

## **WORKSHOP „Energieeffiziente Schulsanierung“**

**im Rahmen der High-Tech-Strategie der  
Bundesregierung**

Frauenhofer-Institut für Bauphysik,  
Stuttgart, 9. März 2007

**Umweltbildungsprojekt**  
„Energieeinsparung an Schulen“

Projektadresse:  
OStRin Margit Fluch  
Kugelbergstraße 21, 89290 Buch  
Telefon 073 43/92 28 90  
Telefax 073 43/92 28 91  
margit.fluch@t-online.de  
www.energieteam-bvsg.de

## **Temperaturmessaktion an 70 Schulen**

Bericht über die Arbeitsergebnisse des Projektteams energie-AG im Rahmen des B.A.U.M. - Forschungs- und Umweltbildungsprojektes „Energieeinsparung an Schulen“

### **1. Einführung (Margit Fluch)**

Sehr geehrter Herr Dr. Kübler, sehr geehrte Damen und Herren,

im Folgenden werden Frau Sorger und ich Ihnen die Ergebnisse einer Temperaturmessaktion an 70 Schulen vortragen, die das Projektteam energie-AG, meine ehemalige Schülerarbeitsgemeinschaft am Bertha-von-Suttner-Gymnasium Neu-Ulm, zusammen mit mir organisiert und ausgewertet hat. Wir wurden dabei vom Bundesdeutschen Arbeitskreis für Umweltbewusstes Management e.V. (B.A.U.M.) und von der VRD-Energiestiftung unterstützt. Das hat es mir ermöglicht, die Messaktion als Forschungsprojekt mit Beratung durch Experten und wissenschaftlicher Begleitung zu organisieren.

Bevor wir beginnen, möchte ich uns kurz vorstellen: Frau Sorger ist eines der Gründungsmitglieder der energie-AG, ich selbst bin Physiklehrerin und habe die Arbeitsgemeinschaft 1998 zwecks Beteiligung an einem Energiesparwettbewerb unseres Landkreises ins Leben gerufen.

Das Bild (Folie 2) stellt unsere Ausgangssituation an unserer Schule dar:

Man hatte eben erst neue Thermostatventile eingebaut, die veralteten Pumpen durch moderne geregelte Pumpen ausgetauscht, eine neue DDC-Regelung eingebaut und es funktionierte – nichts! Weder die Temperaturregelung (es gab überhitzte und daneben zu kalte Räume) noch die Nachtabsenkung. Die gezeichnete CO<sub>2</sub> – Wolke soll das veranschaulichen: Sie hätte um 30% kleiner ausfallen müssen!

Unsere Recherchen und zwei daraufhin an allen 400 bayrischen Gymnasien von uns durchgeführte Umfragen ergaben, wir sind mit diesem Problem nicht alleine- im Gegenteil:

Wir kamen zu der Überzeugung, dass die meiste Energie an Schulen dort verschwendet wird, wo man es am wenigsten erwartet: Beim Sanieren von Heizungsanlagen. Die Sanierungen entsprechen meist weder dem Stand der Technik noch den gesetzlichen Vorgaben.



VRD ENERGIE STIFTUNG

Finanziell gefördert  
durch die VRD Stiftung  
Projektträger B.A.U.M. e.V.  
Projektleitung  
OStRin Margit Fluch

Das Problem, dem sich die Gruppe seither gewidmet hat, waren nicht die entdeckten Sanierungsmängel, sondern deren **erschreckend hohe Verbreitung**. Diese hohe Verbreitung verbietet es, einzelnen Planern oder Handwerksbetrieben dafür die Schuld zu geben, ihnen Unfähigkeit oder gar moralisch verwerfliches Handeln vorzuwerfen.

Alle tun das Falsche, aber keiner ist schuld daran  
Oder etwas seriöser

Heizungssanierungen öffentlicher Gebäude erbringen aus **strukturellen Gründen und damit zwangsläufig nicht** die Energieeinsparungen und den Komfort, den man von der eingebauten Technik erwarten darf.

