Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences

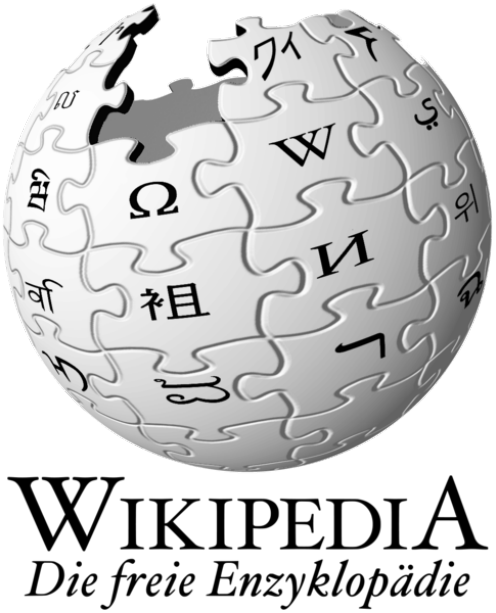
Gebäudeautomation im Schulbau

Möglichkeiten und Mehrwert

- Raumklima und Lernerfolg
- Energetisches Einsparpotential

Prof. Dr. Michael Krödel
Hochschule Rosenheim

Was ist (Gebäude-) Automation?



Quelle: wikipedia.de

Automation ist...

... die mit Hilfe von Maschinen realisierte Übertragung von Arbeit vom Menschen auf Automaten ...

Themenschwerpunkt

Raumklima und Lernerfolg

Einflüsse auf das Raumklima

Raumklima

Hygienische Faktoren

- Chemische Verunreinigungen
  - CO_2
  - VOC
  - Gerüche
- Mikrobielle Allergene und Schadstoffe
  - Bakterien
  - Viren
  - Endotoxine
  - Pilze
- Feinstaub
  - PM10
  - PM2,5

Psychologische Faktoren

- Reize
  - optisch
  - akustisch
  - olfaktorisch

Physikalische Faktoren

- Thermischer Diskomfort
- Relative Luftfeuchte
- Zugerscheinungen
- Lärm/ tief-frequenter Schall
- Beleuchtung

Relevante Richtlinien und Normen zum Raumklima

Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV):

- Mindestvorschriften an Sicherheit und Gesundheitsschutz in Arbeitsstätten.

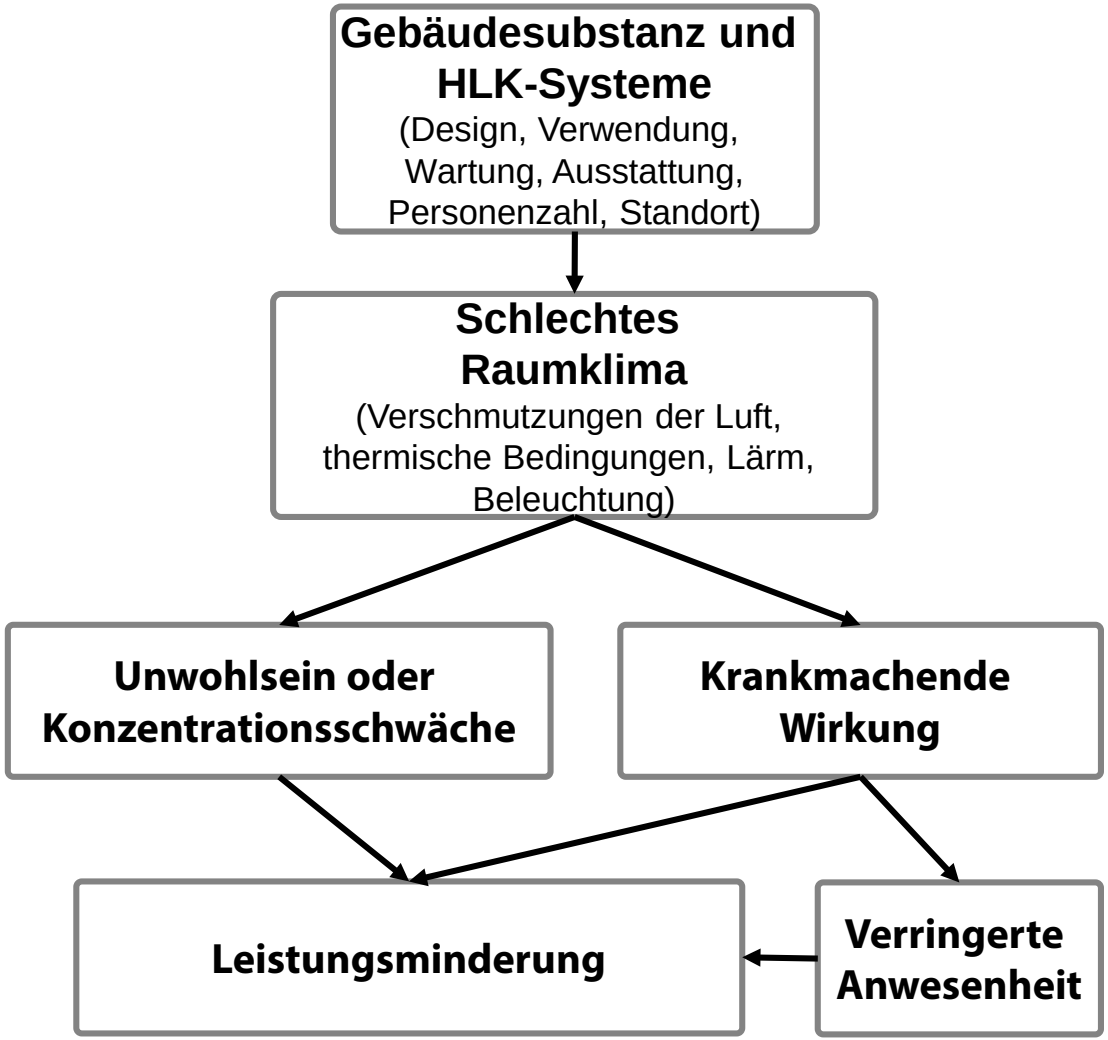
Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden (UBA):

