

Betriebsüberwachung und Energiemanagement

Ort: Kongress Zukunftsraum Schule
Rathaus Stuttgart, Großer Rathaussaal

Referent: Prof. Dr.-Ing. Werner Jensch



Agenda

1. **Energieverbrauch und Behaglichkeit**
2. **Bedienung und Visualisierung im Klassenzimmer**
3. **Zusammenfassung**



Agenda

- 1. Energieverbrauch und Behaglichkeit**
2. Bedienung und Visualisierung im Klassenzimmer
3. Zusammenfassung

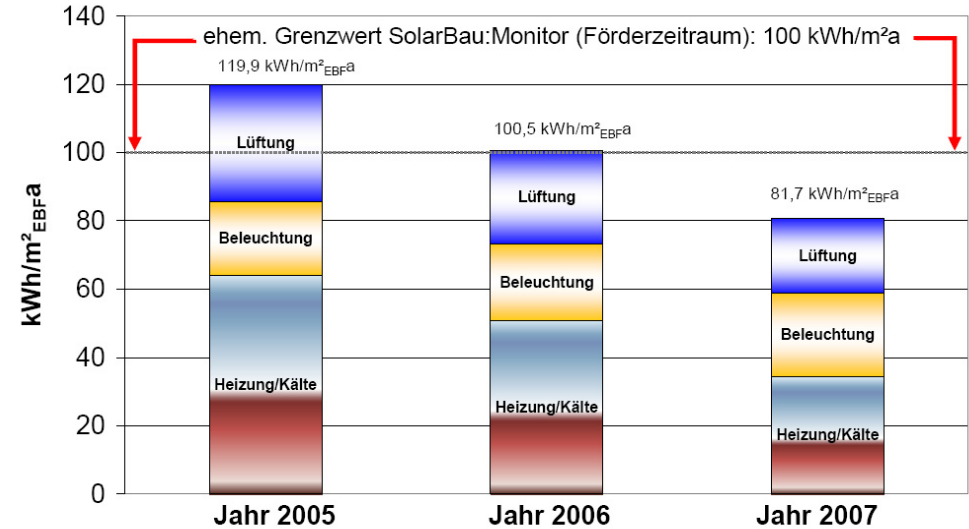


Einsparpotentiale durch Betriebsoptimierung in Schulen

Das Einsparpotential durch Betriebsoptimierung ist insbesondere bei Schulen hoch und lässt sich mit 15-30 % abschätzen.

Dieses – nichtinvestive – Potential wird heute noch viel zu wenig genutzt.

Berufschulzentrum Biberach Entwicklung des jährlichen Primärenergiebedarfs



Reduktion des Jahresenergieverbrauchs um 31%
ausschließlich durch Betriebsoptimierung !

