren Stärke 6 kW.

Dreht sich die Scheibe 1 mal, so werden 70 elektrische Impulse an ein Energieaufzeichnungsgerät („EMMA“) übertragen. Dort werden diese Impulse einerseits mit der zugehörigen Uhrzeit gespeichert und andererseits wie bei einem „Babyfon“ auf das 230 V Stromnetz aufmoduliert. Diese Modulation kann dann im ganzen Haus an jeder Steckdose von einem speziellen „Empfänger“ aufgenommen und verarbeitet werden.

Im unteren Flurbereich der Schule ist auf der Energietafel des Friedrich-Gymnasiums ein Display angebracht (Abb.2), das die Stärke des gerade fließenden elektrischen Energiestroms in kW anzeigt. Das Display bekommt die zur Anzeige notwendige Information über das Stromnetz geliefert.

Im Physiksaal ist ein Computer mit einem weiteren Empfänger verbunden. So können die im EMMA gespeicherten Energiedaten ausgelesen und verarbeitet werden. Auf diese Weise wurden beispielsweise die Diagramme hergestellt, die die Stärke des Energiestroms in Abhängigkeit von der Uhrzeit („Leistungsdiagramm“) darstellen

¹ Wir übernehmen hier die Ausdrucksweise, die vom Karlsruher Physikkurs vorgeschlagen wird. Nehmen wir die Mengenartigkeit der Energie ernst, so liegt es nahe, die „elektrische Leistung“ wegen der Beziehung $P = \Delta E / \Delta t$ als eine Energiestromstärke zu verstehen und zu bezeichnen [4].

(Abb.3). Da die gespeicherten Daten als EXCEL-Dateien vorliegen, können diese durch selbstentwickelte Computerprogramme weiterverarbeitet werden.

2 Einsatz im Unterricht

An verschiedenen Stellen kann im Unterricht auf den Energiemonitor eingegangen werden. Dabei bekommt der aktuell unterrichtete Inhalt einen realen Alltagsbezug; außerdem werden die Schülerinnen und Schüler immer vertrauter mit dem, was die vom Energiemonitor angezeigten Daten bedeuten.

2.1. Mathematikunterricht

In folgenden Zusammenhängen können die Messdaten des Energiemonitors eingesetzt werden:

- Lesen und Interpretieren von Diagrammen
- Bedeutung von Mittelwerten
- Funktion und deren Ableitung
- Die Größe des Flächeninhaltes unter dem Schaubild des „Leistungsdiagramms“ ist ein Maß für die geflossene Energiemenge
- Darstellen des Energie-Zeit-Diagramms

Beispiel:

Interpretiere den Verlauf des Schaubildes (Abb. 3). Zu welchen Tageszeiten wurde besonders viel bzw. wenig Energie verbraucht? Woran liegt das?

Ermittle graphisch die Energie, die an dem dargestellten Tag verbraucht wurde.

Berechne die mittlere Stärke des elektrischen Energiestroms, der an diesem Tag in das Schulhaus geflossen ist.

Ermittle graphisch die Energie, die an diesem Tag bis zu den einzelnen Uhrzeiten (z.B. in 0,5 h Schritten) verbraucht wurde und stelle sie in Abhängigkeit der Uhrzeit in einem geeigneten Diagramm dar. Als Nullpunkt kann z.B. 0:00 Uhr gewählt werden.

2.2. Physikunterricht

Hier ergeben sich die folgenden Möglichkeiten:

Bei der Einführung des Energiebegriffs auf den elektrischen Energiezähler eingehen, der im Alltag fälschlicherweise „Stromzähler“ genannt wird.

Den Zusammenhang von Energie E und Energiestromstärke P durch $P = \Delta E / \Delta t$ und die entsprechenden Maßeinheiten klären.

Den Aufbau der Energiemonitoranlage besprechen.

Besprechen, warum am Display grundsätzlich nur Mittelwerte angegeben werden können.

Schülergruppen bestimmen, die über einen gewissen Zeitraum die Computerauswertung des Energieverbrauchs übernehmen und die die Ergebnisse an der Energietafel der Schule veröffentlichen.

Energiemanagementprojekte initiieren.

Vorschläge zum sinnvolleren Einsatz elektrischer Energie erarbeiten und umsetzen; eventuell in Zusammenarbeit mit der Umwelt-AG der Schule.

