

# Energieeinsparung und Klimaschutz in Schulen:

Beispielanwendung für  in der

l o k a l e  
**agenda21**

**Bettina Brohmann/Uwe R. Fritsche/Alexander Seel**

Darmstadt, im Januar 2001

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Ein Beitrag der Darmstädter Schulen zur Lokalen Agenda 21.....</b>	<b>3</b>
2.1	Vergleich des Energieverbrauches an Schulen.....	3
2.2	Die Situation an Darmstädter Schulen.....	4
<b>3</b>	<b>Eine Schule mit vielen Möglichkeiten: Das Viktoria- Gymnasium.....</b>	<b>5</b>
3.1	Einführung des 50/50 Projektes.....	5
3.2	Zukünftige Einsparpotentiale.....	5
3.2.1	Technische und bauphysikalische Bedingungen.....	7
3.2.2	Entwicklung des Energieverbrauchs.....	9
<b>4</b>	<b>Eine Schule mit großen Chancen: Das Lichtenberg- Gymnasium.....</b>	<b>10</b>
4.1	Projekt Solaranlage mit Kommunikationsproblemen.....	10
4.2	Fehlende Kontinuität der Arbeitsgruppe Klima.....	11
4.3	Hausmeisterschulung zur Unterstützung.....	11
4.4	Neue Perspektiven.....	11
<b>5</b>	<b>Zusammenfassende Bewertung und Umsetzungsempfehlungen.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Bilanz für Schüler.....</b>	<b>13</b>

Anhang I: CO<sub>2</sub> – Bilanzierung für Schüler 14

Anhang II: Datenblätter (auch als MS-Excel-Blätter auf GEMIS-CD) 18

## 1 Vorwort

In vielen hessischen Kommunen wird derzeit intensiv über Leitbilder, Ziele und Aktionspläne zur Nachhaltigkeit diskutiert.

Mit der Lokalen Agenda 21 sollen in den Kommunen auch konkrete, vorbildhafte Projekte gestartet werden, an denen die Bürgerinnen und Bürger mitwirken können und Partizipation umgesetzt wird. Zahlreiche Erfolge wurden bislang auch in Hessen dokumentiert<sup>1</sup>.

Auch wenn die Ziele in ihrem umfassenden Sinne und mit hohem Anspruch oft schwer zu erreichen sind, so ist doch mit den Agendaprozessen eine deutliche Bewegung in den Kommunalverwaltungen zu erkennen.

Insbesondere Kinder und Jugendliche als zukünftige Konsumenten und Konsumentinnen sollen mit ihren Vorstellungen und Vorschlägen aktiv teilnehmen und in die Diskussion über die langfristige Entwicklung ihrer Stadt und ihres Quartiers einbezogen werden.

Die Aktivitäten auf kommunaler Seite sind häufig das Ergebnis des Engagements Einzelner oder kleiner Gruppen.

Bei der Implementierung dieses Engagements in den Verwaltungsalltag und die Investitionsplanung der Kommunen kommt es nicht selten zu Reibungsverlusten.

Eines der Probleme ist – wie sich häufig zeigt – die fehlende Koordination und Kommunikation zwischen den Beteiligten.

Auch beim Thema Klimaschutz als integriertem Bestandteil vieler kommunaler Agendaprozesse lassen sich Defizite ausmachen.

Wie man diesen begegnen könnte, zeigt ein Praxisbeispiel mit Schulen in Darmstadt, das im folgenden dokumentiert werden soll.

Die Rolle von GEMIS ist dabei die des „Datenservers“: Welche Emissionen sind mit dem Energieeinsatz verbunden, wie viel wird gespart ?

Es wurde auch ansatzweise versucht, GEMIS als Programm im Unterricht zu erproben – aus Zeitgründen blieb dies jedoch noch sehr rudimentär und sollte in Zukunft in größerem Umfang erneut versucht werden.

---

<sup>1</sup> Vgl. z.B. ausführliche Projektliste auf <http://www.herasum.de/agenda21>

## 2 Ein Beitrag der Darmstädter Schulen zur Lokalen Agenda 21

Die Stadt Darmstadt versucht, im Rahmen der Lokalen Agenda 21 einen sorgsam und bewussten Umgang mit Energie zu unterstützen, um einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung zu leisten. Die Darmstädter Schulen sind wichtige Akteure und Multiplikatoren im Klimaschutz. Dabei ist insbesondere die Kommunikation und Kooperation aller Beteiligten wie Schüler, Lehrer, Hausmeister, Eltern und Schulträger kennzeichnend für den Agendaprozess.

Die Energieeinsparpotenziale an den Schulen lassen sich im Wesentlichen über zwei Handlungsfelder erschließen:

- Organisation und Didaktik und
- Investitionen in die Technik.

Unter "Organisation und Didaktik" versteht man die organisatorischen, inhaltlichen und methodischen Vorschläge, um das Thema "Energiesparen" sowohl im Unterricht als auch außerhalb des Unterrichts im Schulalltag für alle Beteiligten verständlich und motivierend zu vermitteln. Hier ist vor allem die Kommunikation der Beteiligten gefragt.

Die "Technik" der Schule umfasst den baulichen Zustand des Schulgebäudes selbst, die Anlagentechnik sowie die Steuerungsmöglichkeiten.

Beide Aspekte können und sollen miteinander verbunden werden, wozu es aber des Engagements aller Beteiligten - neben den unmittelbaren Nutzern auch der Verwaltung - bedarf.

### 2.1 Vergleich des Energieverbrauches an Schulen

Um einen Überblick zu erhalten, wie der eigene Energieverbrauch in der Schule einzuordnen ist und wie hoch die Energieeinsparpotenziale sind, bedient man sich der Kennzahlen.

Eine einfache Möglichkeit hierzu ist die Energiekennzahl, die sich aus dem witterungsbereinigten Verbrauch von Strom, Gas und Heizöl bezogen auf die beheizte Fläche ergibt. Eine Studie der Energieagentur Nordrhein-Westfalen<sup>2</sup> ermittelte beispielsweise für Schulen die folgenden Kennzahlen:

Baujahr	Energiekennzahl kWh/m <sup>2</sup> a	Max. Einsparpotential %
Bis 1949	138-206	49
1950-1965	102-403	42
1966-1975	237-342	43
1975-1990	246	- *)

Daten für eine beheizte Nutzfläche von 1500-3000 m<sup>2</sup>

\*) keine ausreichende Bewertung

<sup>2</sup> Energieeinsparung in Schulen in NRW, Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW, 1999

## 2.2 Die Situation an Darmstädter Schulen

In Darmstadt gibt es 26 Grund-, Haupt- und Realschulen, acht Gymnasien, sechs Berufsschulen und fünf Sonderschulen. Sie verbrauchten im Durchschnitt der Jahre 1992 bis 1999

- an Strom rund 4.394 MWh, was 11 % des gesamten Energieverbrauch ausmachte, aber 35 % der gesamten Energiekosten
- an Heizenergie rund 35.741 MWh, entsprechend 89 % des gesamten Energieverbrauchs und ca. 65 % der Energiekosten<sup>3</sup>.

In Darmstadt erprobte das Umweltamt in Kooperation mit dem Hochbau- und Maschinenamt von 1993 bis 1999 mit Erfolg ein Energieeinsparprojekt an sechs Schulen, das am Nutzerverhalten der Schüler und Lehrer ansetzte, also dem Bereich "Organisation und Didaktik". Dieses sogenannte "fifty/fifty-Projekt" sieht vor, sich die Kosten, die durch den verminderten Energieverbrauch eingespart werden, zu teilen, nämlich 50 % der Schule zur freien Verfügung zu stellen, die anderen 50 % dem Schulträger<sup>4</sup>.

Die Viktoriaschule und die Lichtenbergschule nahmen an diesem Projekt teil. Die Viktoriaschule wurde um 1900 erbaut und in den Fünfzigerjahren erweitert. Sie erreichte 1999 eine Energiekennzahl von 141 kWh/ m<sup>2</sup>a. Die Lichtenbergschule (1966 errichtet) wies eine Energiekennzahl von 145 kWh/ m<sup>2</sup>a auf. Die Gebäude sind - verglichen mit dem Durchschnitt in Nordrhein-Westfalen – demnach in einem guten energetischen Zustand.

Dennoch konnten vereinzelt Einsparungen bis zu 20 % an einer Schule gegenüber den Referenzjahren 1993-1996 erreicht werden. Im Durchschnitt aller Schulen über die drei Jahre wurden durch Verhaltensmaßnahmen eingespart

- bei der Gebäudeheizung und Warmwassererzeugung 5,3 %
- beim Stromverbrauch 2,3 % und
- beim Wasserverbrauch 1,1 %.