Quelle: Abschlussbericht
SolarBau TK 3, ISSN: 1615-4266,
Hochschule Biberach

Planung:
Ebert-Ingenieure

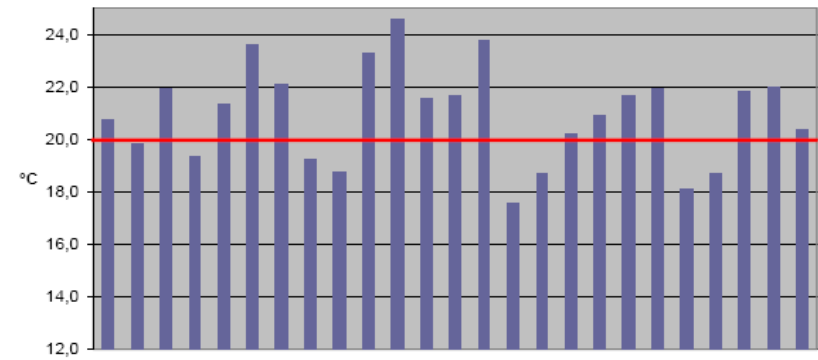


Einsparpotentiale durch Temperaturoptimierung

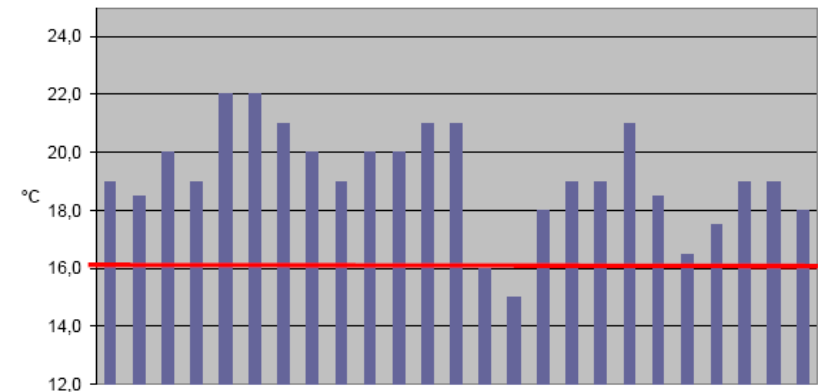
Auswertungen belegen, dass bei Schulen der Sollwert der Raumtemperatur bei Schulbetrieb und der Zielwert bei abgesenktem Betrieb selten eingehalten wird.



Mittlere Raumtemperaturen



Nachtabenkung



Quelle: Temperaturmessaktion in 70 Schulen
Fluch - Projektteam energie AG / B.A.U.M.

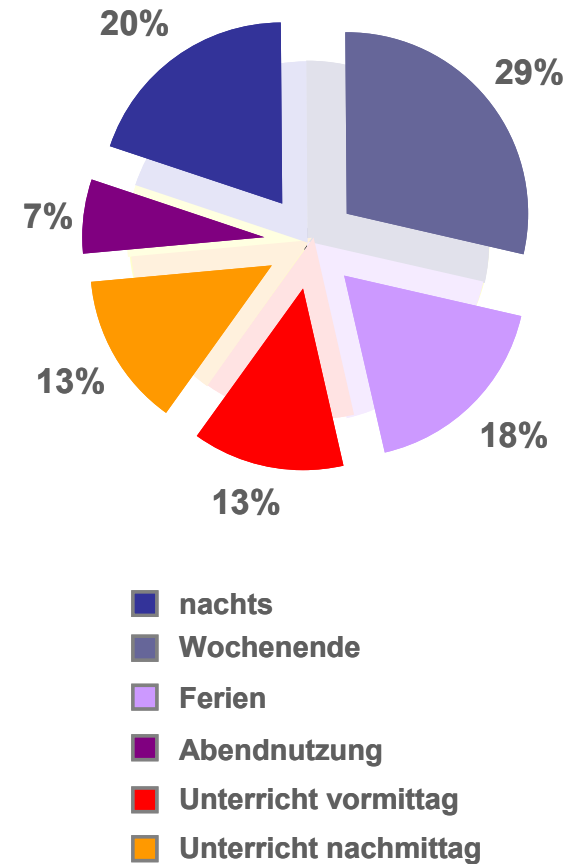


Einsparpotentiale durch Zeitoptimierung

Nur zu max. $\frac{1}{4}$ der Gesamtzeit wird eine Schule zu Unterrichtszwecken genutzt.

Eine tägliche Reduktion der Anlagenlaufzeit von 10 auf 8 h spart 20% an Energie.

Aufteilung der Betriebszeiten einer Schule

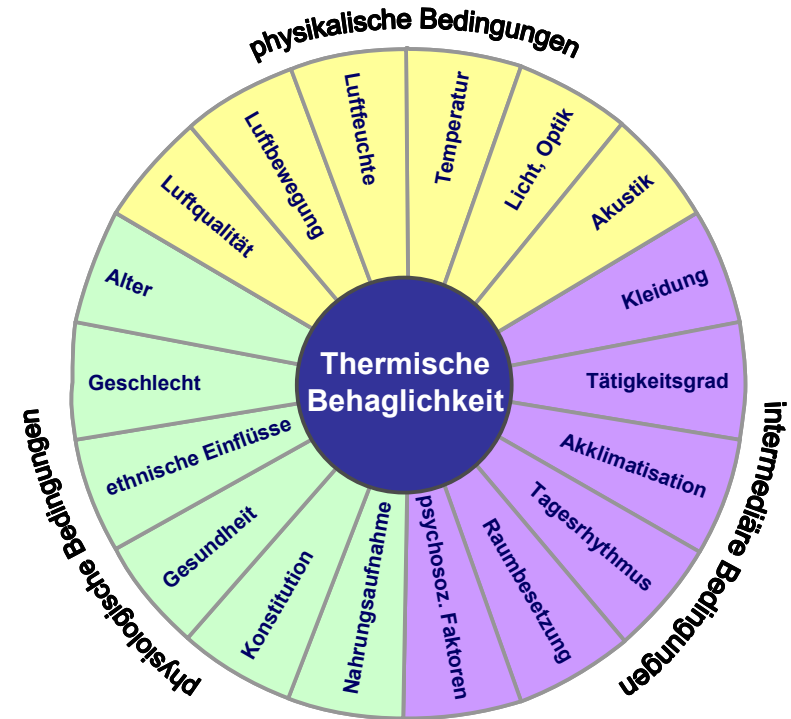


Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit

Der Zusammenhang von Behaglichkeit und Leistungsfähigkeit ist signifikant nachzuweisen.

