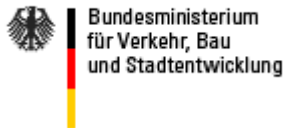


TGA-Systeme im Schulbau

TGA-Systeme im Schulbau



„Deutschlandweit gibt es etwa 40.000 Schulen, ungefähr 48.000 Kindergärten, Kindertagesstätten und Krippen sowie mehrere zehntausend (Schul-)Turnhallen. **Über die Hälfte dieser ca. 150.000 Gebäude ist dringend energetisch sanierungsbedürftig.** Dadurch wird teure Energie verschwendet. Dies betrifft vor allem Schulen der 60er und 70er Jahre, ähnliches gilt für Kindertagesstätten und Jugendfreizeitheime.“

Quelle: http://www.bmvbs.de/Stadtentwicklung_-Wohnen/Stadtentwicklung/Programme-,1548.1043159/Investitionspakt-zur-energetis.htm; 30.04.2009

TGA-Systeme im Schulbau

„Sanierungsdruck“

DIN EN V 18599
DIN EN 13779
DIN EN 15251

steigende
Energiekosten

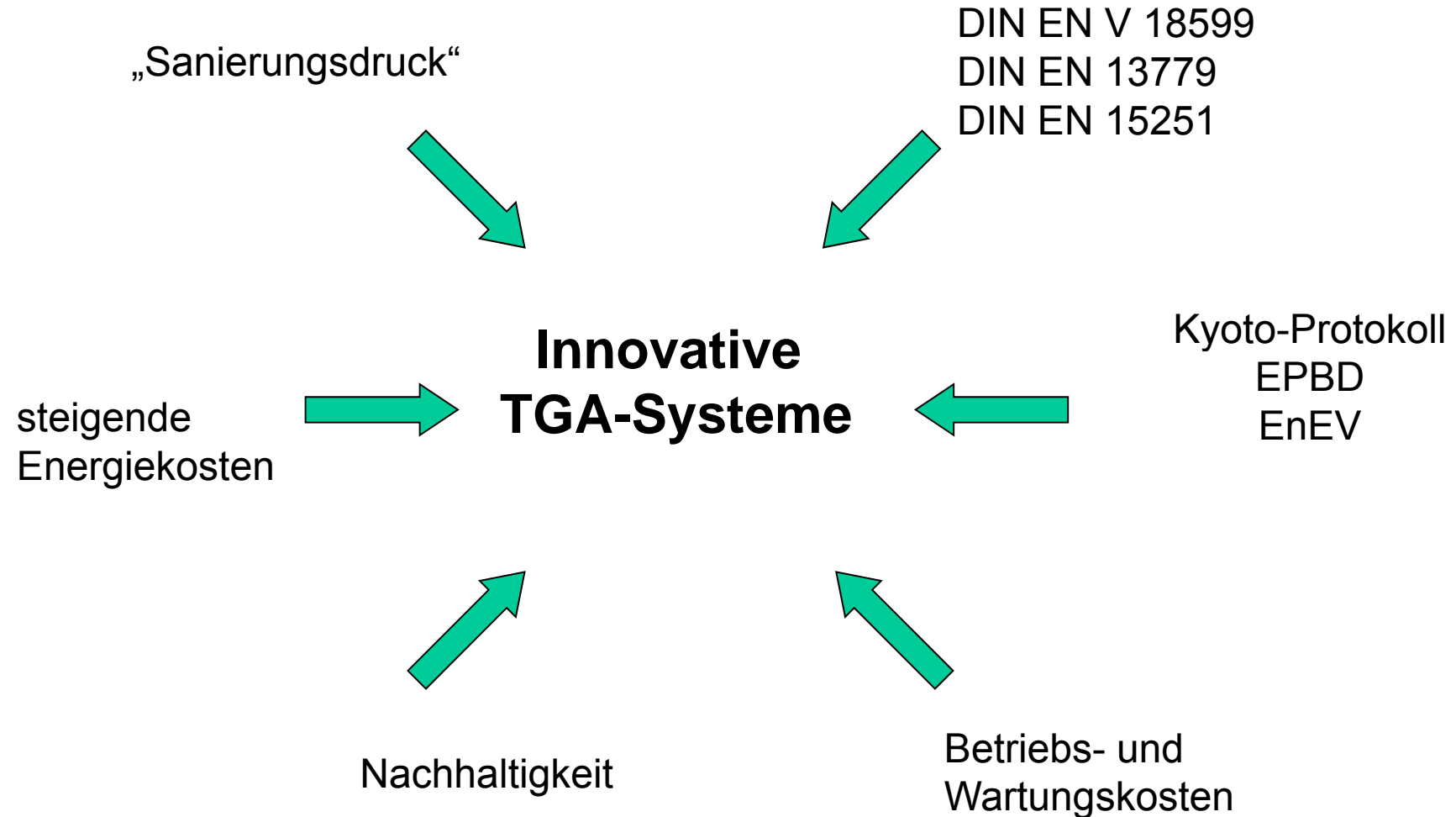


Kyoto-Protokoll
EPBD
EnEV

Nachhaltigkeit

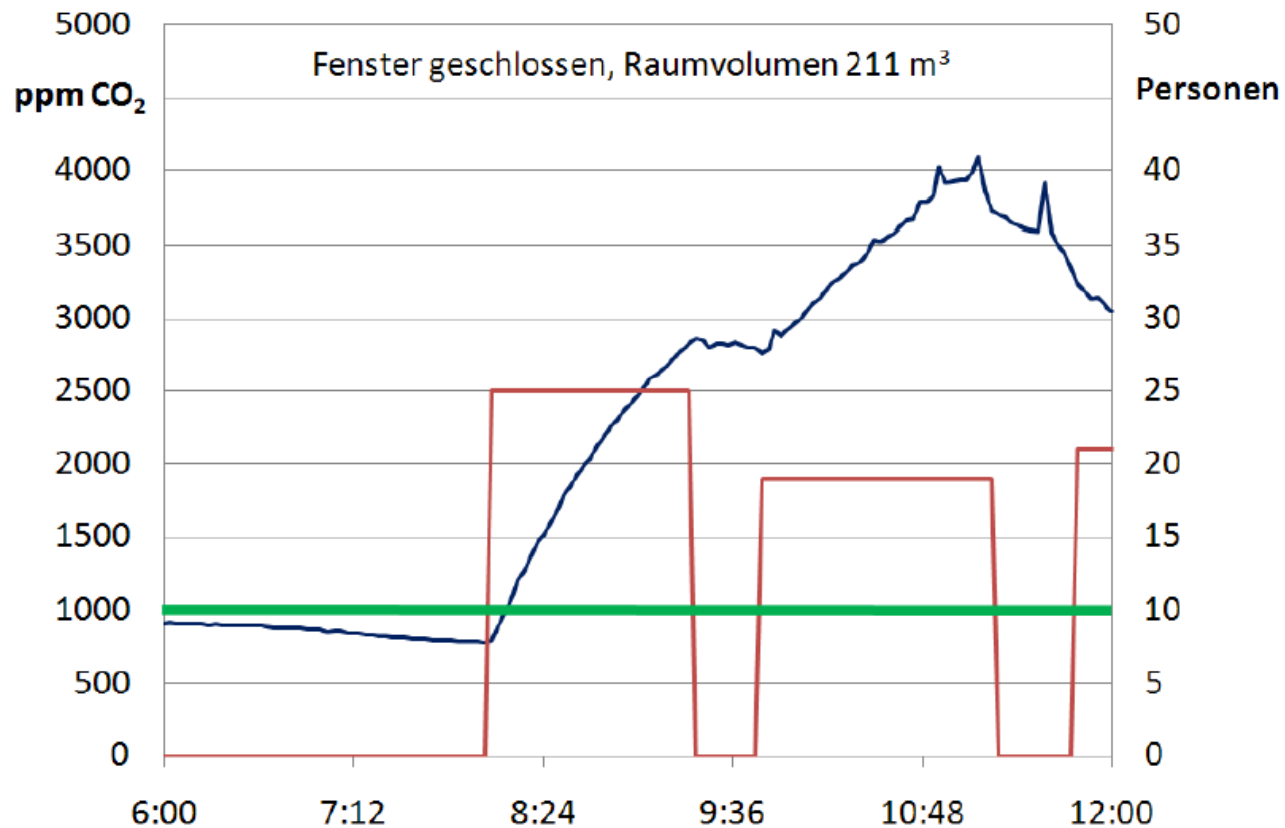
Betriebs- und
Wartungskosten

TGA-Systeme im Schulbau



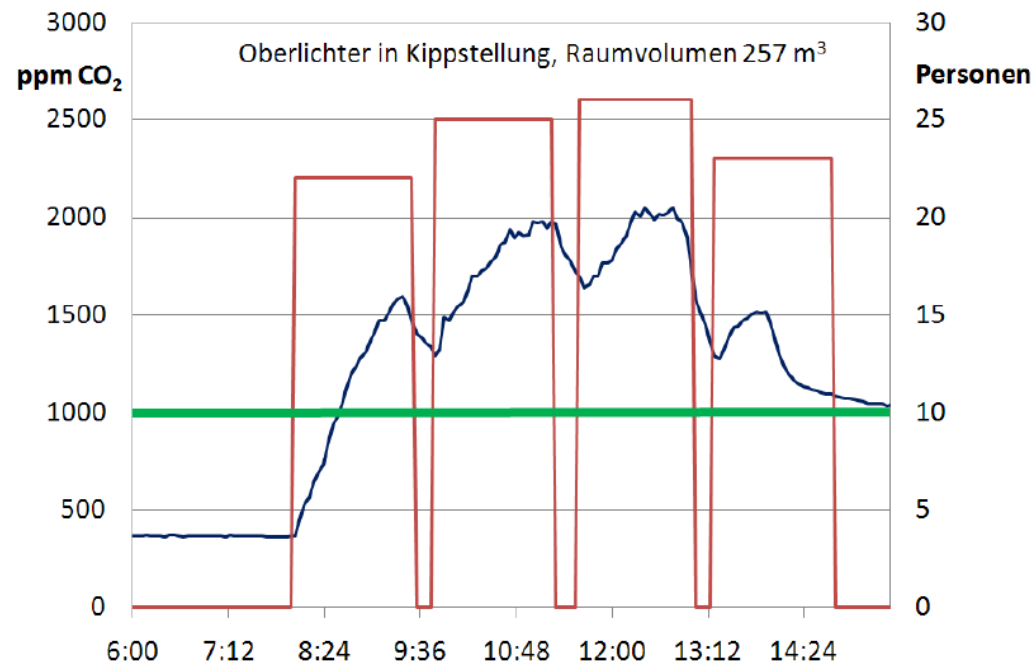
TGA-Systeme im Schulbau