Insgesamt wurden damit rund 56.500 DM an eingesparten Energiekosten erreicht und die CO<sub>2</sub>-Emissionen verminderten sich um rd. 240 Tonnen pro Jahr.

Am Beispiel dieser beiden Schulen sollen im Folgenden die Erfolge, Potenziale und Probleme bei der Energieeinsparung in Schulen dargestellt werden<sup>5</sup>:

- Bei der Viktoriaschule<sup>6</sup> wird insbesondere auf die bereits realisierten Einsparmaßnahmen und auf das noch vorhandene Potenzial eingegangen.
- Am Beispiel der Lichtenbergschule<sup>7</sup> werden vor allem Probleme der Kommunikation zwischen den Beteiligten aufgezeigt sowie neue Handlungsmöglichkeiten erläutert.

---

<sup>3</sup> Statusbericht Hochbauamt Darmstadt, 1999

<sup>4</sup> 1993/94 bis 1995/96 wurden die Heizperioden als Bemessungsgrößen ausgewertet. Von 1996/97 bis 1998/99 wurde das "fifty-fifty"-Projekt (50/50) durchgeführt.

<sup>5</sup> In den nächsten Jahre wollen sich 20 weitere Darmstädter Schulen am 50/50 Projekt beteiligen.

<sup>6</sup> Profil: Gymnasium mit verschiedenen Gebäudetypen (Altbau von 1898)

<sup>7</sup> Profil: Umzug des Gymnasiums in ein 1966 erbautes Gebäude

### **3 Eine Schule mit vielen Möglichkeiten: Das Viktoria-Gymnasium**

Das Viktoria-Gymnasium in der Hochstraße wurde im neugotischen Stil 1898 errichtet, kriegsbedingt stark beschädigt und um einen Anbau Ende der 50er Jahren erweitert. Ca. 950 SchülerInnen und 70 LehrerInnen besuchen zur Zeit das Gymnasium. 1996 wurde unter Leitung eines engagierten Lehrers eine Energiespar AG ins Leben gerufen, die sehr aktiv das 50/50 Projekt unterstützte und weitere Umweltfragen innerhalb der Schule bearbeitete. Mittlerweile ist die Energiespar AG auf zwei Mitglieder geschrumpft. Auch der Hausmeister half bei der Umsetzung von identifizierten Maßnahmen.

Die Schulung des Hausmeisters wurde von der Schulleitung nicht befürwortet, da der Erfolg im Vergleich zum Ausfall seiner Stunden als zu gering eingestuft wurde.

#### **3.1 Einführung des 50/50 Projektes**

Die Viktoriaschule nahm zwischen 1993-1999 an dem durch das Hochbau- und Maschinenamt initiierten 50/50 Pilotprojekt erfolgreich teil. In der Schule wurde eine gezielte Information der Schüler durch Energie- und Wasserrundgänge, Vorträge, Durchsagen und Informationstafeln durchgeführt. Hinweise, Unterrichtsvorschläge und Orientierungsmaterial wurden in vielfältiger Weise veröffentlicht<sup>8</sup>.

Die umweltbewusste Veränderung des Nutzerverhaltens führte in der Heizperiode 1998/99 zu einer Einsparung von 18 % des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser sowie knapp 12 % des Stromverbrauchs gegenüber den Referenzjahren 1993 bis 1996. Absolut bedeutete dies eine Einsparung von rd. 215 MWh bei Heizung und Warmwasser sowie von 18 MWh beim Strom. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden um rund 54 Tonnen pro Jahr vermindert.

#### **3.2 Zukünftige Einsparpotentiale**

Bei den Einsparungen durch die Änderung des Nutzerverhaltens kommt es entscheidend darauf an, sie über die Jahre dauerhaft zu halten. Dies ist ein Problem, da die Schüler von Jahr zu Jahr wechseln und die Vorgänge und Maßnahmen regelmäßig wiederholt werden müssen.

Im Unterricht sollte nach Möglichkeit bereits ab der fünften Klasse bis hin zum Abitur Interesse für das Umweltschutzthema und speziell die Energieeinsparung in allen Fachbereichen geweckt werden. Die in Projekten engagierten Lehrer sollten nach Möglichkeit Deputatstunden für die Vorbereitung und die Durchführung der Projekte erhalten.

Auch scheiden die aktiven Schüler nach einer bestimmten Zeit aus, es müssen neue Akteure gewonnen werden. Auch hier sind bestimmte Lern- und Motivationsprozesse immer wieder zu wiederholen, da sich die Arbeitsgruppen, die ein solches Projekt begleiten müssen, in ihrer Zusammensetzung ändern. Die Arbeitsgruppen sollten von Klassenstufe zu Klassenstufe weiter organisiert werden. Sie müssen kontinuierlich neue Akteure in den unteren Klassen werben.

---

<sup>8</sup> Bei der Stadt Darmstadt erhältlich (Herr Schimek, Hochbau- und Maschinenamt), außerdem erhältlich beim Hessischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Im Folgenden wird auf einige zusätzliche Maßnahmen aus dem Bereich “Organisation und Didaktik” eingegangen, die auch unter anderem dazu beitragen können, die Kontinuität der bereits erfolgten “Basis-Maßnahmen” zu gewährleisten (Kap. 3.2.1). Weiterhin werden die noch möglichen Maßnahmen aus dem Bereich der Technik dargestellt (Kap.3.2.2). Zusammenfassend wird in Kap. 3.2.3 die mögliche Einsparung durch die beiden Handlungsfelder abgeschätzt.

### **3.2.1 Organisation und Didaktik**

Die möglichen Folgen eines weiteren ungebremsten Umgangs mit Energie auf das Klima sind weitgehend bekannt. Auch Umweltschutz und die Notwendigkeit, Energie sparsam und sinnvoll zu nutzen, werden in der Regel anerkannt. Jedoch fehlt es aus vielfältigen Gründen daran, aus diesem Wissen die praktischen Konsequenzen zu ziehen und ein umweltgerechtes Verhalten zu praktizieren.

Schulen bieten sich an, Gegenmodelle herrschenden Konsumverhaltens zu vermitteln und verantwortliches Handeln mit den Schülern zu erproben. Gerade die Jüngeren unter ihnen sind oftmals bereit, sich zu engagieren.

Im Folgenden werden drei organisatorische und didaktische Modelle vorgestellt, die an der Viktoriaschule und anderen vergleichbaren Schulen Anwendung finden könnten.

#### **• Bildung einer Energieagentur**

Die Alexander-von-Humboldt-Schule in Viernheim hat eine eigene Energieagentur in Form eines Vereins eingerichtet. Die Energieagentur schlägt dem Schulträger investive Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Nutzung erneuerbarer Energien vor. Nach dessen Zustimmung wird die Maßnahme durchgeführt und von der Energieagentur über einen Kredit finanziert. Die Kreditfinanzierung wiederum erfolgt über die eingesparten Energiekosten.

Nach diesem Muster könnte ein Programm initiiert werden. Dabei würden im Gegensatz zu dem bisherigen Modell die eingesparten Energiekosten nur zu einem geringen oder gar keinem Anteil direkt zur freien Verwendung an der Schule zur Verfügung stehen, sondern der größere Anteil bzw. die gesamte Einsparsumme würde zur Tilgung der Kosten des Kredits, der zur Realisierung der Einsparmaßnahme aufgenommen werden muss, dienen. Durch Maßnahmen mit kurzen Amortisationszeiten und schneller Tilgung der Kredite werden die Mittel in eine Art “Fonds” der Energieagentur überführt, um neuen Einsparmaßnahmen als Finanzierungsgrundlage zu dienen. Auf diese Weise können die Einsparmaßnahmen systematisch realisiert werden.

Herr Beickler, der die Energieagentur an der Alexander-von-Humboldt-Schule verantwortlich betreut und der gleichzeitig Mitarbeiter am Pädagogischen Institut Starkenburg ist, stellte das Konzept auf Einladung des Öko-Instituts den Vertretern der Schulen vor. Bei der anschließenden Diskussion führte ein Schulvertreter als Einwand an, dass die Schulen und die Lehrer zunehmend mit administrativen und organisatorischen Aufgaben belastet worden sind, die früher der Schulträger übernahm, und bereits jetzt kaum den Erfordernissen des Lehrplans gerecht werden können. Weitere Aufgaben sah er als nicht machbar an. Dennoch brachte der Vortrag eine Reihe von Denkanstößen mit sich, die die Vertreter der Schulen auch annehmen und die dann doch möglicherweise zur Realisierung einer Energieagentur an einer Darmstädter Schule führen werden.