Zum Beweis dieser These haben wir zwei schulübergreifende Messaktionen organisiert, an der sich insgesamt 70 Schulen beteiligt haben.

Die Messergebnisse wird Ihnen nun Frau Sorger vorstellen, ich werde sie dann analysieren und zum Schluss möchten wir Ihnen noch Gelegenheit geben, Fragen dazu zu stellen.

## **2. Messergebnisse (Sabine Sorger)**

Zur Überprüfung unserer These haben wir zwei typische Sanierungsmaßnahmen herausgegriffen, deren Qualität mit einfachen Schülermessungen überprüft werden kann:

Die **Nachrüstung mit Thermostatventilen**, die von der Energieeinsparverordnung bis längstens 1997 gefordert worden war und der **Einbau einer Nachtabenkung**.

Nun frage ich Sie: Was würden Sie sich von diesen Sanierungsmaßnahmen erhoffen? Selbstverständlich sollte sich in allen Räumen die vorgeschriebene Temperatur einstellen. Es sollte keine zu warmen und keine zu kalten Räume geben. Außerdem sollte dadurch der Energieverbrauch sinken.

Sie erwarten also eine **Komfortverbesserung und Energieeinsparungen**. Sehen wir uns an, wie es laut unserer Messaktionen wirklich aussieht:

Bei unserer ersten Messaktion im Winter 2004/2005 haben 25 Schulen zwei Wochen lang die Raumtemperaturen aufgezeichnet und 30 Schulen die nächtlichen Tiefsttemperaturen gemessen.

### **a) Zuerst zu den Raumtemperaturen:**

Die Raumtemperaturen wurden mit gewöhnlichen **Holzbrettchenthermometern**, die Sie hier sehen (Folie 6), gemessen. Schüler und Lehrer der Willmannschule in Amberg, haben die Messaktion an ihrer Schule dokumentiert und uns freundlicherweise einige Fotos zur Verfügung gestellt. Zunächst wurden die **Thermometer kalibriert**. Das bedeutet, dass man die Temperaturanzeigen aller Thermometer mit der Anzeige eines auf 0,2 Grad genau messenden Thermometers verglichen und auf jedem zugehörigen Messblatt die Abweichung notiert hat. So konnten wir diese Abweichung später bei der Auswertung berücksichtigen. Anschließend wurden in allen Klassenzimmern je zwei Thermometer und das von uns vorgefertigte Messblatt aufgehängt.

Die Schüler lasen **zwei Wochen lang** alle 90 Minuten die Temperaturen an den Thermometern ab und trugen sie in das **Messblatt** ein.

Als die Messaktion beendet war, schickten uns die Schulen ihre Messdaten zu. Die Auswertung erfolgte folgendermaßen: Wir bildeten für jedes Klassenzimmer einer Schule den **Mittelwert** der Temperaturen, die während der Unterrichtszeit innerhalb von zwei Wochen gemessen wurden. Er sollte ungefähr **20 Grad** betragen.

Sehen wir uns dazu gleich die Temperaturverteilung in einer Schule (Folie 10) an. Die einzelnen Balken hier in dem Diagramm stellen eben diese Mittelwerte für jedes Klassenzimmer der Schule dar. Die rote Linie kennzeichnet die einprogrammierten 20 Grad. Wir sehen deutlich, dass die Temperaturen in den einzelnen Räumen erheblich von der 20 Grad-Marke abweichen. Die tiefsten Temperaturen liegen bei 16 Grad, die höchsten bei über 23 Grad. Das sind **7 Grad Temperaturdifferenz** innerhalb einer Schule.

Beachten Sie, dass diese Schule **neu saniert** ist und eine Einzelraumregelung hat! Sie wurde nach unserer Messaktion im Rahmen einer Studienarbeit der Hochschule Ulm noch genauer untersucht. Dazu später mehr.