Entwicklung der CO₂-Konzentration in Schulräumen, bei unzureichender Belüftung:



TGA-Systeme im Schulbau

Einfluss einer ‚kontrollierten‘ Fensterlüftung auf die Luftqualität in Schulräumen:



Ergebnis: Beeinflussung ist möglich, aber eine kontrollierte Raumluftqualität im Rahmen der Vorgaben ist **nicht** möglich.

TGA-Systeme im Schulbau

Bei der Sanierung, wie auch beim Neubau von Schulgebäuden, sind grundsätzlich folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

Die einzelnen Gewerke:

- Heizung
- Kühlung
- Lüftung
- Innenausbau / Akustik
- Gebäudehülle



greifen ineinander über und beeinflussen sich gegenseitig. **Planung und oder Sanierung nur einzelner Gewerke, ohne deren Einfluss auf andere Gewerke zu beachten, führt zu erhöhtem Energieverbrauch, höheren Betriebskosten und Diskomfort.**

TGA-Systeme im Schulbau

Bei der Sanierung, wie auch beim Neubau von Schulgebäuden, sind grundsätzlich folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

Die TGA-Systeme, die Gebäudehülle und die Inneneinrichtung sind in Schulen unter der Beachtung folgender technischer Vorgaben zu planen und auszuführen:

Alle Heiz- und Kühlsysteme sind auf der Basis ***nur geringer Vorlaufüber- oder Vorlaufuntertemperaturen*** zu planen, um neben grundsätzlich energetisch sinnvollen Standardsystemen wie der Brennwerttechnik, auch Wärmepumpen, solarthermische und geothermische Systeme nutzen zu können.

TGA-Systeme im Schulbau

Bei der Sanierung, wie auch beim Neubau von Schulgebäuden, sind grundsätzlich folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

Die TGA-Systeme, die Gebäudehülle und die Inneneinrichtung sind in Schulen unter der Beachtung folgender technischer Vorgaben zu planen und auszuführen:

Die in den Schulklassen eingesetzten Heiz- und Kühlsysteme sollten unter der vorherigen Maßgabe vorzugsweise als flächige Systeme ausgeführt werden. Dazu zählen im Sanierungsfall, mit nur Heizungsanforderung, vorzugsweise die Fußbodenheizung, oder alternativ großflächige Heizkörper.