- **Cafeteria mit Solar-Spar-Baum**

Zur Realisierung der geplanten Cafeteria in der Viktoriaschule fehlen derzeit noch die finanziellen Mittel. Dennoch ist es ein Projekt, auf das sich alle freuen.

In dieser Cafeteria könnte ein optisch auffälliger Energie-Sparbaum aufgestellt werden, den zum Beispiel der Kunstkurs entwerfen könnte. Für jede eingesparte Kilowattstunde könnte symbolisch eine DM in eine Säule fallen und/oder ein Lämpchen aufleuchten. Damit wird der Energiesparbeitrag der Schüler sowie der anderen Nutzer jederzeit erkennbar, was zum sparsamen Umgang anregt.

An diesem Sparbaum sollte dann noch ein "Energie-Meckerkasten" angebracht werden, in den findige Schüler ihre Ideen zur Einsparung einwerfen können. Die besten Ideen werden in der Schülerzeitung veröffentlicht und vielleicht mit einem kleinen Geschenk belohnt.

- **Energietreffs für den Hausmeister**

Der Hausmeister kann auf Grund seiner Kenntnisse vor Ort und seines Verhaltens in Einzelfällen bis zu 50 % des Energieverbrauchs einsparen. Dies hat die Erfahrung mit dem Konzept der "Energietreffs für Hausmeister" des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten<sup>9</sup> ergeben.

Um seine Möglichkeiten zur Energieeinsparung auch realisieren zu können, ist es erforderlich, dass der Hausmeister dauerhaft motiviert ist und eine regelmäßige Fortbildung erfährt. Eine wesentliche Grundlage einer dauerhaften Motivation ist darin zu sehen, dass der Hausmeister von den Schülern sowie vom Lehrerkollegium geachtet wird, seine Vorschläge müssen beachtet werden, und seine Arbeit muss Anerkennung finden.

Der Hausmeister der Viktoriaschule geht in absehbarer Zeit in Pension. Dennoch sollte er am nächsten Energietreff, der vom Hochbau- und Maschinenamt der Stadt durchgeführt wird, teilnehmen. Dies wird es auch seinem Nachfolger erleichtern, sich in den Kreis der Hausmeister bei den Energietreffs einzuführen.

Wenn durch die Schulung dauerhaft 5 % des Energieverbrauchs eingespart werden könnten, beliefe sich dies auf ca. 60 MWh/a. Dadurch würden die CO<sub>2</sub>-Emissionen um rd. 17 t jährlich vermindert werden. Ein Viertel dieser Reduktion resultiert aus der Stromeinsparung, drei vierter aus der Senkung des Gasverbrauchs.

### **3.2.1 Technische und bauphysikalische Bedingungen**

Bei einer ersten Begehung der Schule fallen einige energetische Schwachpunkte auf, die in den meisten Fällen mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand beseitigt werden können.

Entsprechende Maßnahmen würden sich teilweise sogar schnell amortisieren.

Im Folgenden werden vier Beispiele aufgezeigt und ihr CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial dargestellt.

---

<sup>9</sup> Siehe „Energietreffs für Hausmeister“, HMUEB Wiesbaden, August 1997



- **Warmwasserbereitung in der Sporthalle**

Die Warmwasserversorgung des Sanitärbereichs der Sporthalle ist mit 16 Duschen ausgestattet, die aber nur selten genutzt werden. Der alte Warmwasserspeicher mit 1.000 l Inhalt wird von einem Gasofen auf 70° C erwärmt. In den letzten vier Jahren wurden insgesamt 204 m<sup>3</sup> Wasser verbraucht. Der Gasverbrauch für die Warmwasserbereitung belief sich laut Gasuhr auf rd. 117 MWh über den Zeitraum von 4 Jahre.

Um diese Menge Wasser von 10° C auf 70° C zu erwärmen, braucht man ca. 14 MWh ohne Berücksichtigung von Speicherverlusten, das sind weniger als 12 % des tatsächlichen Energieverbrauchs. Wenn alle 16 Duschen mit modernen Perlatoren, die den Durchfluss auf maximal 8 l/min bei gleich bleibendem Komfort reduzieren, ausgestattet würden, könnte ein gasbetriebener Durchlauferhitzer mit einer Anschlussleistung von 30 kW die Versorgung ohne weiteres sichern. Der Gasverbrauch betrüge dann ca. 20 MWh/a. Das entspricht einer Einsparung von über 80 % Energie. Die Maßnahmen würden sich in einer Zeit von unter drei Jahren amortisieren. Die entsprechende CO<sub>2</sub> Minderung betrüge ca. 18,4 t/a<sup>10</sup>.

Eine Solaranlage kommt auf Grund der Örtlichkeiten und der unregelmäßigen Nutzung nicht in Frage.

- **Isolierung des Altbaudaches**

Die Dachfläche des Altbaus beträgt 2.750 m<sup>2</sup> und weist keine Isolierung auf. Eine Dämmschüttung von 14 cm Stärke würde den k-Wert auf mindestens 0,3 W/m<sup>2</sup>K reduzieren. Bei Facharbeit würde dies Kosten von ca. 35 DM/m<sup>2</sup> erfordern, bei Eigenleistung der Schüler ca. 25 DM/m<sup>2</sup>. Die mögliche Energieeinsparung beträgt rd. 73 MWh/a, was ca. 30 % des bisherigen Energieverbrauchs entspricht. Die Amortisationsdauer dieser Maßnahme liegt unter 15 Jahren. Die CO<sub>2</sub>-Minderung beläuft sich auf ca. 14 t/a<sup>11</sup>.

- **Einen Heizkessel abschalten**

Die Schule wird durch zwei 600 kW Gaskessel beheizt. Das geänderte Nutzerverhalten sowie eventuelle technische Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs können einen der beiden Kessel überflüssig machen. Dies muss nach der Durchführung der Maßnahmen von einem Fachmann unter Zuhilfenahme eines Betriebsstundenzählers geprüft werden.

Wenn ein Kessel abgeschaltet wird, werden ca. 5 bis 10 % des Energieverbrauchs eingespart, da die Strahlungs- und Betriebsbereitschaftsverluste dieses Kessels entfallen. Weiterhin erfährt der zweite Kessel eine günstige höhere Auslastung.

Eine Reduzierung des Verbrauchs von 5 % entspricht einer Einsparung von 58 MWh/a. Die Maßnahme amortisiert sich in einem Zeitraum von unter zwei Jahren. Die zu erzielende CO<sub>2</sub>-Minderung beträgt ca. 11 t/a.

---

<sup>10</sup> Die CO<sub>2</sub>-Minderung pro kWh verringerten Gasverbrauchs beträgt 0,19 kg.

<sup>11</sup> Die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Materialisolierung verursacht werden, wurden dabei nicht eingerechnet.

• **Fotovoltaik-Anlage**

Eine Fotovoltaikanlage (PV) nutzt die Sonnenstrahlung zur Stromerzeugung. Die Installation einer solchen Anlage auf dem nach Süden geneigten, 500 m<sup>2</sup> großen Dach kann als Demonstrationsprojekt betrachtet werden. Die Kosten sind für den Schulträger sehr hoch; die Maßnahme ist im Vergleich zu anderen Energiesparmaßnahmen weder ökologisch noch wirtschaftlich. Jedoch sollte der Vorbildeffekt für Schüler und Besucher nicht außer Acht gelassen werden.

Möglich wäre die Realisierung durch einen Sponsor, konkret die Einbeziehung in das Programm der HEAG Natur Pur AG, bei dem PV-Anlagen auf Schulen und Kindergärten installiert werden. Voraussetzung ist aber, dass sich der Schulträger, die Stadt Darmstadt, verpflichtet, für eine bestimmte Anzahl von Jahren Strom von der HEAG zu beziehen. Diese Alternative ist auch deshalb bedenkenswert, da die Stadt Darmstadt Anteilseigner der HEAG ist. Hierzu müssten Gespräche zwischen der Stadt, der Schulleitung und der HEAG geführt werden.

Eine 250 m<sup>2</sup> große Anlage würde Investitionen von ca. 375.000 DM erfordern. Sie würde ca. 25 MWh/a Strom erzeugen, die dadurch erzielbare CO<sub>2</sub>-Minderung beträgt 14 t pro Jahr<sup>12</sup>.