Ich zeige Ihnen noch ein weiteres Beispiel (Folie 11). Sie sehen, dass es an keiner der beiden Schulen eine gleichmäßige Temperaturverteilung um 20 Grad gibt. Und das sind keine besonders extremen Beispiele. **Keine** der 25 Schulen, die sich an der Messaktion beteiligt hat, verfügt über eine **funktionierende Temperaturregelung**.

b) Nun kommen wir zur **Nachtabsenkung**:

Unter der Nachtabsenkung verstehen wir, dass in den Zeiten, in denen niemand etwas von wohltemperierten Räumen hat, wie zum Beispiel in der Nacht, an Wochenenden und in den Ferien, immer nur dann nachgeheizt wird, wenn die **Raumtemperatur unter 16 Grad abgesunken** ist. Nachtabsenkung ist also eine Sammelbezeichnung für eingeschränkten Heizbetrieb.

Die Nachtabsenkung wurde im Rahmen unserer Messaktion in den Wintermonaten an 30 Schulen mit **Maximum-Minimum-Thermometern** überprüft. An diesen Thermometern kann man die höchste und die niedrigste Temperatur über einen bestimmten Zeitraum, zum Beispiel eine Nacht, messen. Jede Nacht wurden die Maximum-Minimum-Thermometer in anderen Klassenzimmern ausgelegt, um die **tiefsten Temperaturen** (in diesen Räumen) zu ermitteln.

Die Säulen stellen die Ergebnisse dar (Folie 13). Die rote Linie markiert die 16 Grad. Sie sehen hier unser Musterbeispiel. Es ist die einzige Schule, bei der die Nachtabsenkung einigermaßen funktioniert.

Jetzt zwei Beispiele von Schulen, bei denen die Nachtabsenkung nicht funktioniert (Folie 14, 15). Die Grafiken aller übrigen Schulen sehen ganz ähnlich aus.

Tiefste Temperaturen von 18-19 Grad bedeuten keine Nachtabsenkung, da die Räume nur auf 18-19 Grad aufgeheizt werden dürfen, damit sich dann zusammen mit der Wärme der Schüler die gewünschten 20 Grad einstellen.

Fazit: Die **Nachtabsenkung funktioniert** - mit Ausnahme einer Schule - **nicht**. Man sieht an den Diagrammen deutlich, dass die 16 Grad-Grenze in den meisten Räumen überschritten wurde

Nun möchte ich Ihnen einen Ausschnitt aus einem Diagramm (Folie 16) erklären, das von zwei Studenten der **Hochschule Ulm** im Rahmen der eingangs erwähnten Studienarbeit zu unserer

Messaktion erstellt wurde. Das Diagramm belegt eine von mehreren Ursachen für eine nicht funktionierende Nachtabsenkung: Die blaue Kurve ist die Sollkurve der nächtlichen Temperatur. Die rosa Kurve stellt den tatsächlichen Verlauf dar. Zunächst fällt auf, dass diese Kurve während der Nacht **immer über ihrer Sollkurve** liegt. Bei genauerer Betrachtung stellt man fest, dass die Kurve immer wieder langsam sinkt, um nach Erreichen von 17 Grad wieder steil anzusteigen. Das passiert insgesamt acht Mal pro Nacht. Dies hängt mit der Programmierung der Heizung zusammen. Die Anlage wurde so eingestellt, dass die Frostschutzsicherung aktiviert wird, wenn die Raumtemperatur unter 17 Grad fällt, das heißt die Heizung springt an, den Räumen wird Wärme zugeführt. Wie man sieht, wird jeweils fast eine dreiviertel Stunde lang Wärme zugeführt, wobei die Temperatur wieder um 2-3 Grad ansteigt. Eine Frostschutzsicherung ist durchaus sinnvoll, jedoch friert bei 17 Grad noch keine Heizung ein. Bei dieser Programmierung haben die Räume überhaupt **keine Chance 16 Grad zu unterschreiten**. Der Energieverlust bei einer solchen sogenannten Taktung der Heizungsanlage ist erheblich. Vor allem der Pumpenstrom schlägt dabei zu Buche, was weitgehend unbekannt ist.