In Fällen mit Heiz- und Kühlanforderungen sollten ausschließlich Klimadeckensysteme eingesetzt werden.

TGA-Systeme im Schulbau

Bei der Sanierung, wie auch beim Neubau von Schulgebäuden, sind grundsätzlich folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

Die TGA-Systeme, die Gebäudehülle und die Inneneinrichtung sind in Schulen unter der Beachtung folgender technischer Vorgaben zu planen und auszuführen:

Die für die bereits gemachten Vorgaben optimal geeigneten Klimadeckensysteme, **müssen mit entsprechendem akustischen Absorptionsvermögen ausgestattet sein**, um die in den Schulklassen benötigten akustischen Raumbedingungen zu ermöglichen.

TGA-Systeme im Schulbau

Bei der Sanierung, wie auch beim Neubau von Schulgebäuden, sind grundsätzlich folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

Die TGA-Systeme, die Gebäudehülle und die Inneneinrichtung sind in Schulen unter der Beachtung folgender technischer Vorgaben zu planen und auszuführen:

Im Sanierungsfall sollte mit der Zielsetzung die jeweils gültigen U-Werten zu erreichen (EnEV), in keinem Fall die Abdeckung der benötigten **Außenluftvolumenströme** vergessen werden. Dabei sind zwingend **Wärmerückgewinnungssysteme** vorzusehen. Aus Investitions- und Wartungsgründen sollten dabei die Varianten: **zentral**, **hybrid** und **dezentral** für den jeweiligen Sanierungsfall überprüft werden.



Aus den zuvor gemachten technischen Vorgaben ergeben sich folgende Lösungsvorschläge für den Sanierungsfall von Schulen, die die komplexe Verzahnung berücksichtigen:

1) Wärme- und oder Kälteerzeugung / Energieumwandlung

- Brennwertgeräte **Heizung**
- BHKW's **Heizung**
- Wärmepumpe **Heizung** und **Kühlung**
- Erdwärmesonden- und Erdwärmekollektoranlagen **Kühlung**
- (adiabater Wäscher/ Rückkühlwerke)* **Kühlung**

*Wasserhygiene muss beachtet werden!



1) Wärme- und oder Kälteerzeugung

Grundsätzlich ergeben sich bei den z.B. nach der EnEV zu berücksichtigenden U-Werten, deutlich reduzierte Heizleistungen.

(Achtung: Dimensionierung der Heizungsanlage)

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die inneren Lasten (Schüler, Beleuchtung, DV,...) in den winterlichen Betriebszeiten die Transmissionswärmeverlust deutlich übersteigen, wodurch sich „überschüssige“ Wärme ergibt.

„Tabelle 1
Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten
bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^\circ\text{C}$ mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^\circ\text{C}$ Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} ¹⁾	
			3	4
1	Außenwände	Nr. 1 a bis d	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
2a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren	Nr. 2 a und b	1,30 W/(m ² ·K) ²⁾	1,90 W/(m ² ·K) ²⁾
2b	Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,40 W/(m ² ·K) ²⁾	1,90 W/(m ² ·K) ²⁾
2c	Verglasungen	Nr. 2 c	1,10 W/(m ² ·K) ³⁾	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nr. 6 Satz 1	1,50 W/(m ² ·K) ⁴⁾	1,90 W/(m ² ·K) ⁴⁾
2e	Glasdächer	Nr. 2a und c	2,00 W/(m ² ·K) ³⁾	2,70 W/(m ² ·K) ³⁾
3a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2 a und b	2,00 W/(m ² ·K) ²⁾	2,80 W/(m ² ·K) ²⁾
3b	Sonderverglasungen	Nr. 2 c	1,60 W/(m ² ·K) ³⁾	keine Anforderung
3c	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nr. 6 Satz 2	2,30 W/(m ² ·K) ⁴⁾	3,00 W/(m ² ·K) ⁴⁾
4a	Decken, Dächer und Dachschrägen	Nr. 4.1	0,24 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)
4b	Flachdächer	Nr. 4.2	0,20 W/(m ² ·K)	0,35 W/(m ² ·K)

TGA-Systeme im Schulbau



2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

Die Heiz- und Kühlsystem in Schulklassen sollten möglichst wartungsarm, bzw. wartungsfrei sein. Darüber hinaus sollten sie möglichst keine Eingriffsmöglichkeiten durch die Schüler besitzen und vor mutwilliger, oder zufälliger Beschädigung geschützt sein.