**3.2.2 Entwicklung des Energieverbrauchs**

Wenn das veränderte Nutzerverhalten beibehalten werden kann, der Hausmeister die Schulung besucht und wenn die aufgezeigten technischen und bauphysikalischen Maßnahmen (ohne PV-Anlage) durchgeführt werden, können die nachfolgenden Einsparungen erzielt werden:

Einsparmaßnahme	Energieart	CO <sub>2</sub> kg/Jahr	Einsparung DM/Jahr	Kosten DM einmalig
Sporthalle Warmwasser	Gas	18.400	3.900	6.000
Isolierung des Altbaudaches	Gas	13.800	2.900	40.000
Einen Heizkessel abschalten	Gas	11.000	2.300	5.000
Hausmeisterschulung	Strom/Gas	16.950	4.350	1.000
Nutzerverhalten 20%	Strom/Gas	54.080	11.530	1.000
<b>Gesamt</b>	-	<b>114.230</b>	<b>24.980</b>	<b>53.000</b>

(Bruttopreis 1999 : Strom 17 Pf/kWh und Gas 4 Pf/kWh)

Die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Viktoriaschule betrug in der Heizperiode 1998/99 ca. 310 Tonnen. Unter den o.g. Voraussetzungen könnten diese Emissionen jedes Jahr um rd. 114 Tonnen vermindert werden, was einer Reduzierung von ca. 35 % entspricht. Dies ist weit mehr als die Ziele der Agenda 21 postulieren.

Auch die Energiekosten könnten jedes Jahr um ca. 25.000 DM gesenkt werden, was der schule und dem Schulträger gleichermaßen zugute kommen würde.

<sup>12</sup> Die CO<sub>2</sub>-Minderung pro kWh verringerten Stromverbrauchs beträgt 0,56 kg.

## **4 Eine Schule mit großen Chancen: Das Lichtenberg-Gymnasium**

1824 wurde die Schule erstmals erwähnt. 1966 wurde das neue Gebäude in der Ludwigshöhstraße bezogen. Zurzeit besuchen ca. 1.300 Schüler das Gymnasium. 100 Lehrer sind dort tätig.

1995 wurde unter Leitung eines engagierten Lehrers die Klima AG gegründet, die jedoch nach dessen Ausscheiden auf ein aktives Mitglied schrumpfte.

Ein vielbeachteter "Solarwalk" im Jahr 1994 der Schüler erbrachte den finanziellen Grundstock für eine Solaranlage - die Anlage wurde allerdings erst im Sommer 2000 errichtet.

Das 50/50 Projekt wurde aktiv unterstützt und weitere Umweltfragen innerhalb der Schule bearbeitet.

### **4.1 Projekt Solaranlage mit Kommunikationsproblemen**

Das Projekt der Solaranlage für die Warmwassererwärmung der Sportanlage wurde 1995 ins Leben gerufen. Durch den oben erwähnten "Solarwalk", bei dem Schüler in Darmstadt rd. 2.500 DM für solare Projekte sammelten, konnte eine finanzielle Grundlage für die Solaranlage gebildet werden.

Die Stadt sicherte zwar zunächst die noch fehlenden Gelder zur Realisierung der Anlage zu. Nachdem der zuständige Lehrer jedoch ausgeschieden war, die Kosten der Anlage auf Grund veränderter Rahmenbedingungen sich erhöhten und auf Grund vieler weiterer kleiner Probleme wurde die Bewilligung der städtischen Gelder und somit der Bau der Anlage ständig verschoben.

Die Kommunikation brach vollends ab, nachdem die Klima AG sich mit provokanten Zeitungsartikeln an die Öffentlichkeit wandte und sich auch das Umweltdezernat der Stadt einmischte. Der Magistrat verwandelte eine „Anfrage“ der Schüler an das Hochbau- und Maschinenamt der Stadt Darmstadt bezüglich der Solaranlage in einer Ratssitzung in einen "Auftrag", wodurch neue Verwirrung entstand. Einige Berichte darüber erschienen in der lokalen Presse<sup>13</sup>, wodurch das Engagement der Stadt für die Agenda 21 in ein fragwürdiges Licht gestellt wurden.

Dies ist ein Beispiel, wie Kommunikationsprobleme ein Projekt zum Erliegen bringen kann. Um solche Problemen von vorne herein auszuschließen, werden nachfolgend unter Pkt.5 Möglichkeiten aufgezeigt, die dies verhindern sollen.

Die Themengruppe - Energie der Agenda Darmstadt unternahm einen neuen kommunikativen Anlauf, um die Realisierung des Projekts doch noch zu ermöglichen. Durch den politischen Druck des Agenda 21 Prozesses und den der Medien auf die Verantwortlichen wurde daraufhin die Solaranlage errichtet.

---

<sup>13</sup> Darmstädter Echo vom 20.01.1999 und 30.09.1999

## **4.2 Fehlende Kontinuität der Arbeitsgruppe Klima**

Die Klima AG wie auch alle anderen vergleichbaren Arbeitsgruppen lebte durch das Engagement des Lehrers und der beteiligten Schüler. Das Ausscheiden des betreuenden Lehrers und der Wechsel der Schüler in höhere Klassen beendete faktisch die Arbeitsgruppe.

Um trotz der ständigen Fluktuation die Kontinuität der Arbeit zu wahren, müssten die Schüler ähnlich wie bei einem Staffellauf die Arbeitsgruppe mit den Projekten an jüngere Schüler weitergeben, sie mit einbeziehen und sie einweisen, damit die Ziele auch wirklich erreicht werden.

Eine allgemeinen Einbindung des Themas Umweltschutz in vielen Bereichen des Unterrichts sollte schon ab der fünften Klasse erfolgen. Ein günstiger, aktiver Einstieg für Schüler in die Themen "Klimaschutz" und "Energieeinsparung" scheint ab der achten Klasse gegeben zu sein.

Innerhalb der dann folgenden 3-4 Jahre kann mit den Schülern gemeinsam vieles erarbeitet werden; es ist Zeit genug, um Projekte von der Planung bis zur Umsetzung abzuwickeln, bevor die Aufmerksamkeit dem Abitur gelten muss.

Eine entscheidende Rolle spielt der begleitende Lehrer, wie an dem genannten Beispiel zu erkennen ist. Seitens der Schulleitung wären spezielle Deputatstunden für solche nachhaltigen, zukunftsweisenden Aufgaben sowie eine im Rahmen des Möglichen materielle Unterstützung wünschenswert.

## **4.3 Hausmeisterschulung zur Unterstützung**

In der Lichtenbergschule gibt es vier Hausmeister, die ihre Arbeit in verschiedenen Schichten ausüben. Die Teilnahme eines der Hausmeister an den Energietreffs (vgl. 3.2.1) wäre sinnvoll. Allerdings müsste sich dazu einer der Hausmeister bereit finden, was bis jetzt noch nicht der Fall ist. Er könnte als "Energiebeauftragter" fungieren, das erworbenen Wissen an seine Kollegen weitergeben und mit ihnen gemeinsam alle Möglichkeiten zur Einsparung ausschöpfen.

## **4.4 Neue Perspektiven**

Die Position des Direktors der Schule wurde 1999 neu besetzt. Das Engagement des neuen Direktors sollte auch für den Energiespardedanken genutzt werden. Er könnte die Lehrer neu ansprechen, die Klima AG wieder ins Gespräch bringen und konkrete Maßnahmen wie zum Beispiel eine Projektwoche zum Thema "Bewusster Umgang mit Energie" anregen.

## 5 Zusammenfassende Bewertung und Umsetzungsempfehlungen

Die Projekte an den beiden Darmstädter Schulen haben bestätigt, dass die Schulen mit ihren verschiedenen Funktionen und Akteuren grundsätzlich eine sehr geeignete Institution ist, nicht nur das Bewusstsein der Schüler für einen sinnvollen Umgang mit Energie zu schärfen, sie zu konkreten Verhalten und Aktionen zu motivieren, sondern dass die praktische Arbeit in der Schule darüber hinaus auch den direkten Erfolg der Arbeit der Lokalen Agenda 21 in der Kommune für die Öffentlichkeit sichtbar machen kann. Die Themengruppe "Energie" im Rahmen der Lokalen Agenda 21 in Darmstadt konnte die verschiedenen Akteure bei den Schulprojekten erfolgreich unterstützen.

Bei der praktischen Umsetzung traten jedoch eine Reihe von Hindernissen und Problemen auf, die symptomatisch auch für andere Energiesparprojekte in Schulen sind. Die folgenden Empfehlungen resultieren aus der Arbeit der Themengruppe.