- Informationsquelle für alle Berufsgruppen, die an der Planung, Errichtung, Renovierung und Sanierung von Schulgebäuden beteiligt sind.
- Leit- und Richtwerte für hygienische Ansprüche an die Innenraum-luftqualität (z.B. VOC-Werte, CO_2-Konzentrationen nach DIN 13779)

Kategorie	Beschreibung	CO_2-Gehalt über dem Gehalt der Außenluft [ppm]	Lüftungsrate [l/s pro Person] ; Außen-luftvolumenstrom [m³/h pro Person]
IDA 1	Hohe Raumluftqualität	≤ 400 ppm	> 15 l/s; > 54 m³/h
IDA 2	Mittlere Raumluftqualität	> 400 – 600 ppm	> 10 – 15 l/s; > 36 – 54 m³/h
IDA 3	Mäßige Raumlufqualität	> 600 – 1000 ppm	> 6 – 10 l/s; > 22 – 36 m³/h
IDA 4	Niedrige Raumluftqualität	> 1000 ppm	< 6 l/s; < 22 m³/h

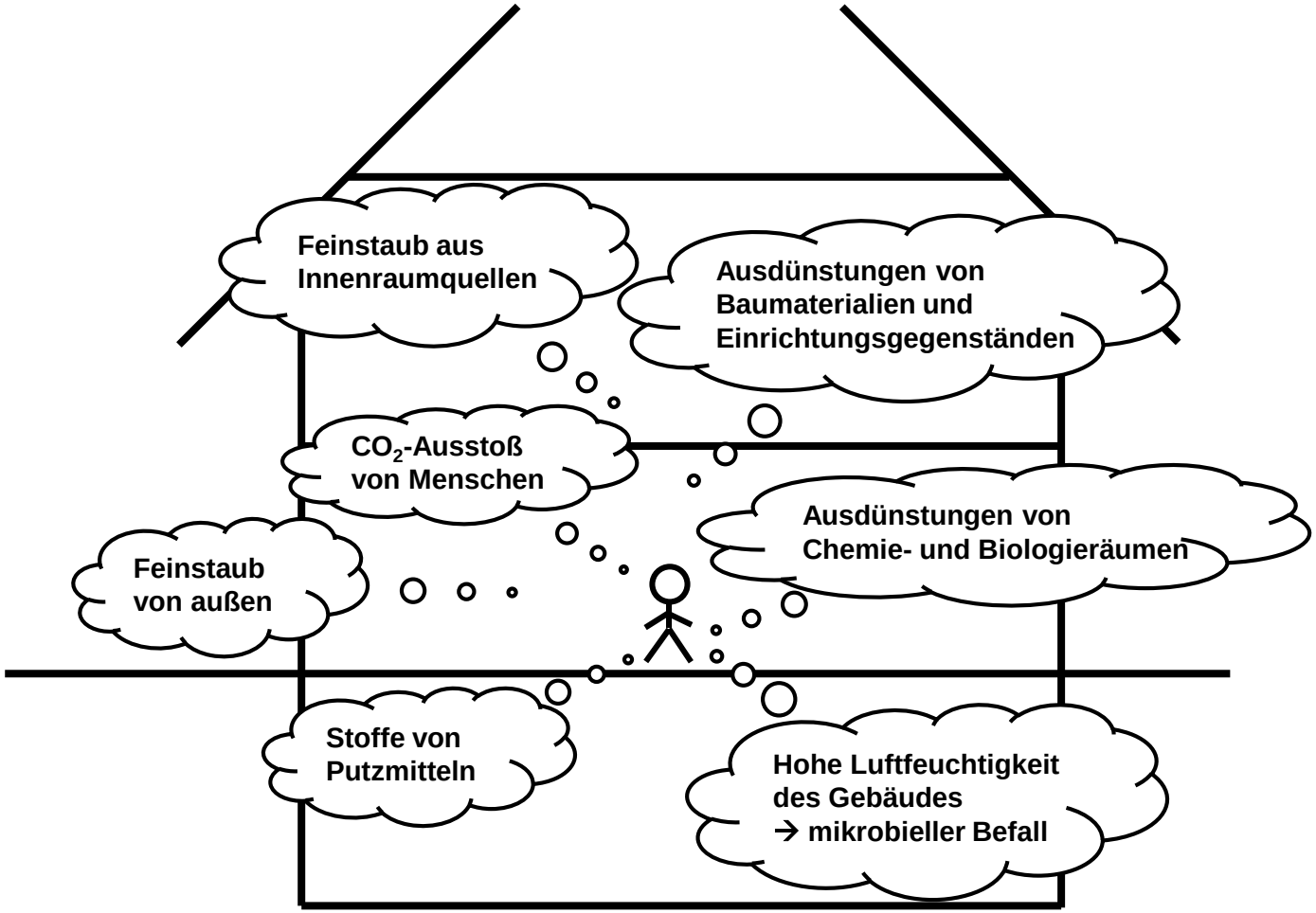
UBA: Umweltbundesamt

Ursache-Wirkung: Raumklima und Lernerfolg



Quellen von Luftverunreinigung in Schulen

Neben CO_2 und Feinstaub beeinflussen flüchtige organische Verbindungen (VOCs) wie Stickstoff oder Formaldehyd die Raumluftqualität:



Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit

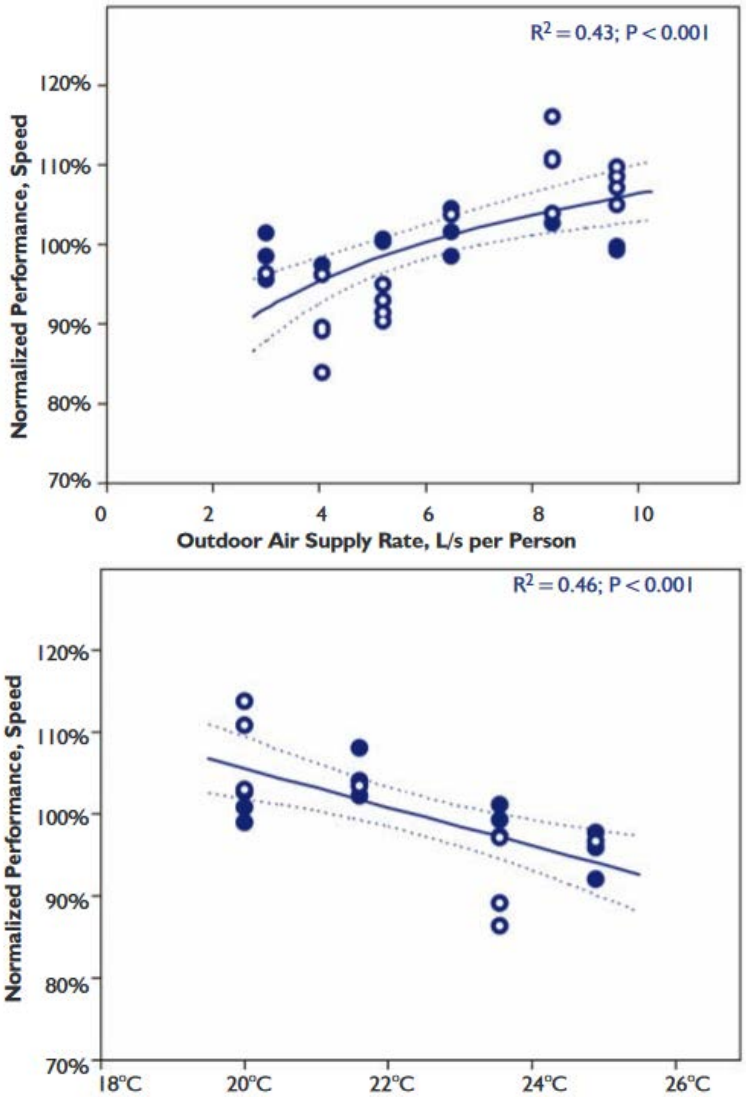
Hochschule **Rosenheim**
University of Applied Sciences

Tests zeigten eine Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit von Aufgaben:

- um 8 – 14%, bei einer Verdoppelung des Außenluftvolumenstroms

- um 5 – 15%, durch **Absenkung der Raumlufttemperatur** im Sommer *

* dies entspricht einer Steigerung von 2%-4% pro 1°C Temperatursenkung (um in den Bereich der thermischen Behaglichkeit zu gelangen)



Quelle: Pawel Wargocki

Akute Folgen schlechter Raumluft

Bereits ab CO_2-Konzentrationen von 1000 ppm zeigten sich Auswirkungen auf den **menschlichen Organismus**

- Reizungen der oberen Atemwege und Augen
- Halsschmerzen
- Kurzatmigkeit
- Beklemmungsgefühl
- Auftreten allergischer Symptome

Mit steigender CO_2-Konzentration kommt es vermehrt zu **Befindlichkeitsstörungen**

- Störungen der Auge-Hand-Koordination
- Aufmerksamkeitsstörungen
- Konzentrationsabbau
- Denkstörungen
- Antriebsstörungen
- Veränderungen des sozialen Verhaltens
- Wahrnehmungsstörungen

Langfristige Folgen schlechter Raumluft

Hochschule **Rosenheim**
University of Applied Sciences

Vermehrt Krankheitsfälle durch schlechte Raumluft:

Studien zeigten den **Zusammenhang zwischen Fehlzeiten und verringerter Leistungsfähigkeit:**

- Durch krankheitsbedingten Fehlzeiten kann der Schulstoff weder direkt verbal noch visuell übertragen werden
  → **SchülerInnen verlieren den Anschluss**

- Durch Krankheit verursachter Ausfall der Lehrperson würde wiederum den **Unterrichtsausfall für die komplette Klasse bedeuten**

Quelle: Mark J. Mendell

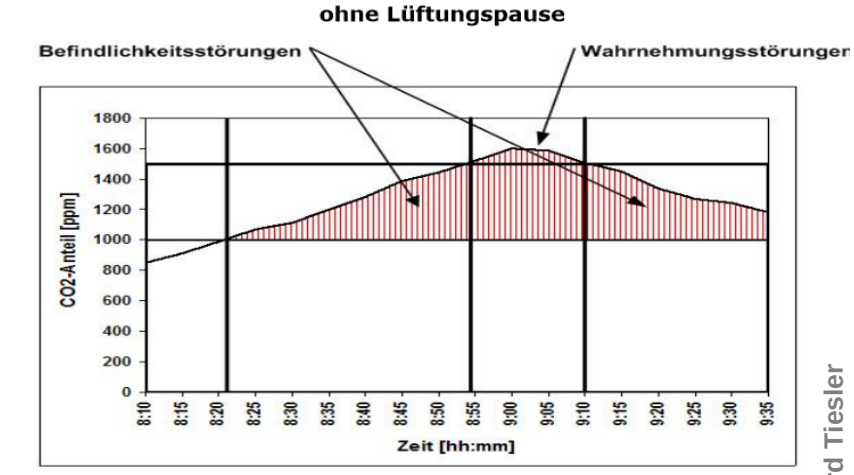
Schlechtes Raumklima kann nicht nur die Leistungsfähigkeit mindern; es kann auch zu Gesundheitsrisiken und Krankheit (Ausfall) führen