Bei besserer Gebäudetechnik könnten somit die Ergebnisse der Pisa-Studie gesteigert werden.

Einflussfaktoren auf die Behaglichkeit



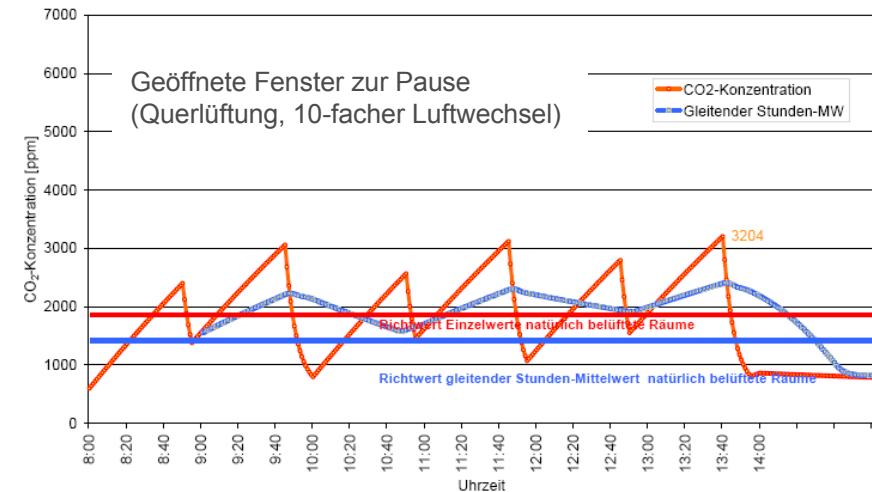
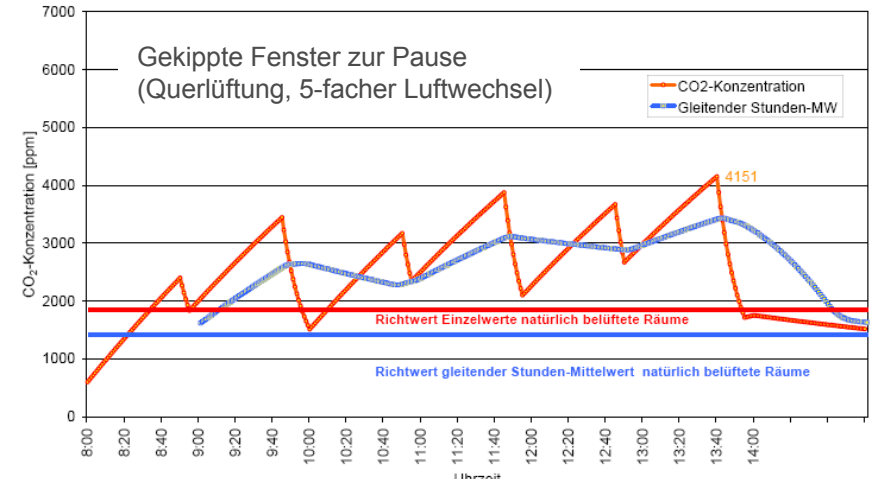
Luftqualität und Leistungsfähigkeit

Der Zielwert der CO₂-Konzentration wird in Schulen oft deutlich überschritten.

Der Raumluftqualität wird in Schulen zu wenig Beachtung geschenkt.