### *Akteure*

- Ein engagierter Lehrer ist eine der Schlüsselpersonen, denn er motiviert die Schülerschaft und kann durch seine Aktivität immer wieder neue Jahrgänge für das Thema interessieren. Fachwissen, Didaktik und Vertrauen spielen dabei eine gleichermaßen wichtige Rolle.
- Die Schulleitung sollte aktive Lehrer unterstützen und ihnen die Möglichkeit einräumen, Deputatstunden für diese Projekte zu erhalten. Ein kleiner Fördertopf, die Bereitstellung von Räumlichkeiten und ein Schwarzes Brett geben weitere Unterstützung für die Arbeit.
- Den Hausmeistern wird durch eine gezielte Schulung in den "Energietreffs" die Möglichkeit gegeben, ihr Wissen auf den neuesten Stand zu bringen. Richtige Steuerung und Bedienung der Anlagen können den Energieverbrauch erheblich senken. Die Zeit und die Kosten für diese Schulungen rentieren sich in kürzester Zeit. Eine Weiterbildung zu versagen, ist deshalb die falsche Sparentscheidung.
- Den Schülern müssen Angebote unterbreitet werden, damit sie ihr Umweltverhalten ändern können. Die Erkenntnis alleine reicht nicht aus, um eine langfristige Verhaltensveränderung zu bewirken.
- Die aktiven Schüler sollten ihr Wissen und Engagement in geeigneter Form an Jüngere weitergeben können. Nur so kann die Kontinuität gewahrt bleiben und können bestehende Projekte zu Ende geführt werden.
- Die Kommunikation zwischen den einzelnen Akteuren wird oft durch Missverständnisse gestört, die das begonnene Projekt gefährden. So sollten den Schülern ihre sprachlichen Gepflogenheiten zugestanden werden. Auch utopisch erscheinende Ideen haben ihre Berechtigung, denn zunächst steht nicht die Sachlichkeit und Realisierbarkeit im Vordergrund, sondern die Lust und der Wille, etwas zu unternehmen. Dies sollte auch vom Schulträger honoriert werden. Einer sachlichen Diskussion und fachlichen Prüfung steht dies nicht entgegen.
- Um die Kommunikation zu verbessern, sollten sich die Akteure aus allen Bereichen regelmäßig an einem "runden Tisch" treffen, um zusammen die Lage zu erörtern, Probleme auszuräumen und die weitere Vorgehensweise abzustimmen.

*Standards*

- Um an allen Darmstädter Schulen erfolgreich Energie einzusparen, sollte ein gewisser Qualitätsstandard und eine einheitliche Tiefe vorgegeben werden. Eine Vereinheitlichung verschiedener Faktoren wie die Bereitstellung eines Ansprechpartner für die Umweltfragen der Schüler an jeder Schule oder verständliche, einsehbare Energieverbrauchskennzahlen und Gebäudekenndaten erleichtern die Situation. Solche Vereinheitlichungen können seitens des Schulträgers eingeführt werden.
- Dabei sollte von Seiten des Schulträgers so wenig Formalismus wie möglich betrieben werden, da an einem überhöhten Formalismus viele Projekte scheitern. Er bedeutet für die Schüler eine fast unüberwindbare Hemmschwelle.

*Gerechte Verteilung des Erfolgs*

- Eine besondere Bedeutung kommt der gesicherten Verteilung der eingesparten Gelder zu. Es machte sich unter den aktiven Schülern und den Lehrern ein verständlicher Protest breit, als im 50/50-Projekt nach drei Jahren der Referenzwert des Energieverbrauchs als Bemessungsgrundlage für den Erfolg gesenkt werden sollte, ohne dass dies vorher bekannt war.

## 6 CO<sub>2</sub>-Bilanz für Schüler

In einem Pilotprojekt wurden den Schülern der Klasse 10 der Viktoria - Schule verschiedene Berechnungsmethode über die Auswirkungen des Energiesparens in ihrer Schule und die dadurch verminderte CO<sub>2</sub>-Emission nähergebracht. Es war die Frage zu klären, wie detailliert und aufwendig Berechnungsgrundlagen - teilweise EDV-gestützt - sein können, damit diese von den Schülern verstanden, akzeptiert und angewandt werden.

- Das erste Datenblatt enthielt Grundinformationen über das Energiesparen und einfachste Rechengänge, die im Kopf bzw. Taschenrechner gelöst werden können, die die Umweltauswirkungen aufzeigen.
- Das zweite computergestützte Datenblatt veranschaulichte auf einfachste Weise energetische Vergleichswerte (z.B. Äquivalent Fahrrad fahren je kWh), fördert das Verständnis für das Vergleichen verschiedener Schulen und gibt Einblick in die Möglichkeiten der Verarbeitung von Daten mit Computern.
- Das dritte Datenblatt enthielt interessante und komplexe Zusammenhänge über die Wärmegewinne und -verluste in einem Schulgebäude, berechnet und vergleicht mit den tatsächlichen Energieverbräuchen und bestimmt die CO<sub>2</sub> - Emissionen. Dem Schüler soll hier die Problematik zwischen Energieeinsparen, Wohlfühlen und Bautechnik mit Hilfe eines kleinen Rechenblattes veranschaulicht werden.
- Zusätzlich wurde kurz über weiterführende Programme zur Energiebilanzierung und CO<sub>2</sub>-Emissionsberechnung berichtet (Bilanzierungsmodell GEMIS und 50/50-Rechenblatt des Energiebeauftragten der Stadt Darmstadt).

Abschließend wurde von den Schüler über die verschiedenen Datenblätter kritisch diskutiert und abgestimmt, welches für sie den größten, verständlichen Nutzen bringt.

## Anhang I: CO<sub>2</sub> – Bilanzierung für Schüler

Mit dem Angebot einer Unterrichtseinheit zum Thema CO<sub>2</sub>-Bilanzierung sollten verschiedene methodische und pädagogische Zugänge beim Umgang von Schülern mit GEMIS erprobt werden.

Krankheitsbedingt konnte der im Juni geplante Probeunterricht an der Viktoria-Schule schließlich erst im Herbst 2000 durchgeführt werden.

Mit diesem Pilotprojekt sollten den Schülern einer 10. Klasse (18 SchülerInnen, Informatik AG) an der Viktoria-Schule verschiedene Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Auswirkungen des Energiesparens in ihrer Schule und die dadurch verminderten CO<sub>2</sub> - Emissionen nähergebracht werden.

Es sollte die Frage geklärt werden, wie detailliert und aufwendig Berechnungsgrundlagen sein können, damit diese von den Schülern verstanden, akzeptiert und angewandt werden können.

### *Zum Ablauf*

- Ein zunächst vorgesehenes erstes Datenblatt, welches Grundinformationen über das Energiesparen und die damit verbundenen Umweltauswirkungen aufzeigen sollte, wurde nicht eingesetzt, weil kein Bezug zum Lehrinhalt des Schulfachs Informatik gegeben war und dies zuviel Zeit der Schüler in Anspruch genommen hätte. Wichtige Zusammenhänge des Umweltschutzes und des Energiesparens wurden in den nachfolgenden Blättern übernommen bzw. vom Referenten kurz skizziert.
- 
- Das erste eingesetzte Datenblatt (MS-Excel, siehe Anhang) enthielt die Darstellung der Zusammenhänge über Wärmegewinne und -verluste in einem Schulgebäude, sowie die damit verbundenen CO<sub>2</sub> - Emissionen. Dem Schüler soll hier die Problematik zwischen Maßnahmen zum Energieeinsparen, Verhalten im Gebäude und den damit verbundenen Auswirkungen auf den Energieverbrauch veranschaulicht werden.
- 
- Das zweite computergestützte Datenblatt (MS-Excel, siehe Anhang II) veranschaulicht auf einfache Weise energetische Vergleichswerte (z.B. Äquivalent Stunden Fahrrad fahren je kWh) und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schule über mehrere Heizperioden hinweg).
- 
- Zusätzlich wurde kurz ein weiterführendes Computerprogramm zur Energiebilanzierung und CO<sub>2</sub>-Emissionsberechnung (GEMIS des Öko-Instituts) erläutert.
- 
- Abschließend sollten die SchülerInnen über die Thematik und über die vorgeführten Datenblätter anhand eines Fragenbogens urteilen und Kritik üben sowie Anregungen geben.
-

### *Ergebnis*

Generell ist zu sagen, dass die SchülerInnen der Abwechslung im Schulunterricht interessiert gegenüber standen, wobei jedoch gegen Ende des Unterrichtes die Aufmerksamkeit nachließ<sup>14</sup>.