Auch vor dem Hintergrund der anschließend beschriebenen akustischen Bedürfnisse sind daher folgende Systeme zu bevorzugen.

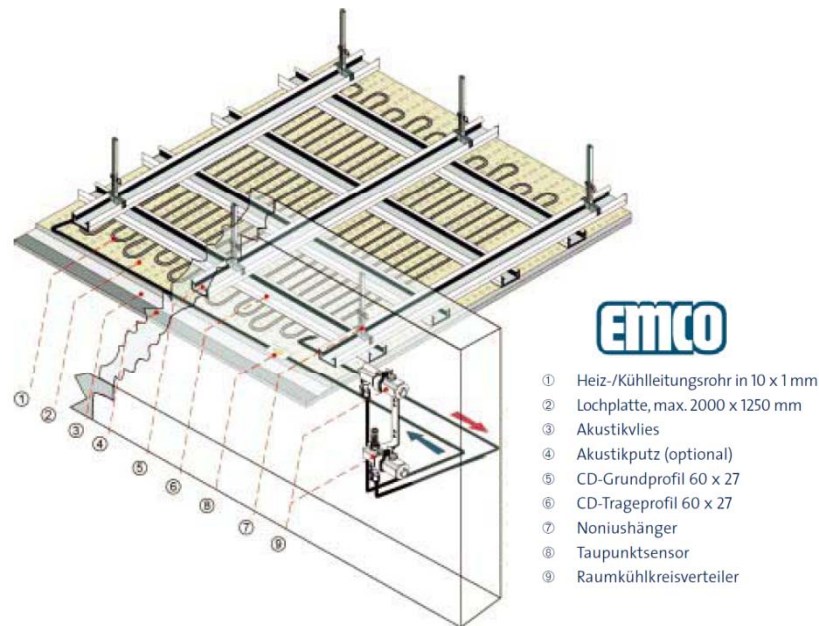


2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

System:	Betriebsparameter:	Eigenschaften:
Klimadecken	<p>Heizfall: $T_{\text{Vorlauf}} \sim 27^{\circ}\text{C}$</p> <p>Kühlfall: $T_{\text{Vorlauf}} \sim 16^{\circ}\text{C}$</p> <p>Anschluss an: -geothermische Anlage -Rückkühlwerk</p>	<ul style="list-style-type: none"> - in Kombination mit einer Wärmepumpe wird ein hoher COP erreicht - je nach Ausführung gute bis sehr gute akustische Eigenschaften - wartungsfrei - lautlos - keine Zugriffsmöglichkeiten durch die Schüler - Kühlung im Sommer durch geothermische Anlage, bei minimalen Betriebskosten - maximaler thermischer Komfort - Energieeinsparpotential im Winter durch Absenkung der Raumtemperatur, bei gleichem thermischen Komfort - einfache Nachrüstungsmöglichkeit, auch während des Schulbetriebes - ausreichende Kühl- und Heizleistungen für alle üblichen Lastfälle in Schulen



2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen



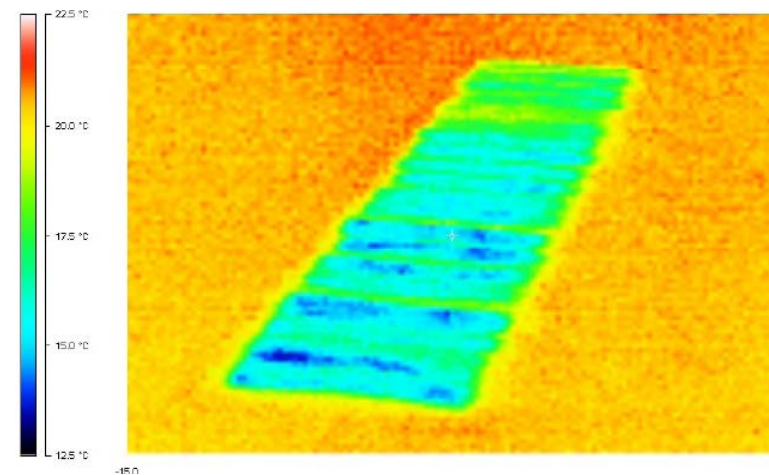
Kühldeckensysteme können in Gipskarton, oder Metalldeckensysteme integriert werden. Dabei sind diese Systeme in nahezu alle Klassen nachrüstbar. Die Kühldeckensysteme selbst bauen nur wenige Zentimeter auf, wodurch kaum Raumhöhe verloren geht.