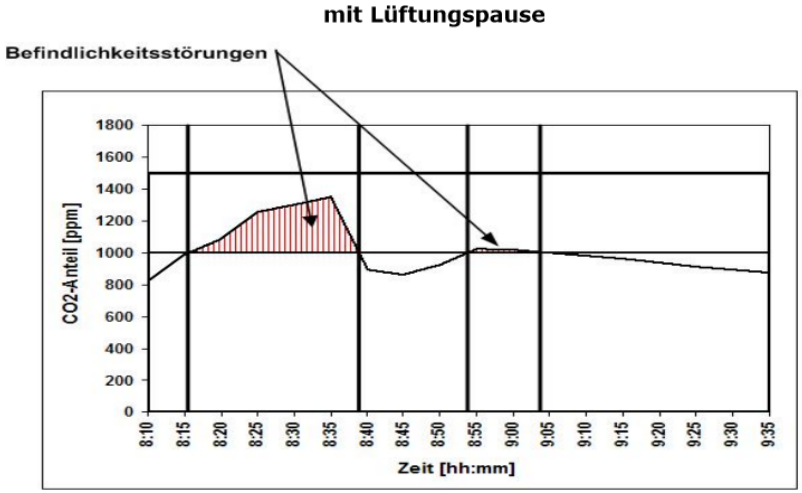
Hohe CO_2-Konzentration in Schulen ohne Lüftungsanlage

Hochschule **Rosenheim**
University of Applied Sciences

Ursachen: Zu geringe Außenluft-Volumenströme

- Luftwechsel durch Fenster, Türen und Gebäudefassade durch **„dichte“ Bauweise der Gebäude**
- Zu **geringe Lüftungsfrequenz** seitens der SchülerInnen und LehrerInnen





Quelle: Gerhard Tiesler

Lüftungsempfehlung:

- Vor- und nach der Schulstunden
- Während des Unterrichts: alle 15-20 Minuten für 2 Minuten
- Verwendung von **Lüftungsampeln** (Anzeige „rot“, „gelb“ und „grün“)
- **Optimal: Einsatz einer Lüftungsanlage**

Besserer Lernerfolg durch Raumautomation

Einzelraumregelungen gewährleistet Komfort:

- Steuerung von Heizung und Sonnenschutz gewährleisten thermische Anforderungen in Sommer und Winter
- Bedarfsgeführte Beleuchtung und Verschattung reguliert Helligkeit im Raum

Bedarfsgeführte Lüftung stellt hygienischen Anforderung sicher:

- Regelung und Steuerung von Ventilatoren und Lüftungsklappen unter Verwendung von CO_2- und Präsenzsensoren, sowie Belegungsplänen

Benutzerakzeptanz:

- Gewährleistung durch manuell einstellbare Sollwerte bzw. Bedienelemente
- Einsatz von Szenen wie z.B.: „Minimallüftung“, „Grundlüftung“, „Klassenraumbetrieb“, „Nachtlüftung“ etc.
- Kommunikation und Betreuung einplanen!

Themenschwerpunkt

Energetisches Einsparpotential durch bedarfsgeführten Betrieb

Energieeffizienz durch Automation

Integrale Energieeffizienz

► Kombination von Maßnahmen !

Verschärfung der Anforderungen durch den Gesetzgeber

► Gestaltungsfreiheit der Kombinationen durch Sie!

Vorschriften / Normen / Richtlinien zu „Gebäudeautomation“

Hochschule **Rosenheim**
University of Applied Sciences

EPBD 2010
„EU-Richtlinie“

EN 15232
Bewertung der Gebäudeautomation

Teil 11
Gebäude-automation

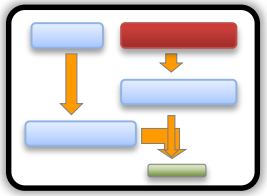
DIN V 18599
„Berechnungs-verfahren Energiebedarf“

EnEV 2014 *
Energie-Einspar-Verordnung

Energieausweis

*: auch oft als EnEV 2013 bezeichnet, da die Einführung ursprünglich für 2013 vorgesehen war

Energieeffizienz: Normen



Hochschule **Rosenheim**
University of Applied Sciences

DIN EN 15232:2012-04
EN 15232:2012 (D)

Tabelle 2 — Funktionsliste und Zuordnung zu den Klassen der GA-Energieeffizienz

			Definition der Klassen							
			Wohngebäude				Nicht-Wohngebäude			
			D	C	B	A	D	C	B	A
AUTOMATISCHE REGELUNG										
1	**REGELUNG DES HEIZBETRIEBS**									
1.1	Regelung der Übergabe									
		Die Regeleinrichtung wird auf der Übergabe- oder Raumebene installiert; im Fall 1 kann eine Einrichtung mehrere Räume regeln								
	0	Keine automatische Regelung	■				■			
	1	Zentrale automatische Regelung	■	■			■	■		
	2	Einzelraumregelung	■	■	■		■	■	■	
	3	Einzelraumregelung mit Kommunikation und bedarfsabhängiger Regelung	■	■	■	■	■	■	■	■
1.2	Regelung der Übergabe für TABS									
	0	Keine automatische Regelung	■				■			
	1	Zentrale automatische Regelung	■	■			■	■		
	2	Erweiterte zentrale automatische Regelung	■	■	■		■	■	■	
	3	Erweiterte zentrale automatische Regelung mit intermittierendem Betrieb und/oder Raumtemperatur-Rückführregelung	■	■	■	■	■	■	■	■
1.3	Regelung der Warmwassertemperatur im Verteilungsnetz (Vor- oder Rücklauf)									
		Vergleichbare Funktionen können auf die Regelung von Netzen für die elektrische Direktheizung angewendet werden								
	0	Keine automatische Regelung	■				■			
	1	Witterungsgeführte Regelung	■	■			■	■		
	2	Bedarfsabhängige Regelung	■	■	■	■	■	■	■	■
1.4	Regelung der Umwälzpumpen im Netz									
		Die geregelten Pumpen können im Netz auf unterschiedlichen Ebenen installiert werden								
	0	Keine automatische Regelung	■				■			
	1	Ein/Aus-Regelung	■	■			■	■		
	2	Mehrstufenregelung	■	■	■		■	■	■	
	3	Regelung der variablen Pumpendrehzahl	■	■	■	■	■	■	■	■
1.5	Regelung der Übergabe und/oder Verteilung bei intermittierendem Betrieb									
		Eine Regeleinrichtung kann verschiedene Räume/Zonen regeln, die die gleichen Belegungsmuster aufweisen								
	0	Keine automatische Regelung	■				■			
	1	Automatische Regelung mit feststehendem Zeitprogramm	■	■			■	■		