Die Verbindung von Informatik und Umweltschutz provozierte unterschiedliche Reaktionen. Während einige Schüler das Excel-Programm schnell veränderten und angewandte Funktionen verstehen lernen wollten, konnten andere wenig mit den Datenblättern anfangen. Der Zusammenhang zwischen Umweltschutz und Energiesparen konnte vermittelt werden, wobei der weiterführende Gedanke einer Internetseite zum Thema auf wenig Interesse stieß. Das Medium Computer bzw. Internet scheint jedoch allgemein geeignet zu sein, um Klimaschutz in den Blickpunkt des Schülers zu bringen. Nachfolgend werden einige Erfahrungen aus dem Probeunterricht sowie Ergebnisse der SchülerInnenbefragung dargestellt:

- Begriffe wie "Agenda 21" oder "Weltklimagipfel in Rio de Janeiro" sind bei den SchülerInnen wenig bekannt.
- Durch Energiespar-Rundgänge seitens des Energiebeauftragten der Stadt glauben die Schüler relativ gut über Einsparmaßnahmen in ihrer Schule informiert zu sein. D.h. ein immer wiederkehrender Energiespar-Rundgang in den neuen Jahrgängen wäre wünschenswert, um bei den Schülern ein Verständnis über energiesparendes Verhalten in der Schule zu wecken. Ein zweiter auffrischender und vertiefender Rundgang in der 9. oder 10. Klasse würde zu einer besseren Verankerung der Informationen führen.
- Das Thema Energiesparen und Klimaschutz spielt für die SchülerInnen kaum eine Rolle. Interesse zur Mitarbeit in entsprechenden Schulprojekten oder im Agenda21-Prozess ist nur gering vorhanden. Deshalb sollte eine verstärkte Integration des Klimaschutzgedankens in allen Bereichen der Schule stattfinden.
- Deutlich traten die unterschiedlichen Interessenbereiche und Begabungen der SchülerInnen hervor. Einige SchülerInnen beachteten nur das Computerprogramm, blieben aber vom Thema Energiesparen unberührt. Andere stellten kritische Fragen, ob diese Energiesparmaßnahmen überhaupt wirtschaftlich seien, wobei hier das Programm nur Mittel zum Zweck war.
- Die Darstellung und der physikalische Zusammenhang der Datenblätter sind von den SchülerInnen gut angenommen worden, allerdings schien der Informationsgehalt zu hoch zu sein, d.h. es wurden zu viele Tabellen und Zahlen präsentiert.
- Um eine größere Aufmerksamkeit und Akzeptanz unter den SchülerInnen zu erreichen, müssen "lebendigere" und "aktionsreichere" Präsentationen gewählt werden.
- Unterrichtseinheiten zu diesen Themen sollten aktiver von den Schülern mitgestaltet werden, indem der Referent Aufgaben stellt, die alleine oder gemeinsam gelöst werden müssen<sup>15</sup>. Der Versuch, eine freiwillige Mitarbeit der Schüler zu realisieren, scheitert, die bloße Darstellung eines Problems lässt die Aufmerksamkeit schnell schwinden.

---

<sup>14</sup> Der Referent verfügt nicht über eine pädagogische Ausbildung, die Aufmerksamkeit oder das Verständnis der Schüler könnte eventuell besser gefördert werden.

<sup>15</sup> Bestätigt durch den zuständigen Lehrer.









































Fragebogen zur Bewertung der Unterrichtseinheit durch die SchülerInnen:

## Klimaschutz an unserer Schule

Bitte fülle diesen Fragebogen kritisch aus: 😊 = JA, 😐 = GEHT SO, ☹️ = NEIN.

Wenn Dir weitere Anregungen oder Verbesserungsvorschläge einfallen, wie der Klimaschutz an Deiner Schule vorangetrieben werden kann, schreibe diese bitte auf die Rückseite.

Vielen Dank für Deine Mitarbeit !

• Sind Dir Klimaschutzaktionen an Deiner Schule bekannt? - Welche?			
• Ist das Thema: Klimaschutz durch Energieeinsparung in Deinem Freundeskreis manchmal Gesprächsstoff?			
• Glaubst Du, dass in Deiner Schule Energie eingespart werden kann? - Wie und wo?			
• Hast Du vor dieser kleinen Klimaschutz-Schulstunde von den Möglichkeiten, Energie in Deiner Schule zu sparen, gewusst? - Woher?			
• Würdest Du aktiv mithelfen, Energie an Deiner Schule zu sparen? - Was würdest Du unternehmen? - Wie oft?			
• Hättest Du Interesse im Rahmen der lokalen Agenda 21 in Darmstadt in Arbeitskreisen mitzuarbeiten?			
<b>Noch ein paar Fragen zu den vorgeführten Klimaschutz-Rechenblättern:</b>			
• Hat Dir die Darstellung in Form von Excel-Blättern gefallen? - Was war gut/schlecht?			
• Waren zuviel Informationen in die Vorlagen gepackt? - Rechenblatt: Vergleich CO <sub>2</sub> ? - Rechenblatt: Wärmebilanz? - Schulstunde insgesamt	  	  	  
• Ist der physikalische Zusammenhang im Rechenblatt Wärmebilanz verständlich?			
• Sollten „buntere Animationen“ auftauchen, sind die Vorlagen zu nüchtern?			
• Ist Dein Interesse am Energiesparen durch die Vorlagen geweckt worden?			
• Willst Du mehr über computergestützte Klimaschutzprogramme (z.B. GEMIS) erfahren und experimentieren?			

### Auswertung

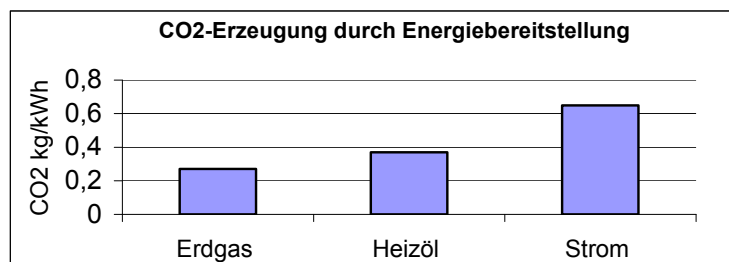
<b>18 Schüler (m/w) der Wahlpflicht AG Informatik des Viktoria-Gymnasiums bei Herrn Rohrbach am 30.11.00, Auswahl Antworten und Wertung</b>	☺	☹	⊗	<b>Ten- denz</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sind Dir Umweltschutzaktionen an Deiner Schule bekannt? - Welche?</li> </ul> <b>AW:</b> HEAG PV-Aktion, kurz und kräftig Lüften, Fenster zu, 50/50-Projekt	10	4	4	<b>+ 6</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ist das Thema: Klimaschutz durch Energieeinsparung in Deinem Freundeskreis manchmal Gesprächsstoff?</li> </ul>	0	3	15	<b>- 15</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Glaubst Du, dass in Deiner Schule Energie eingespart werden kann? - Wie und wo?</li> </ul> <b>AW:</b> weniger Heizen, 50/50-Projekt, weniger Lüften, Licht sparen	15	3	1	<b>+ 14</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hast Du vor dieser kleinen Klimaschutz-Schulstunde von den Möglichkeiten, Energie in Deiner Schule zu sparen, gewusst? - Woher?</li> </ul> <b>AW:</b> SV, Lehrer, HEAG	6	5	8	<b>- 2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Würdest Du aktiv mithelfen, Energie an Deiner Schule zu sparen? - Was würdest Du unternehmen? - Wie oft?</li> </ul> <b>AW:</b> Stoßlüftung, Licht aus, immer bis nicht oft, mir egal, denk nicht darüber nach	3	10	5	<b>- 2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hättest Du Interesse im Rahmen der lokalen Agenda 21 in Darmstadt in Arbeitskreisen mitzuarbeiten?</li> </ul>	2	4	12	<b>- 10</b>
Noch ein paar Fragen zu den vorgeführten <b>Klimaschutz-Rechenblättern:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hat Dir die Darstellung in Form von Excel-Blättern gefallen? - Was war gut/schlecht?</li> </ul> <b>AW:</b> Übersichtlich, Zeichnungen verständlich, Ausprobieren war o.k., Wirtschaftlichkeit fehlt, zuviel Informationen	6	10	2	<b>+ 4</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Waren zuviel Informationen in die Vorlagen gepackt? - Rechenblatt: Vergleich CO<sub>2</sub>? - Rechenblatt: Wärmebilanz? - Schulstunde insgesamt?</li> </ul> <b>AW:</b> zu große Tabellen, unübersichtlich, sinnlos, der Mann war gut	6 2 5	9 12 11	3 4 2	<b>+3</b> <b>-2</b> <b>+ 3</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ist der physikalische Zusammenhang im Rechenblatt Wärmebilanz verständlich?</li> </ul>	5	9	4	<b>+ 1</b>
Sollten „buntere Animationen“ auftauchen, sind die Vorlagen zu nüchtern?	10	2	6	<b>+ 4</b>
Ist Dein Interesse am Energiesparen durch die Vorlagen geweckt worden?	3	10	5	<b>- 2</b>
Willst Du mehr über computergestützte Klimaschutzprogramme (z.B. GEMIS) erfahren und experimentieren?	0	11	7	<b>- 7</b>

## Anhang II: Datenblätter (auch als MS-Excel-Blätter auf GEMIS-CD)

### Die lokale Agenda 21 Darmstadt Klimaschutz an unserer Schule

Das Treibhausgas CO<sub>2</sub> führt zu einer zunehmenden Erwärmung der Erdatmosphäre, mit weitreichenden Folgen für unsere Umwelt!