Quelle:
Evaluierung von mechanischen
Klassenzimmerlüftungen in Österreich
A. Greml, E. Blümel, A. Gössler, R. Kapferer,
W. Leitzinger, J. Suschek-Berger, P. Tappler

Verlauf der CO₂-Konzentration Schulraum



Luftqualität und Leistungsfähigkeit

- **Myhrvold et al. (1996):**

Testbedingung: 550 Schülern aus 22 Klassen; CO₂-Belastung von 601 bis 3827 ppm

Tests: Durchführung einfacher Übungen

Ergebnis: Deutliche Abnahme der Reaktionszeit und der Aufmerksamkeit

- **Wargocki et al. (2000):**

Testbedingung: Probanden in Prüfräumen; Außenluftvolumen von 18 m³ bis 36 m³ pro Person

Tests: standardisierte Aufgaben bei „Rechnen“, „Texte korrigieren“, „Texte tippen“

Ergebnis: Gemessenen Steigerungen der Leistungsfähigkeit bei etwa 2–4 %

- **Kajtár et al. (2003):**

Testbedingung: 10 Probanden; CO₂-Konzentrationen von 600 bis 4.000 ppm

Tests: 70-minütiges Fehlersuchen in einem Text

Ergebnis: Signifikante Verringerung der Anzahl der gefundenen Fehler

- **Shaughnessy et al. (2005):**

Testbedingung: Schüler in 50 Klassenräumen; gesteigerte CO₂-Konzentration

Tests: Mathematik-Tests und Lese-Tests

Ergebnis: signifikante Abnahme der Leistungsfähigkeit von Schülern

- **Wargocki & Wyon (2006):**

Testbedingung: Schülern an 6 dänischen Grundschulklassen; gesteigerte CO₂-Konzentration

Tests: Aufgaben in den Bereichen des Lesens und Rechnens

Ergebnis: Signifikante Abnahme der Geschwindigkeit und Zunahme der Anzahl der Fehler

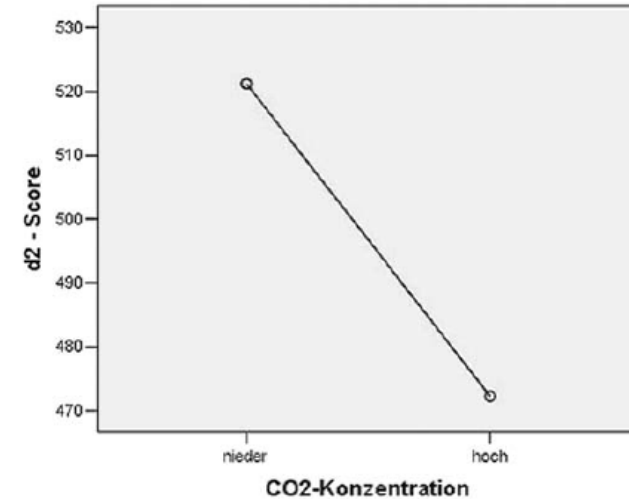
- **Werner Ribic (2007):**

Testbedingungen: 152 Schüler in Graz; CO₂-Belastung von 670 bis 4300 ppm

Tests: standardisierte Aufmerksamkeits-Belastungstest d2

Testergebnis: hoch signifikanter Verringerung der Konzentrationsleistung (10%)

Leistungsfähigkeit und CO₂-Konzentration



Hohe CO₂-Werte bei den Studien: 3.300 bzw. 4.300 ppm

Niedrige CO₂-Werte bei den Studien: 870 bzw. 880 ppm

Abbildung 4.1: Vergleich im d2 Test: bei niedriger CO₂-Konzentration zeigen sich signifikant bessere Werte im d2-Test als unter hoher CO₂-Konzentration. (Quelle: Ribic, Unser Weg, Heft 5, 2007)

Quelle:

Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich
A. Greml, E. Blümel, A. Gössler, R. Kapferer, W. Leitzinger, J. Suschek-Berger, P. Tappler



Behaglichkeit und Nutzerakzeptanz

Hubert Hagel
Schulleiter Gebhard-Müller-Schule Biberach

„Im Vergleich zum Altbau ist bei dem neuen Berufschulzentrum Biberach die Abiturnote um $\frac{1}{2}$ Notenstufe besser.