Fassen wir zusammen:

Praktisch alle Schulen haben chronisch über- und unterversorgte, also überhitzte und zu kalte Räume und eine mangelhafte Nachtabsenkung.

**Statt der erwarteten Energieeinsparung** führt das zu **Zwangswärmekonsum** in überhitzten Räumen. Die Schüler versuchen, die Wärme durch Lüften loszuwerden, womit sie Energie direkt zum Fenster hinausheizen.

Statt des verbesserten Komforts herrscht in vielen Räumen **mangelhaftes Raumklima** und damit **mangelhafte Arbeitsbedingungen!**

### c) Sonstige Missstände:

Um Missverständnissen vorzubeugen, möchten wir darauf aufmerksam machen, dass die zwei von uns untersuchten Maßnahmen **nicht die einzigen Missstände** sind. Es sind nur die einzigen, die Schüler überprüfen können. Deswegen haben wir sie herausgegriffen.

Der entscheidende Gedanke dabei war, nicht in den Heizkeller zu gehen und die vorgenommenen, technischen Einstellungen zu überprüfen, sondern **die erhofften Auswirkungen der Neuerungen**, also eine gleichmäßige Temperaturverteilung und einen eingeschränkten Heizbetrieb, zu untersuchen.

Die Messungen beweisen, dass von der beabsichtigten Wirkung der beiden Maßnahmen **praktisch nichts in der Praxis angekommen** ist.

Um nachzuweisen, dass sich das Qualitätsproblem bei Heizungssanierungen nicht nur auf diese beiden Maßnahmen beschränkt, haben wir die Hochschule Ulm gebeten, eine der Teilnehmer-schulen noch genauer zu untersuchen.

Es handelt sich um die Schule, deren Temperaturverteilung bereits eingangs gezeigt wurde. Zur Erinnerung wiederhole ich, dass die Schule kurz zuvor mit hochwertiger Technik saniert worden war, eine moderne Einzelraumregelung und einen Anbau erhalten hatte.

Es wurden folgende weitere Mängel entdeckt:

- Fehlender hydraulischer Abgleich im **Neubaustrakt**
- Dreifach überdimensionierte **Pumpen**
- Ungeregelte Zusatzheizung in Form von 100 m ungedämmten Rohren unter den Heizkörpern
- Falsche Dimensionierung von Heizkörpern
- **Brennwertkessel** ohne Ausnutzung der Brennwerttechnik
- Falsch eingestellte Brennerflamme
- Hohe Zahl defekter Thermostatventile ohne Funktion
- Defekter Außentempersensoren
- Temperatursensoren falsch positioniert (werden teilweise von der Sonne beschienen)
- **Temperatursensoren nicht kalibriert** (Abweichungen bis zu 2 Grad)
- Umrechnungsfaktoren bei der Regelungsprogrammierung vergessen
- Falsche Raumzuordnungen bei der Regelungsprogrammierung
- Nicht funktionierende Nachtabenkung

Man könnte auf den Gedanken kommen, dass sich für die Messung der Raumtemperaturen vorzugsweise Schulen gemeldet haben, an denen bereits der Verdacht bestand, dass ihre Temperaturregelung nicht funktioniert. Jedoch sind **25 Schulen keine Einzelfälle**. Außerdem gaben bei unserer bayernweiten Umfrage 60% der 170 Teilnehmerschulen an, unter dem Problem der heißen und kalten Räume zu leiden. Trotzdem haben wir uns um weitere Absicherung bemüht und im März 2006 eine ergänzende Messaktion durchgeführt, an der sich 40 Schulen beteiligt haben, darunter alle 12 staatlichen bayerischen Schulen.