Die Anbindung an das Warm- und Kaltwassersystem der Kühldecke geschieht z.B. im Deckenbereich des Flures, in dem in einem abgekofferten Bereich die Wasserversorgungsleitungen installiert werden können.



2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

neue Ansätze aus der F&E:





2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

neue Ansätze aus der F&E:





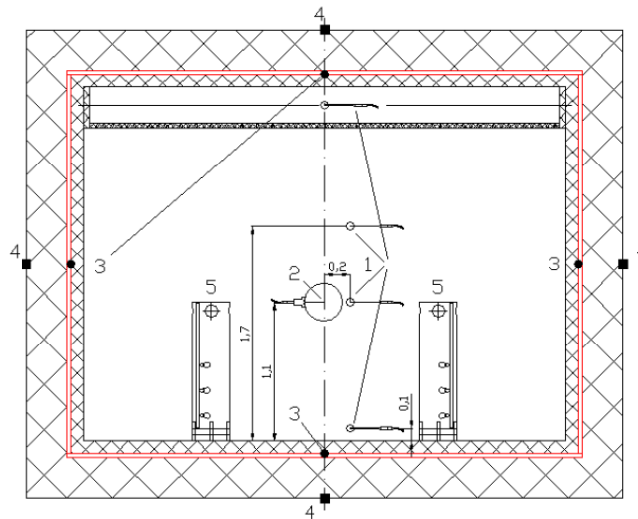
2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

neue Ansätze aus der F&E:

Fachhochschule
Münster University of
Applied Sciences

SGL GROUP
THE CARBON COMPANY

EMCO



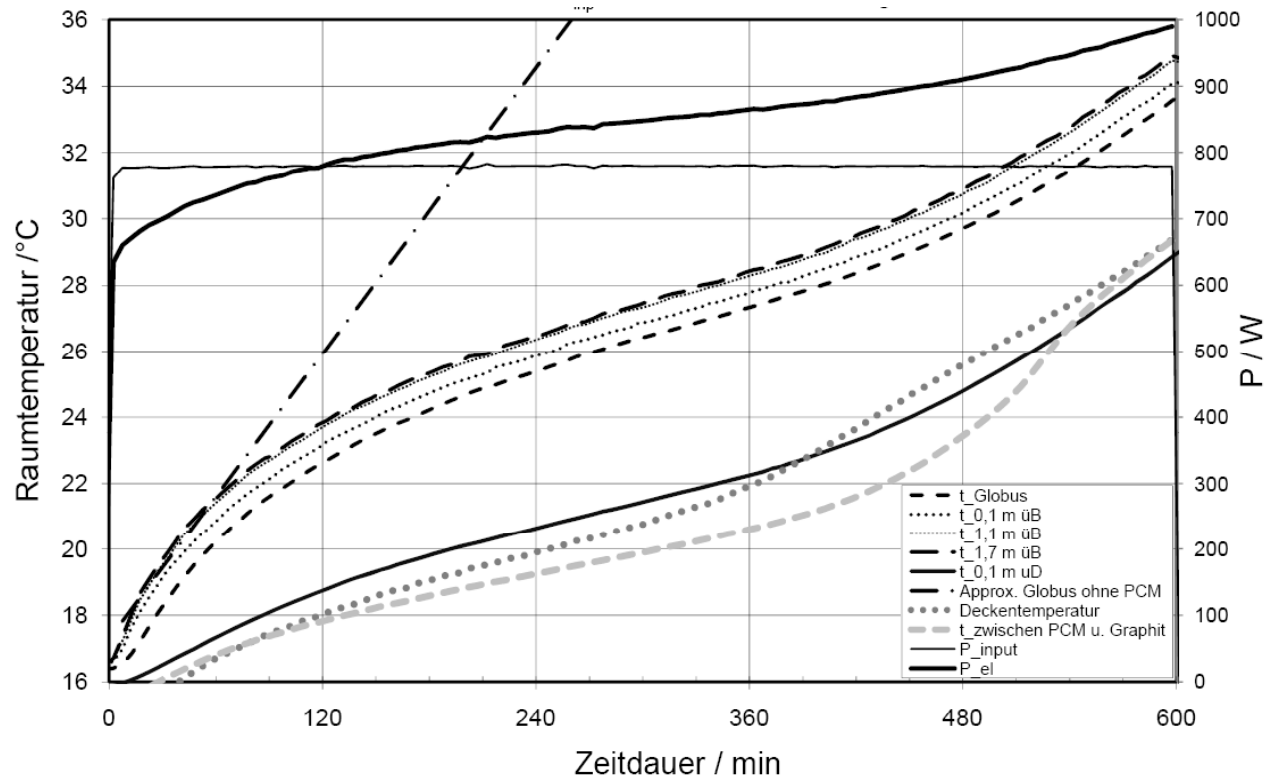
- 1 Lufttemperatur
- 2 Globetemperatur (Referenztemperatur)
- 3 Innenwandtemperatur (Wandzentrenfühler)
- 4 Außenwandtemperatur (Wandpositionsfühler)
- 5 Dummies (Simulatoren)