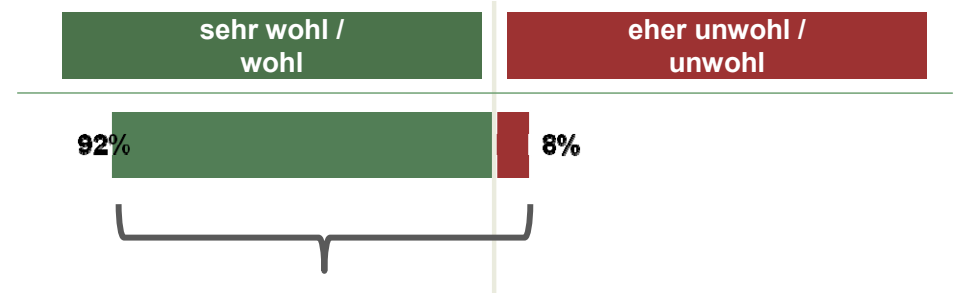
Ich sehe dies vor allem auch in der guten Behaglichkeit (Licht, Luft, Temperatur) der neuen Klassräume begründet.“

Zitat beim 3. Symposium "EnEff:Schule",
Biberach 2009

Quelle:
Akzeptanz der Gebhard-Müller-Schule
bei den Schülern - Marktforschungsprojekt
11. Klasse WG, Hr. Karl Seifert, Fr. Bea Lamm

Auswertung Akzeptanz Berufschulzentrum Biberach

Frage: Fühlst Du Dich in der Schule wohl?



Frage: Würdest Du einem Bekannten von Dir empfehlen auf die Schule zu gehen??

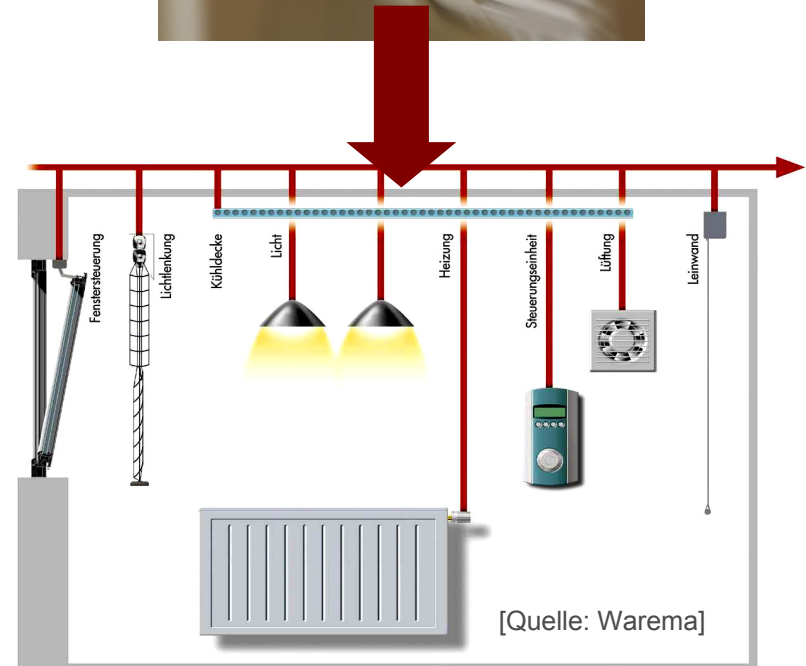


Folgerung

Moderne Schulen benötigen eine Funktionsweise, die (nur) zur Schulzeit die Behaglichkeitskriterien einhält.

Das traditionelle Thermostatventil ist gegen eine Einzelraumregelung zu ersetzen.

Die Bedienbarkeit und die Visualisierung des Energieverbrauchs muss verbessert werden.



Agenda

1. Energieverbrauch und Behaglichkeit
- 2. Bedienung und Visualisierung im Klassenzimmer**
3. Zusammenfassung



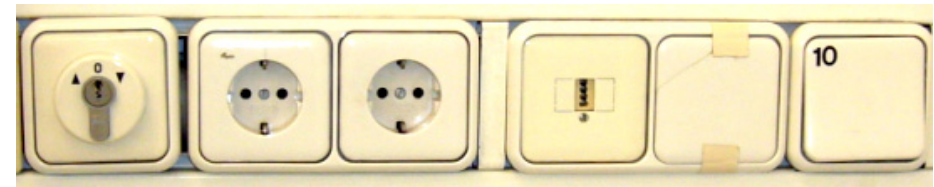
unsere Kinder = Vandalen ???

Die Bedienung der TGA-Elemente im Raum (Heizung, Jalousie, Beleuchtung, Raumluft) wird vielfach als Spielerei angesehen.

Raumbedienelemente orientieren sich am traditionellen Schalter-Steckdosen-Programm.

Moderne Bedien- und Visualisierungssysteme werden oft mit der „**fehlenden Vandalensicherheit**“ wegdiskutiert.