#### **d) Messungen 2006**

Dabei kam uns folgende Beobachtung zu Hilfe: Bei der Auswertung der letzten Messaktion hatten wir gesehen, dass die Schwankungen der mittleren Raumtemperaturen sich in den Messungen der nächtlichen Tiefsttemperaturen widerspiegeln und umgekehrt. Hier sehen Sie ein Beispiel dafür (Folie 20). Die Messergebnisse für die gleichen Räume befinden sich direkt untereinander. Dass sich die beiden Balkendiagramme nicht ganz decken, liegt u.a. daran, dass es sich bei den Tagestemperaturen um Mittelwerte aus 30 Messungen handelt, bei den nächtlichen Tiefsttemperaturen um die Werte einer Messnacht. Aus der Ähnlichkeit der Diagramme folgerten wir, dass die Aufzeichnung der nächtlichen Tiefsttemperaturen ausreicht, um auch eine Aussage über die Temperaturverteilung tagsüber machen zu können. Das Ergebnis der Messungen an 40 Schulen bestätigte das vorherige: Mit Ausnahme von zwei Schulen funktionierte der eingeschränkte Heizbetrieb nicht, obwohl man sich an vielen Schulen sicher war, eine funktionierende Nachtabenkung zu besitzen.

#### Ziehen wir Bilanz:

Die Messaktionen und die Untersuchungen der Hochschule Ulm belegen:

Beim gegenwärtigen Sanierungssystem bekommt die öffentliche Hand für das eingesetzte Geld alles, nur **keine Qualität**.

Warum das so ist, wird Ihnen nun Frau Fluch genauer erklären.

### 3. Analyse (Margit Fluch)

Das Bild (Folie 21) steht für eine der 70 Teilnehmerschulen. **Das alleine durch mangelhafte Temperaturregelung und die mangelhafte Nachtabsenkung verschenkte Einsparpotenzial beträgt bis zu 30%!**

Das aufgezeigte Qualitätsproblem ist demnach ein Problem, das wir uns angesichts steigender Energiepreise wirtschaftlich nicht mehr lange leisten können und aus Klimaschutzgründen auch nicht mehr leisten dürfen.

Die Messergebnisse der 70 Schulen beweisen unwiderlegbar, dass es sich bei mangelhafter Qualität nicht um Einzelfälle handelt, sondern dass das Qualitätsproblem alle Schulen gleichermaßen betrifft. Das zeigt, dass nicht Einzelne dafür verantwortlich gemacht werden können, sondern dass es sich um ein **strukturelles Problem** handelt, das Planungsbüros und Sanierungsbetriebe quasi **zwingt**, Leistungen zu erbringen, die weder dem Stand der Technik noch den gesetzlichen Bestimmungen entsprechen. Dieses **Marktversagen** macht nicht vor Schulen halt, es betrifft alle Gebäude der öffentlichen Hand:

Ein Sanierungsbetrieb, der sich um einen öffentlichen Auftrag bewirbt, hat entweder die Wahl, ein seriöses Angebot zu machen, und damit Gefahr zu laufen, vom Markt bestraft zu werden, oder alles an kostenträchtiger Qualität in Planung, Arbeitsabläufen und Material wegzulassen, was nicht unmittelbar bei der Abnahme bemerkt werden kann. Das betrifft besonders systemische Leistungen (wie überprüft man z.B. die ausgeschriebene Leistung „Optimierung aller einschlägigen Parameter“?).