2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

neue Ansätze aus der F&E:



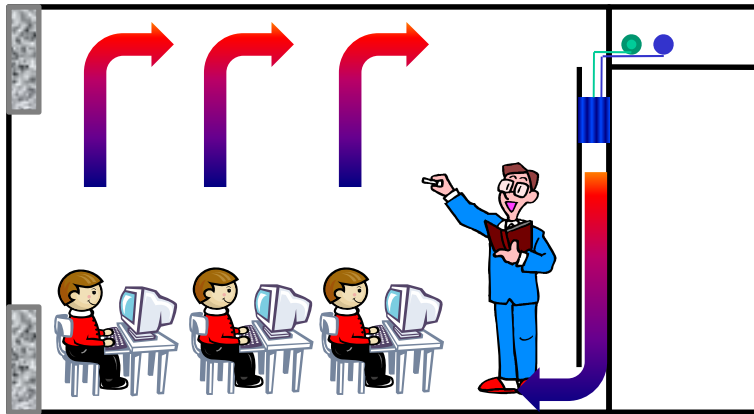


2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

System:	Betriebsparameter:	Eigenschaften:
Schwerkraftkühlsysteme	<p>Heizfall: $T_{\text{Vorlauf}} \sim 40^{\circ}\text{C}$ (wahlweise auch höher)</p> <p>Kühlfall: $T_{\text{Vorlauf}} \sim 16^{\circ}\text{C}$ (wahlweise auch niedriger)</p> <p>Anschluss an: -geothermische Anlage -Rückkühlwerk</p>	<ul style="list-style-type: none"> - wartungsfrei - lautlos - keine Zugriffsmöglichkeiten durch die Schüler - Kühlung im Sommer durch geothermische Anlage, bei minimalen Betriebskosten - hoher thermischer Komfort - maximale Kühl- und Heizleistungen auch für alle thermisch hoch belasteten Räumen mit hoher Personen- und Computerbelegung - keine Kondensationsproblem durch gezielte Erfassung des Kondensats unter Extremsituationen. Dadurch wird der Einsatz auch in Verbindung mit freier Lüftung möglich.