Beispiele für konventionelle Raumbedienung



unsere Kinder = Vandalen ???

Eine gelebte Betriebsoptimierung bedeutet, dass sowohl Lehrer als auch Schüler aktiv eingreifen.

Die TGA-Elemente dürfen nicht als Bestandteil eines Hochsicherheitstraktes gesehen werden.

Kinder können im Schulunterricht den bewussten Umgang mit Energie erlernen.



Quelle: AP Photo/Haraz Ghanbari



Quelle: Schulhaus Brochenzell



Intuitive Bedienoberfläche

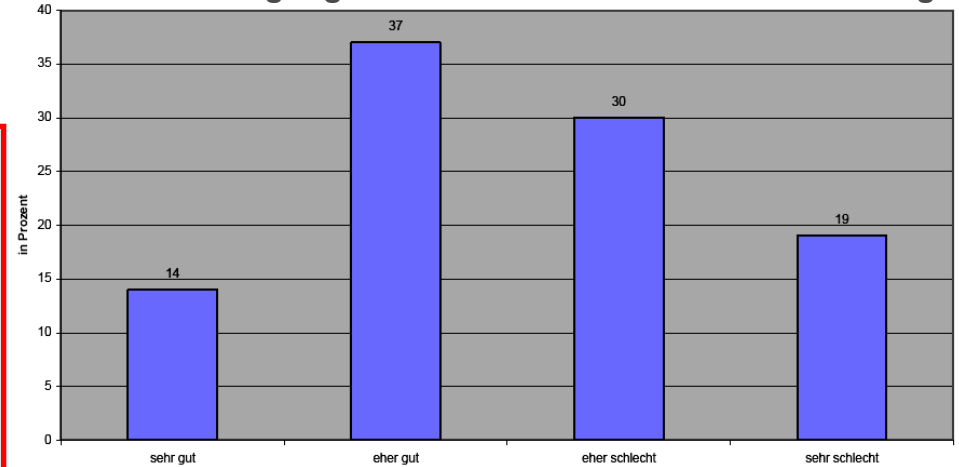
Auf die Visualisierung von Behaglichkeitszuständen und des Energiestatus wird oft verzichtet, da man befürchtet, „Beschwerden zu provozieren“.

Heute verfügbare Visualisierungssysteme sind zu wenig nutzerbezogen.

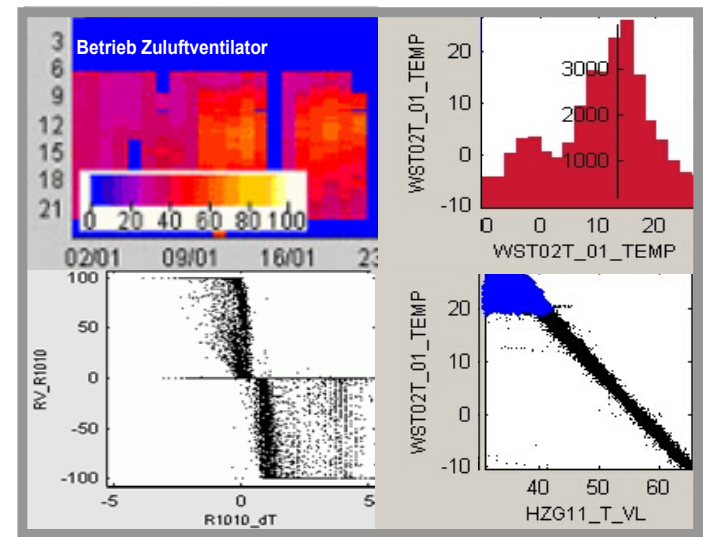
Quelle: Evaluierung von mechanischen Klassenzimmerlüftungen in Österreich
A. Greml, E. Blümel, A. Gössler, R. Kapferer, W. Leitzinger, J. Suschek-Berger, P. Tappler

Quelle: Miefampel, Bernd Richter
Visualisierung OASE, Ebert-Ingenieure

Lehrerbefragung Bedienerfreundlichkeit von RLT-Anlagen



Beispiele Visualisierung



Intuitive Bedienoberfläche

Heute sind die Visualisierungen zu sehr technisch bzw. „ingenieurlastig“.

Es bedarf klarer Sinnbilder, die die Raumfunktionen beschreiben und spielerisch den Sinn erklären.