#### CO<sub>2</sub> - eine kleine Übersicht über Dimensionen und Mengenverhältnisse



**Merke:** Eine Kilowattstunde (kWh) entspricht etwa folgenden Arbeiten: Eine **100 Watt Glühbirne brennt 10 Stunden** oder ca. **1 Liter Wasser** kann verkocht werden oder **130 km fahrradfahren** (20 km/h). DurchschnittsbürgerInnen in Deutschland erzeug

11038 kg pro Jahr

30 kg pro Tag

#### Eine kleiner Überblick in 5 Schritten!

Damit wir schnell einen Überblick über den Energieverbrauch an deiner Schule bekommen, mußt du nur die gelben Felder (zumindest für ein Jahr) ausfüllen. Die Heizperiode 2001/02 kannst Du mit Deinen Mitschüler durch Energieeinsparmaßnahmen selbst beeinflus

**1. Wir sammeln alle notwendigen Daten zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Bilanz!**

Heizperiode (Juli-Juni)		96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Schüler (incl. Lehrer)	Anzahl	1.000	1.000	1.000		1.000
begehbare Fläche	m <sup>2</sup>	7.500	7.500	7.500		7.500
Energie/Wasserverbrauch:	-					
Gas (1 m <sup>3</sup> = 10 kWh)	kWh/a	1.235.130	860.160	962.610		800.000
Strom	kWh/a	150.210	150.840	130.060		130.000
Energie = Strom+Gas	kWh/a	1.385.340	1.011.000	1.092.670		930.000
Wasser	m <sup>3</sup> /a	628	607	661		600
Heizgradtage	HGT./a	3749	3310	3446	3500	3500

**2. Schätze einmal, wieviel kg CO<sub>2</sub> Du als Schüler hier verbrauchst, bzw wieviel Stunden Fahrrad (bei 20 km/h) Du fahren mußt, um genauso viel Energie zu produzieren!**

Energie	CO <sub>2</sub> in kg/a	250.000	230.000			200.000
Energie	Stunden Fahrrad	210.000	200.000			89.500

**3. Wir lassen den Computer rechnen!**

Ressourcenverbräuche:	-	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Gas	kWh/Schüler a	1235	860	963		800
Strom	kWh/Schüler a	150	151	130		130
Energie	kWh/Schüler a	1385	1011	1093		930
Wasser	m <sup>3</sup> /Schüler a	0,63	0,61	0,66		0,60

**4. Die tatsächliche CO<sub>2</sub>-Freisetzung bzw. soviel Stunden Fahrrad muß Du fahren**

Heizperiode (Juli-Juni)		96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
Energie	CO <sub>2</sub> in kg/a	431.122	330.289	344.444		300.500
Abweichung Deiner Schätzung in %		42%	30%			33%
Energie	Stunden Fahrrad	211.957	154.683	167.179		142.290
Abweichung Deiner Schätzung in %		1%	-29%			37%

**5. Als Ergebnis genaue Daten, die wir mit anderen Schulen vergleichen können.**

Diese Daten sind Witterungsbereinigt, d.h. für einen typischen, standardisierten Winter/Sommer umgerechnet. Somit können wir unsere Daten mit anderen Schulen vergleichen.

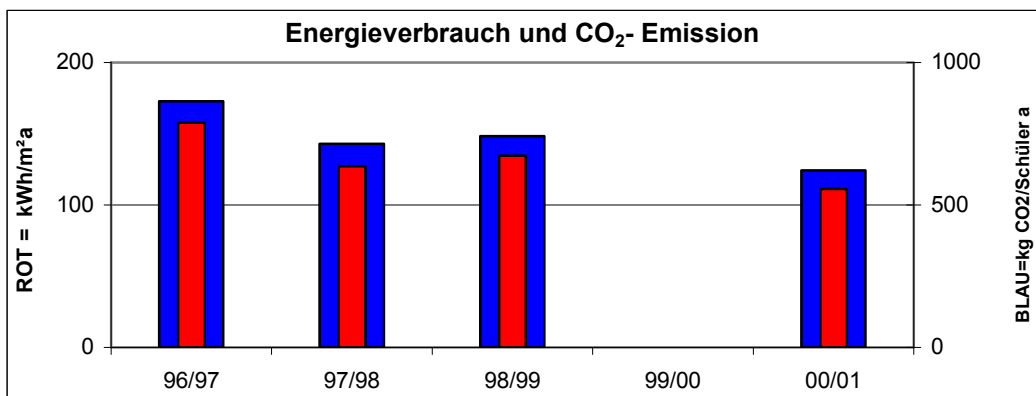
Schüler		1000	1000	1000		1000
Schüler/m <sup>2</sup>		0,13	0,13	0,13		0,13
Verbräuche (Witterungsbereinigt):		HGT(20a)	3508			HGT(20a)
Gas:	kWh/a	1.155.731	911.614	979.929		801.829
Strom:	kWh/a	140.554	159.863	132.400		130.297
Energie	kWh/a	1.296.285	1.071.477	1.112.329		932.126
Wasser	m <sup>3</sup> /a	628	607	661		600

Gas:	kg-CO <sub>2</sub> /Schüler a	751	593	637		521
Strom:	kg-CO <sub>2</sub> /Schüler a	38	43	36		35
Energie	kg-CO <sub>2</sub> /Schüler a	789	636	673		556

Gas:	kWh/m <sup>2</sup> a	154	122	131		107
Strom:	kWh/m <sup>2</sup> a	19	21	18		17
Energie	kWh/m <sup>2</sup> a	173	143	148		124
Wasser	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> a	0,08	0,08	0,09		0,08
Jahr		<b>96/97</b>	<b>97/98</b>	<b>98/99</b>	<b>99/00</b>	<b>00/01</b>

Abweichung Vergleich :	Viktoriaschule	96/97	00/01	total	%	Tendenz
Energie	kWh/m <sup>2</sup> a	173	124	-49	28%	+
Wasser	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> a	0,08	0,08	0,00	4%	+
Energie	kg-CO <sub>2</sub> /Schüler a	789	556	-233	29%	+

Unsere Ergebnisse sind hier noch einmal in einem Diagramm aufgezeigt, damit Du "nichteingeweihten", wie Deinen Mitschülern oder Eltern, die positiven Auswirkung der Energieeinsparung an Deiner Schule auf unser Klima erklären kannst.



**Jeder kann helfen, einen Beitrag für die lokale Agenda 21 und somit zum Schutz des Klimas unserer Erde zu leisten. Wie? Fangen wir doch direkt an Deiner Schule an! Mit der Umsetzung Deiner Planung für das Jahr 2001. Viel Spaß dabei.**

## Die lokale Agenda 21 Darmstadt

### Klimaschutz an unserer Schule

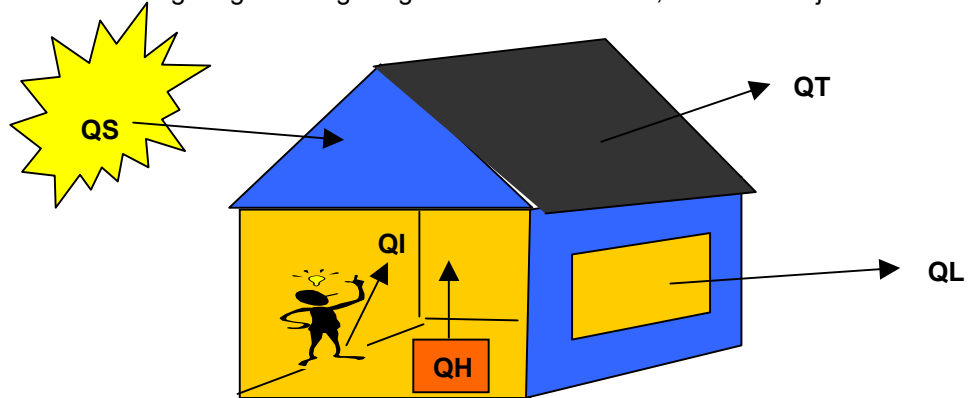
#### Wärmeschutz in meiner Schule - was ist das?