3 Das Energiemanagementprojekt des Leistungskurses Physik

Im folgenden sind Auszüge aus dem ersten Abschlussbericht dieses Projekts wiedergegeben:

In der Zeit vom 9.1. bis zum 30.1.01 haben wir, der Physikleistungskurs der Klasse 12 am Friedrich Gymnasium Freiburg, den Energieverbrauch unserer Schule beo-

bachtet und analysiert. Dabei verwendeten wir ein Computerprogramm das den elektrischen Energieverbrauch der Schule zu jeder Zeit aufzeichnet und ihn als Diagramm darstellt.

Dieses tägliche „Energie-diagramm“ haben wir ausgedruckt und mit dessen Hilfe den täglichen Gesamtverbrauch graphisch ermittelt und ausgewertet. (Abb.4)

3.1. Beobachtungen:

Unseren täglichen Untersuchungen zufolge lässt sich der Energieverbrauch in drei Bereiche teilen:

1. Die Grundlast: etwa 10 kW Tag und Nacht
2. Die Sporthallenbeleuchtung: etwa 10 kW
3. Der Schulbetrieb: 0 - 38 kW

In diesen Bereich fällt der sonstige elektrische Energieverbrauch, der mit dem Betrieb der Schule verbunden ist.

3.2. Allgemeine Gemeinsamkeiten der Wochentage:

Jeder Wochentag hat einen charakteristischen Verlauf, der vom Stundenplan des Tages verursacht wird (Abb.5). Je nach Wetterlage ist dieser Verlauf modifiziert.

Allen Wochentagen ist gemeinsam:

Das Putzen der Turnhalle um 6.00 Uhr morgens, der Spitzenverbrauch liegt meist vor der großen Pause, die große Pause (10.15-10.35 Uhr) ist deutlich zu erkennen, der Energieverbrauch sinkt erheblich, nach der großen Pause sind die Werte des Energieverbrauchs kleiner als vor der großen Pause, daraus folgt, dass unnötige Lampen offensichtlich ausgeschaltet bleiben.

3.3. Schlussfolgerungen:

1. Wir konnten feststellen, dass das Friedrich-Gymnasium jede Woche ungefähr 3000 kWh elektrische Energie verbraucht. (Zum Vergleich: Ein 4-Personen Haushalt hat einen durchschnittlichen Jahresverbrauch von 4000 kWh.)
2. Im Friedrich-Gymnasium wird über die Hälfte der elektrischen Energie für die „Grundlast“ benötigt (Abb.6). Keiner an unserer Schule kann bisher sagen, was hinter dieser Grundlast steckt. Wir müssen nun herausfinden, wodurch diese verursacht wird um zu prüfen, wie wir hier Energie sparen können.
3. Die Sportlehrer müssen befragt werden, wie der Einsatz der Sporthallenbeleuchtung weiter optimiert werden kann.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Es hat sich in den wenigen Monaten, seit unser Energiemonitor installiert ist, gezeigt, dass er von allen Beteiligten der Schulgemeinschaft intensiv wahrgenommen wird. Die Schülerinnen und Schüler des Leistungskurses Physik haben das Projekt mit großem Engagement durchgeführt. Sie haben eine „Firma“ mit eigenem Briefkopf

„gegründet“ und gelernt wie sie die von ihnen festgestellten Ergebnisse geeignet schriftlich und mündlich präsentieren können.

Literatur

- [1] Dieter Plappert: Experimente zum Verständnis von Thermostatventilen, MNU 53 (2000), S. 432 – 434
- [2] Der Energiemonitor wird vertrieben von Micro.Green@gmx.net
- [3] Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, Deutsche Physikalische Gesellschaft, Hauptstr. 5, 53604 Bad Honaf
- [4] F. Herrmann: Der Karlsruher Physikkurs, Aulisverlag, Köln, 2001

Dieter Plappert, Friedrich-Gymnasium, Jacobistr. 22, 79104 Freiburg, dieter.plappert@breisnet-online.de, war als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Didaktik der Physik an der Universität Karlsruhe tätig, unterrichtet Mathematik und Physik, ist Fachberater für Physik am Oberschulamt Freiburg und Lehrbeauftragter für Physik am Studienseminar in Freiburg.

Bildunterschriften:

- Abb.1: Der prinzipielle Aufbau der Energiemonitoranlage
- Abb.2: Die Mitarbeiter des Energiemanagementprojekts
- Abb.3: Das Energiestromstärke-Zeit-Diagramm eines Tages
- Abb.4: Graphisch wurde der Energieverbrauch ermittelt. An diesem Tag betrug der Gesamtverbrauch etwa 530 kWh.
- Abb.5: Die Charakteristik des Dienstags ist deutlich zu erkennen
- Abb.6: Anteile der drei Bereiche am elektr. Energieverbrauch