Das Problem wird dadurch verschärft, dass mit ihm ursächlich noch ein zweites eng verknüpft ist, ein **Kommunikationsproblem**, und zwar in doppelter Hinsicht:

- die direkten Beteiligten des Sanierungsgeschehens können die Defizite der Sanierungsstruktur nicht thematisieren, da sie aus der Verteidigungsposition heraus argumentieren müssten (sie sind zwar Verursacher mangelnder Qualität, aber nicht schuld daran).
- den Außenstehenden, aber auch Technikern und Baufachleuten ist das Qualitätsproblem und damit die Notwendigkeit einer neuen Sanierungsstruktur argumentativ kaum vermittelbar. Denn es ist selbstverständliche Denkgewohnheit, dass Modernisierungen und insbesondere energetische Sanierungen automatisch zu Energieeinsparungen führen. Vor allem öffentliche Auftraggeber, die seriöse Fachleute am Werk wissen, tun sich schwer, zu akzeptieren, dass auch sie nicht von unbefriedigenden Sanierungsergebnissen verschont werden.

Wir haben also ein **doppeltes Problem**:

Wer das Qualitätsproblem lösen will, muss gleichzeitig auch das Kommunikationsproblem lösen. Die jüngste Verweigerung unserer Schule für eine Drehgenehmigung des Bayerischen Rundfunks an unserer Schule zu der von der energie-AG durchgeführten Messaktion ist ein anschaulicher Beleg dafür („Es muss endlich ein Ende haben!“)

Die **Ursache für das Qualitätsproblem** ist die derzeitige **Ausschreibungs- und Vergabepaxis der öffentlichen Hand**:

Vereinbart werden kann nur Technik, von der man sich Einsparungen und Komfortverbesserungen lediglich erhofft, nicht aber deren Ziel (die gewünschte Einsparung und Komfortverbesserung). Die VOB gestattet keine funktionale Ausschreibung, die bisherigen Contractingvarianten beinhalten übrigens auch keine rein funktionale Ausschreibung.

Die **Lösung des Qualitätsproblems** kann demnach nur eine **neue Vertragsgestaltung für Grundsanierungen von Heizanlagen** sein: Man vereinbart keine Technik, sondern deren Qualität: Ein Einsparziel, ein Komfortziel und eine Vollgarantiewartung.

Den Zuschlag darf nicht erhalten, wer eine technische Lösung am billigsten anbieten kann, sondern derjenige, der deren erwünschte Qualität (Energieeinsparung und Komfort) für einen längeren Vertragszeitraum am billigsten garantiert.

Von dieser erfolgsorientierten Vertragsgestaltung (die energie-AG hat sie **Erfolgscontracting** genannt) profitieren beide Parteien: Der Auftraggeber, weil er die erwartete Qualität garantiert bekommt und auch einfach kontrollieren kann und der Auftragnehmer, weil Erfolgscontracting ihm faire Wettbewerbsbedingungen am Markt sichert: Der fähigste Anbieter hat endlich auch die besten Chancen, zum Zug zu kommen.

### **Zusammenfassung**

Erläuterung der Grafik: Herkömmliche Sanierung – Erfolgscontracting (Folie 27)

Die Projekte des BMWi zeigen auf, was innovative Technik erreichen kann  
Die Praxis ist allerdings weit davon entfernt.  
Erfolgscontracting macht es möglich

### **Schlusswort**

Sie werden sich sicher gewundert haben, dass wir eingeladen wurden, auf einem Workshop im Rahmen der Hig-Tech-Strategie der Bundesregierung über Schülermessungen mit einfachen Holzbrettchenthermometern vorzutragen. Wir wurden eingeladen, weil unser Lösungsvorschlag für eine neue Vertragsgestaltung „Hig-Tech“ ist. Herr Kratz hatte mich dankenswerterweise im Juli vergangenen Jahres ermuntert, zu diesem Vorschlag zusammen mit den uns unterstützenden Fachleuten einen Forschungsantrag „Nachhaltiger Heizungssanierung durch Erfolgscontracting“ einzureichen. Wir hoffen, dass wir demnächst die Genehmigung erhalten. Denn

High-Tech = innovative Technik + innovative Vertragsgestaltung.

Vielen Dank!

Den Text dieses Vortrags und die Folien werden wir auf unserer Homepage [www.energieteam-bvsg.de](http://www.energieteam-bvsg.de) zum Herunterladen bereitstellen