In Deiner Schule erwärmt die Heizung im Winter die Klassenräume. Ein großer Teil der Energie tritt als Verlust durch die Differenz zwischen Gebäudeinnentemperatur und Außenlufttemperatur auf.

Um ein besseres Verständnis für dieses Problem zu bekommen, brauchen wir ein bißchen Theorie: Folgende **Wärmeverluste** gibt es: **Lüftungswärmeverlust** =  $Q_L$  (z.B. offenes Fenster) und **Transmissionsverluste** =  $Q_T$ . Diese Wärme entweicht durch die Fenster, die Wände, das Dach und den Boden. Der Buchstabe Q steht in der Physik für Energie!

In der Schule entstehen aber auch **Wärmegewinne**: die **solaren Energiegewinne** =  $Q_S$  (Sonneneinstrahlung auf die Schule) und die internen **Wärmegewinne** =  $Q_I$  (Abwärme der Menschen und elektrischen Geräten). Den Rest liefert die Heizung  $Q_H$ .

Um ein energiesparendes Haus oder Schule zu bauen und das Wohngefühl zu steigern, müssen also die Verluste so gering wie möglich gehalten werden. Wie, das seht Ihr jetzt.



Durch die **Wärmeschutzverordnung 1995** (Verordnung des Energieeinspargesetzes) wurde eine einheitliche Berechnungsgrundlage für den **Heizwärmebedarf** (diese Energie muss die Heizung liefern) eines Gebäudes festgelegt.  $Q_H = 0,9 * (Q_T + Q_L) - Q_S - Q_I$

Experimentieren wir einmal mit einer ganz einfachen Schule. Die Wärmegewinne durch die Sonnenstrahlung und die internen Gewinne bleiben in unserem Fall gleich, nur die Verluste wollen wir verändern (z.B. das Dach besser isolieren), so daß wir weniger Energie brauchen. Mal sehen, wieviel CO<sub>2</sub> wir in unserer Schule morgen der Umwelt ersparen können.

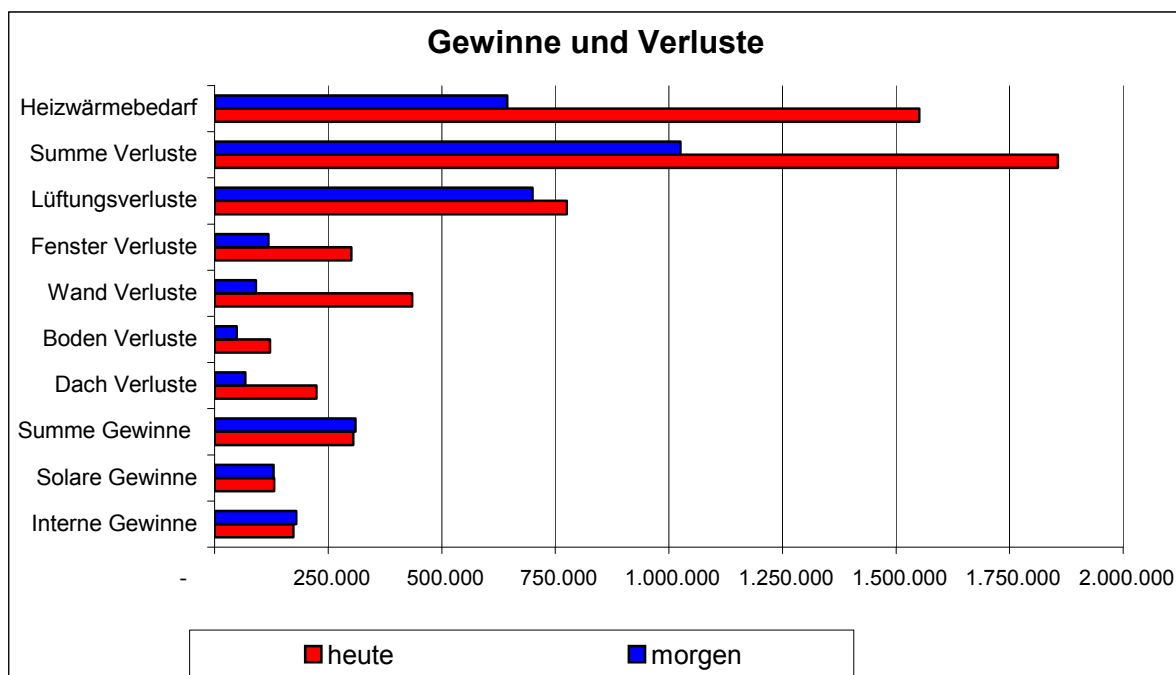
Dazu verändern wir z.B. die Dicke der Isolierung des Daches, des Boden, der Wand oder tauschen die alten Fenster gegen moderne Wärmeschutzverglasung aus. (Ist-Zustand Viktoria-Schule 92)

Bauteil	Zustand Heute	Sanierung Morgen	Dicke Iso.
Dach	2 cm Isolierung	Isolierung verstärken in cm	10
Boden	keine Isolierung	Isolierung aufbringen in cm	6
Wand	keine Isolierung	Wärmedämmverbundsystem cm	12
Fenster	alte Einfachverglasung	Wärmeschutzverglasung Ja/Nein	Ja

**Unsere Sanierungsmaßnahmen haben folgende Veränderungen hervorgerufen:**

Gewinne + Verluste	Schule Heute kWh/a	Schule Morgen kWh/a	Veränderung - kurze Beschreibung
Interne Wärmegewinne	173.700	180.000	
Solare Wärmegewinne	131.150	130.000	
<b>Summe Wärmegewinne</b>	<b>304.850</b>	<b>310.000</b>	
Dach	223.753	67.804	
Boden	121.605	48.642	
Wand	435.040	91.013	
Fenster	300.873	118.200	
Summe Transmissionsver.	1.081.271	325.659	
Lüftungswärmeverluste	775.000	700.000	
<b>Summe Verluste</b>	<b>1.856.271</b>	<b>1.025.659</b>	
<b>Heizwärmebedarf</b>	<b>1.551.421</b>	<b>644.093</b>	
<b>Energieeinsparung in Deiner Schule in %</b>		<b>58%</b>	

In einem Diagramm können wir die Anteile der Einsparmaßnahmen leicht erkennen:



Wie verändert sich die **CO<sub>2</sub>-Bilanz**, wenn wir die Einsparmaßnahmen in unserer Schule durchführen? Der CO<sub>2</sub>-Wert gibt nur die durch den geringeren Energieverbrauch reduzierte CO<sub>2</sub> -Emission wieder. Jedoch müssen wir berücksichtigen, dass auch die **Produktion und der Transport** (Lebenswege) für z.B. die neuen Fenster **zusätzliche Energie** verbraucht, d.h. zusätzliches CO<sub>2</sub> frei wird. Mit Hilfe des Computerprogramms GEMIS des Öko-Instituts können diese Werte ermittelt werden.

	Schule Heute	Schule Morgen	Minderung %	Tendenz
<b>CO<sub>2</sub>-Emission in t/a</b>	295	122	58%	+
<b>Heizwärmeb. kWh/m<sup>2</sup>a</b>	221	92	58%	+

**So schnell kannst Du den Energieverbrauch Deiner Schule berechnen und erfolgreiche Maßnahmen zum Sparen vorschlagen. Viel Spaß bei der Umsetzung!**

**Datenbasis für die Bilanzierungen:**

**Emissionen aus der Energienutzung nach GEMIS 4.0**

Systemgrenze: Gesamter Lebensweg inkl. Materialvorleistung (Herstellungsaufwand) und Transporten

**Emissionsfaktoren für Heizung und Strom:**

in kg/kWh-out	Erdgas	Heizöl	Strom
CO2	0,27	0,37	0,65
CO2-Äquivalente	0,29	0,38	0,69

**CO2-Äquivalente:**

Summe der Treibhauswirkung aller Treibhausgase (CO2, CH4, N2O, SF6, HCF/PCF) bezogen auf die Masse von CO2

**Emissionsfaktoren:**

Menge an Emissionen, die pro Aktivität (z.B. Energieerzeugung, Transport, Stoffherstellung) freigesetzt werden.

Outputbezogene Emissionsfaktoren sind auf die Erzeugung eines Produkts (Wärme, Strom, Stoffe...) bezogen, berücksichtigen also den Nutzungsgrad der Produktherstellung.

BundesbürgerInnen:	8,00E+07	Menschen
CO2-Emission	8,83E+08	t CO2 in 1998
d.h. pro Kopf	1,10E+01	t/Kopf*a
	11037,5	kg/Kopf*a
1 Jahr =	365	d/a
<b>daraus ergibt sich</b>	<b>30</b>	<b>kg/Kopf*d</b>