EN 15232

- Grundlegende Bewertung vom Einfluss der Gebäudeautomation auf die Energieeffizienz von Gebäuden
- Checkliste zur systematischen Abfrage
- Bestimmung von Energieeffizienz-Klassen von Gebäuden (A, B, C, D)
- Bestimmung von Energieeffizienz-Faktoren von Gebäuden
- ... sowie indirekt auch Ableitung und Bewertung von sinnvollen Maßnahmen

„Energieeffizienz im Gebäude durch Automation und Energiemanagement“

Gelbe Karte

Erzeugung und Verteilung von Wärme und Kälte

- Raumtemperaturregelung ohne Rückmeldung an den Erzeuger
- Temperatur für Vorlauf und Rücklauf lediglich abhängig von der Außentemperatur

Lüftung

- Regelung des Luftvolumens gemäß fester Zeitsteuerung
- Konstante Luftstrom-Erwärmung und/oder -Kühlung

Beleuchtung & Verschattung

- Lediglich automatische Abschaltung bei der Beleuchtung
- Verschattung ohne Berücksichtigung von Helligkeit / Temperatur

Automation & Energiemanagement

- Keine automatische Optimierung der Betriebsparameter der technische Gebäudeausrüstung (TGA)
- Keine automatischen Auswertungen vom Energieverbrauch

Einsparpotenziale

(siehe www.Gebäude-IQ.de/download/schnellbewertung/)

- Thermische Energie: ca. 14 % - 50 %
- Elektrische Energie: ca. 4 % - 14 %

www.Gebäude-IQ.de

Rote Karte

Erzeugung und Verteilung von Wärme und Kälte

- Keine raumindividuelle Temperaturregelung
- Feste Temperaturen für Vorlauf und Rücklauf
- Umwälzpumpen im Dauerbetrieb oder gemäß Zeitprogramm
- Keine Verriegelung zwischen Wärme- und Kälteerzeuger

Lüftung

- Keine oder manuelle Regelung des Luftvolumens, der Luftstrom-Erwärmung und/oder -Kühlung

Beleuchtung & Verschattung

- Ausschließlich manuelle Bedienung der Beleuchtung
- Ausschließlich manuelle Bedienung der Verschattung

Automation & Energiemanagement

- Keine Erfassung von Fehlermeldungen/Betriebsstörungen
- Keine automatische Erfassung vom Energieverbrauch

Einsparpotenziale

(siehe www.Gebäude-IQ.de/download/schnellbewertung/)