Wohlrichende Luft



Übelriechende Luft



Intuitive Bedienoberfläche

Schüler müssen in die Raumbedienung einbezogen werden.

Es müssen intuitive Bedienelemente entwickelt werden, die einen spielerisch einen energiebewußten Umgang mit TGA ermöglichen.

Beispiele für Bedienebenen



Quelle: Raumtalk



Quelle: iPhone

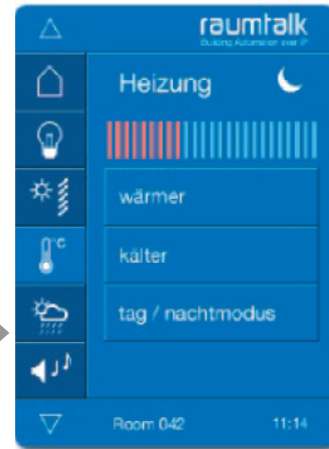


PC Technik lockt Jugendliche an die Energietechnik

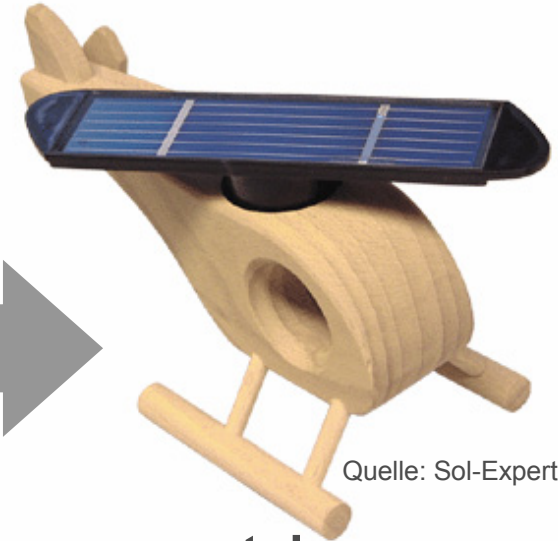
Computer haben bereits Einzug in die Kinderzimmer gehalten.
Nun gilt es das Interesse über die PCs zu der Energietechnik zu lenken.



sehen



anwenden



verstehen

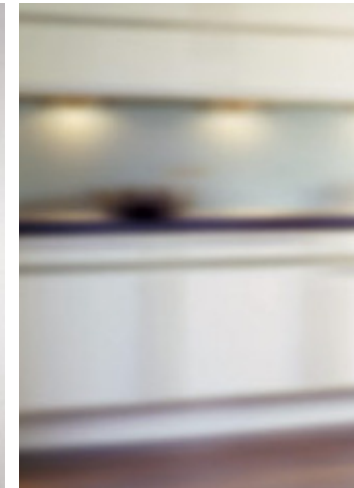


Vision - Raumbedienung und Visualisierung



Beleuchtungssteuerung - Tastsensoren in einzelnen Räumen

Jalousie- und Temperatur-Management



Wirtschaftlichkeit/Effizienz Überwachung von Verbrauchswerten

Multirooming – als zentrales Gerät und als Einzelraumsteuerung



Agenda

1. Energieverbrauch und Behaglichkeit
2. Bedienung und Visualisierung im Klassenzimmer
3. Zusammenfassung



Unnötige Spielerei oder doch sinnvoll?

Es gibt Stimmen, die alle Versuche den Unterricht in dieser Richtung zu modernisieren, als Spielerei abtun und zurück zu alten Werten und Schullehren wollen.

Fortschritt lässt sich nicht aufhalten und schon gar nicht zurück drehen. Die Schule als Institution sollte sich nicht von neuen Techniken abwenden oder verschließen.

Energiebewusstes Verhalten muss erlernt und trainiert werden.



Bildquelle: Volksschule Mautern



Bewusstsein für Energie schaffen

Schüler, die wissen was
Energie ist...

und was Energieverbrauchen
bedeutet...

schaffen sich ein
offeneres Bewusstsein,

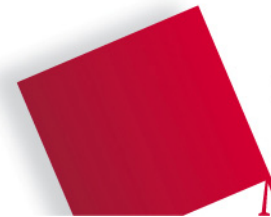


um zukünftig
unseren
Planeten anders
wahrzunehmen

angeregt durch
Visualisierung und Bedienung
im Klassenzimmer

Bildquelle: Hamelin Paperbrands





HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN · FH
MÜNCHEN

**Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