- Thermische Energie: ca. 33 % - 62 %
- Elektrische Energie: ca. 9 % - 21 %

Version 01 - 03/11

www.Gebäude-IQ.de

Online-Bewertung

www.igt-institut.de → Gebäude-IQ

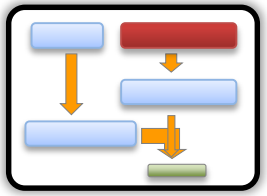
Online-Bewertung

www.igt-institut.de → Gebäude-IQ

Online-Bewertung

www.igt-institut.de → Gebäude-IQ

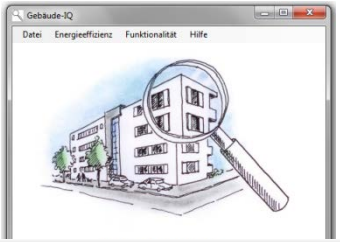
Tool „Gebäude-IQ“

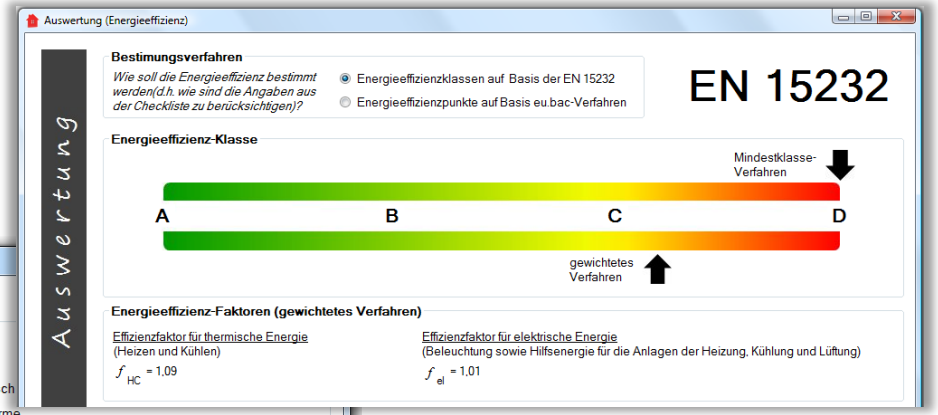


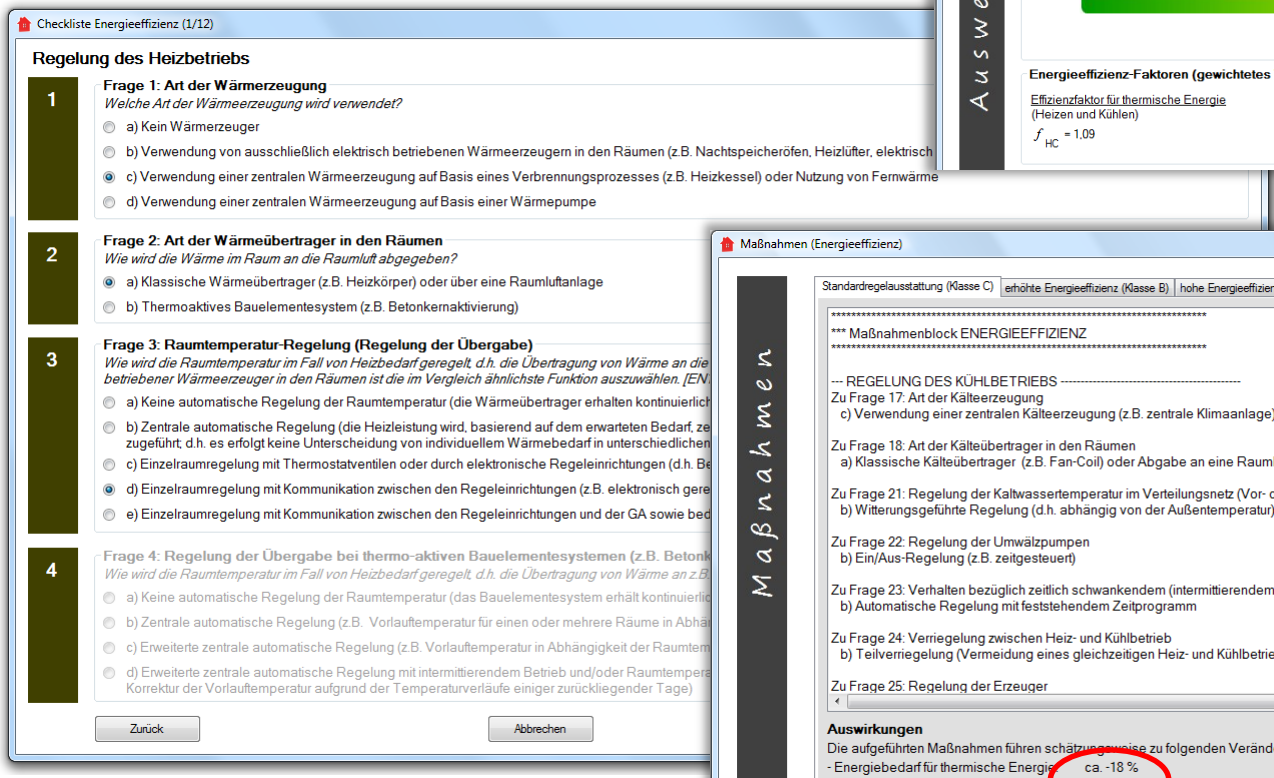
Hochschule **Rosenheim**
University of Applied Sciences

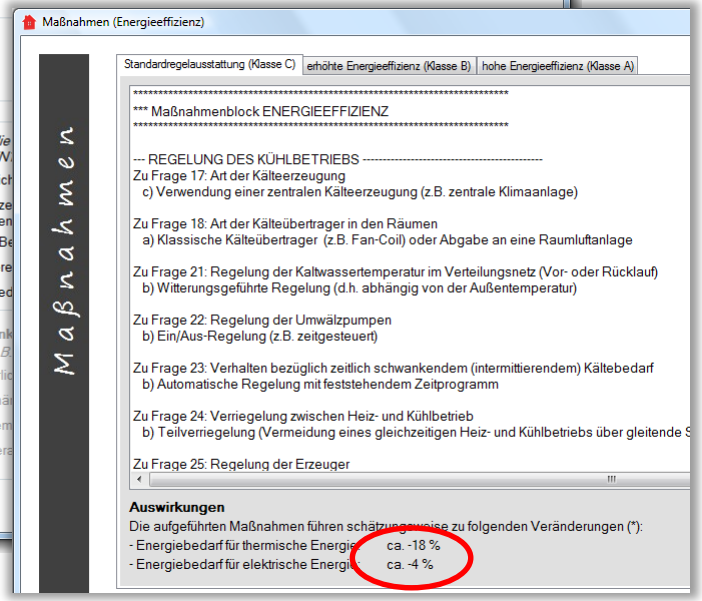
Energieeffizienz

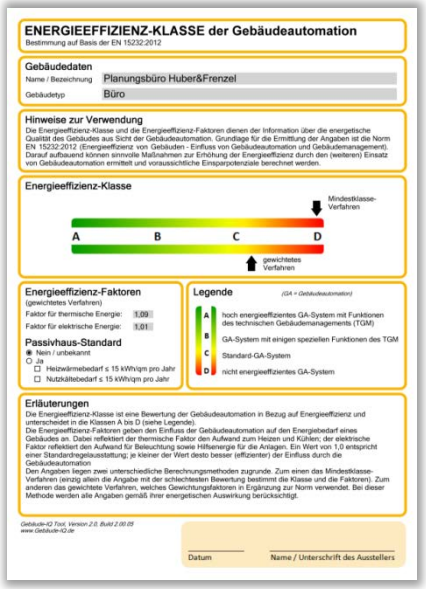
www.Gebäude-IQ.de



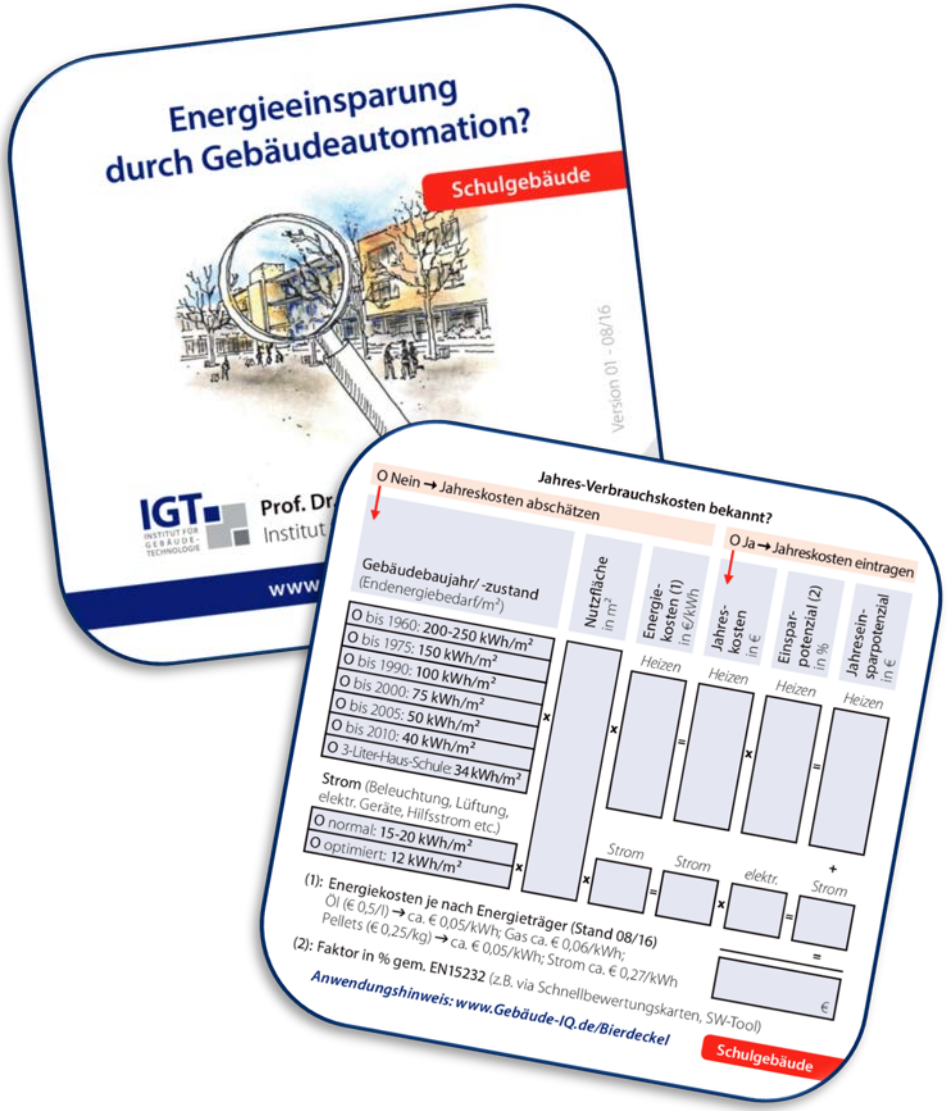








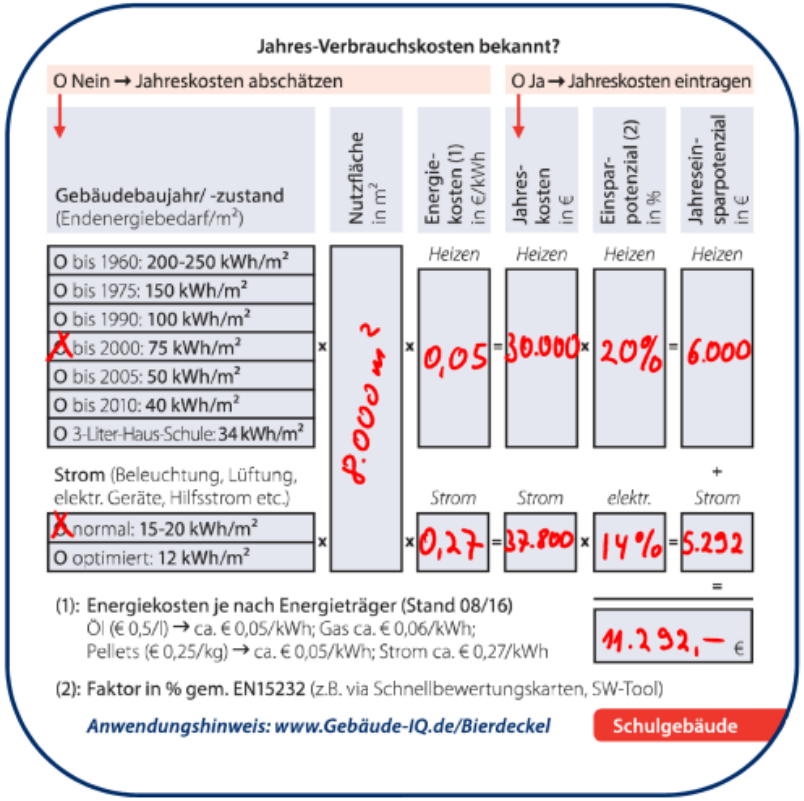
Bierdeckel



Abschätzung des Einsparpotenzials in €

(für Schulgebäude)

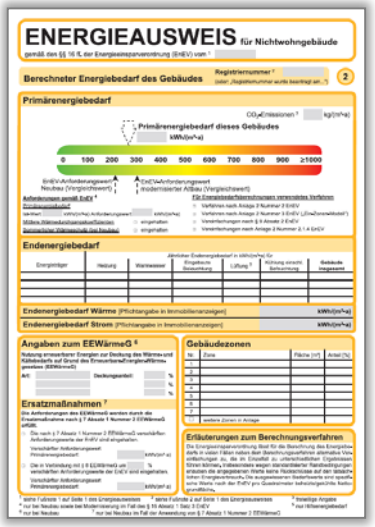
z.B.



Was ist die EnEV?

Die EnEV (Energieeinsparverordnung)

- legt die Mindestanforderungen an Gebäude hinsichtlich des energieeffizienten Betriebs fest, u.a.:
  - Obergrenzen für den **Jahres-Primärenergiebedarf**
  - Obergrenzen für Wärmeverluste (**Transmissionswärmeverluste**) durch Bauteile bzw. die gesamte Gebäudehülle
  - Mindestanforderungen an die Anlagentechnik
- gilt für **Wohngebäude** und **Nichtwohngebäude** (z.B. Bürogebäude)
- trat erstmals als EnEV 2002 als kombinierter **Nachfolger von sowohl Wärmeschutzverordnung als auch Heiz-anlagen-Verordnung** in Kraft und wurde schrittweise als EnEV 2004 und EnEV 2007 verschärft; bis 4/2014 gilt die EnEV 2009
- ist die **Basis für die Erstellung des Energieausweises** und gibt die Berechnungsmethode vor



Quelle: EnEV 2014

Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences

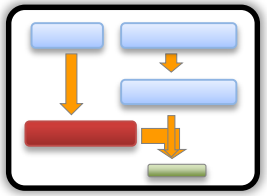
Auszug aus Anforderungen für Nichtwohngebäude

2.2	Regelung der Beleuchtung	Präsenzkontrolle: - in Zonen der Nutzungen 4, 15 bis 19, 21 und 31** mit Präsenzmelder - im Übrigen: manuell Konstantlichtkontrolle/tageslichtabhängige Kontrolle - in Zonen der Nutzungen 5, 9, 10, 14, 22.1 bis 22.3, 29, 37 bis 40**: - Konstantlichtkontrolle gemäß DIN V 18599-4: 2011-12 Abschnitt 5.4.6 - in Zonen der Nutzungen 1 bis 4, 8, 12, 28, 31 und 36**: tageslichtabhängige Kontrolle, Kontrollart „gedimmt, nicht ausschaltend“ gemäß DIN V 18599-4: 2011-12 Abschnitt 5.5.4 (einschließlich Konstantlichtkontrolle) - im Übrigen: manuell

...

8	Gebäudeautomation	- Summand $\Delta\theta_{EMS}$: gemäß Klasse C - Faktor adaptiver Betrieb f_{adapt}: Klasse C jeweils nach DIN V 18599-11: 2011-12

EnEV: Gewerke der Gebäudeautomation



Hochschule **Rosenheim**
University of Applied Sciences

Auszüge aus einer aktuellen Studie (Stand März 2016)

- Einfluss der Automation auf den berechneten Jahresprimärenergiebedarf („Position des Pfeils auf dem Energieausweis) für ein Nichtwohngebäude
  → bis zu ca. 20%

- Kerntreiber des Einsparpotenzials durch Automation:
  - Einzelraum-Temperaturregelung
  - Beleuchtungsregelung (Berücksichtigung von Präsenz und Tageslichteinfall)

- Berücksichtigung der Fragen zur Automation von den einigen Firmen größtenteils umgesetzt
  - EVEBI (ENVISYS GmbH & Co. KG): ca. 55%
  - IBP:18599 (Heilmann Software IT GmbH): ca. 55%
  - ZUB-Helena (ZUB Systems): ca. 60%
  - Energieplaner (BKI): ca. 60%
  - Energieeffizienz-Gebäude (Solar Computer GmbH): ca. 55%

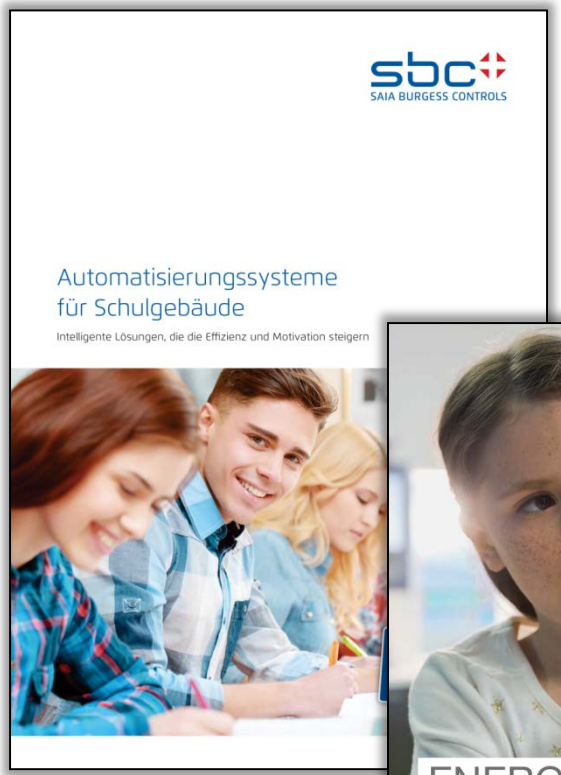
www.igt-institut.de/enev/

Fazit

Zusammenfassung

- Ein direkter Einfluss vom Raumklima auf das Leistungsniveau von Schülern und Lehrpersonal ist nachweisbar (direkt bzw. indirekt über die Anwesenheitsquote)!
- Eine ganzheitlich wirkende Raumautomation (Lüftung, Heizung, Verschattung) verbessert die Rahmenbedingungen für den Lernerfolg!
- Mit der EnEV 2014 wird die Gebäudeautomation verbindlicher Bestandteil der energetischen Bewertung des Gebäudes.
- Die EN15232 ermöglicht über einfache Checklisten die Ermittlung des energetischen Einsparpotenzials durch Gebäudeautomation – und damit der Amortisationsabschätzung der Investitionskosten.
- Akzeptanz von Automation sicherstellen (Bedienkonzepte; nutzerorientierte Planung; Kommunikationskonzepte)

Weiteres Informationsmaterial



Kontakt

Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences

Energie- und Gebäudetechnologie
Prof. Dr.-Ing
Michael Krödel

- **Hochschule für angewandte Wissenschaften**
  Fachhochschule Rosenheim
  Hochschulstraße 1
  83024 Rosenheim
  Telefon +49 8031 805-2418
  Mobil +49 176 431 48444
  E-Mail michael.kroedel@fh-rosenheim.de