2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen



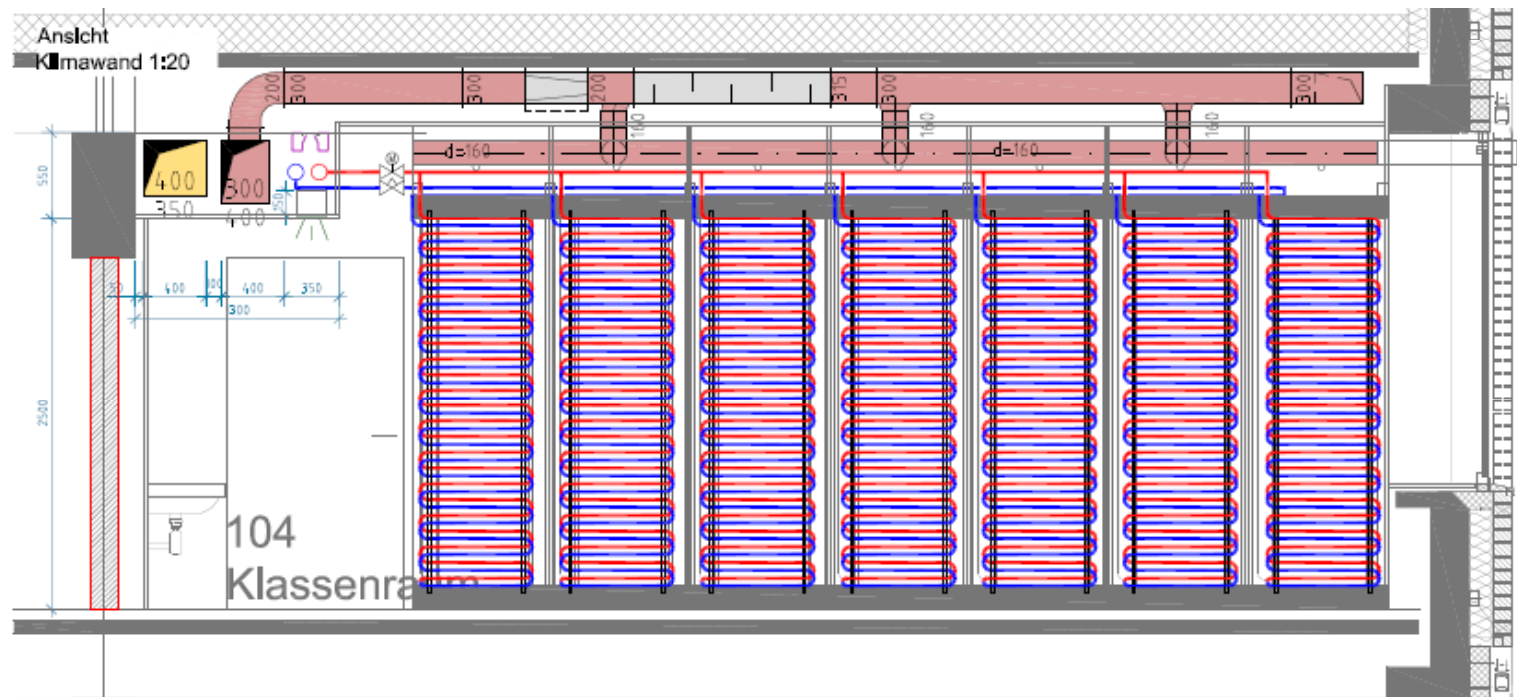
Schwerkraftkühlsysteme bedienen sich des natürlichen Dichteunterschiedes von warmer und kalter Luft, als Antriebsmotor für eine Konvektordurchströmung. Dabei wird die Warmluft durch eine Fallströmung aus dem Deckenbereich der Klasse abgesaugt, lautlos gekühlt und als gekühlte Umluft (Sekundärluft) dem Klassenraum wieder zugeführt.

Durch diesen rein konvektiv angetriebenen Kühlprozess werden ohne zusätzlichen Antrieb die Wärmeströme des Raumes erfasst und abgeführt. Mit zunehmender Wärmemenge im Klassenraum wird der Prozess stärker angeregt, wodurch Wärmestromdichten bis über 150 W/m^2 abgeführt werden können. Für den Heizfall im Winter können im Fallschacht einige zusätzliche Konvektoren im unteren Bereich des Fallschachtes zur Nutzung des natürlichen Kamineffektes auf die gleiche Art und Weise zur Beheizung eingesetzt werden.



2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

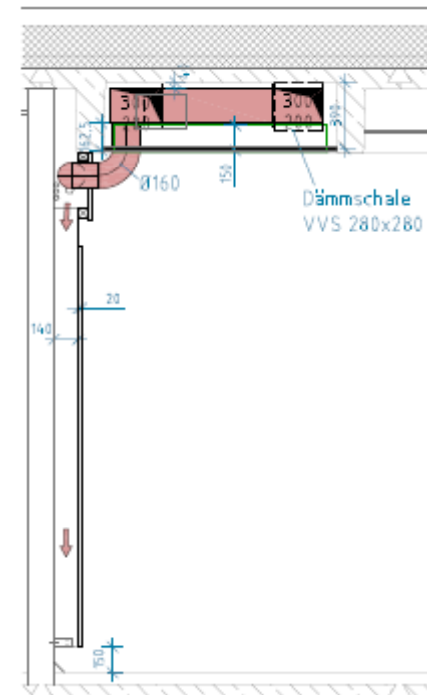
Ausführungs- /Sanierungsbeispiel:





2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

Ausführungs- /Sanierungsbeispiel:





2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

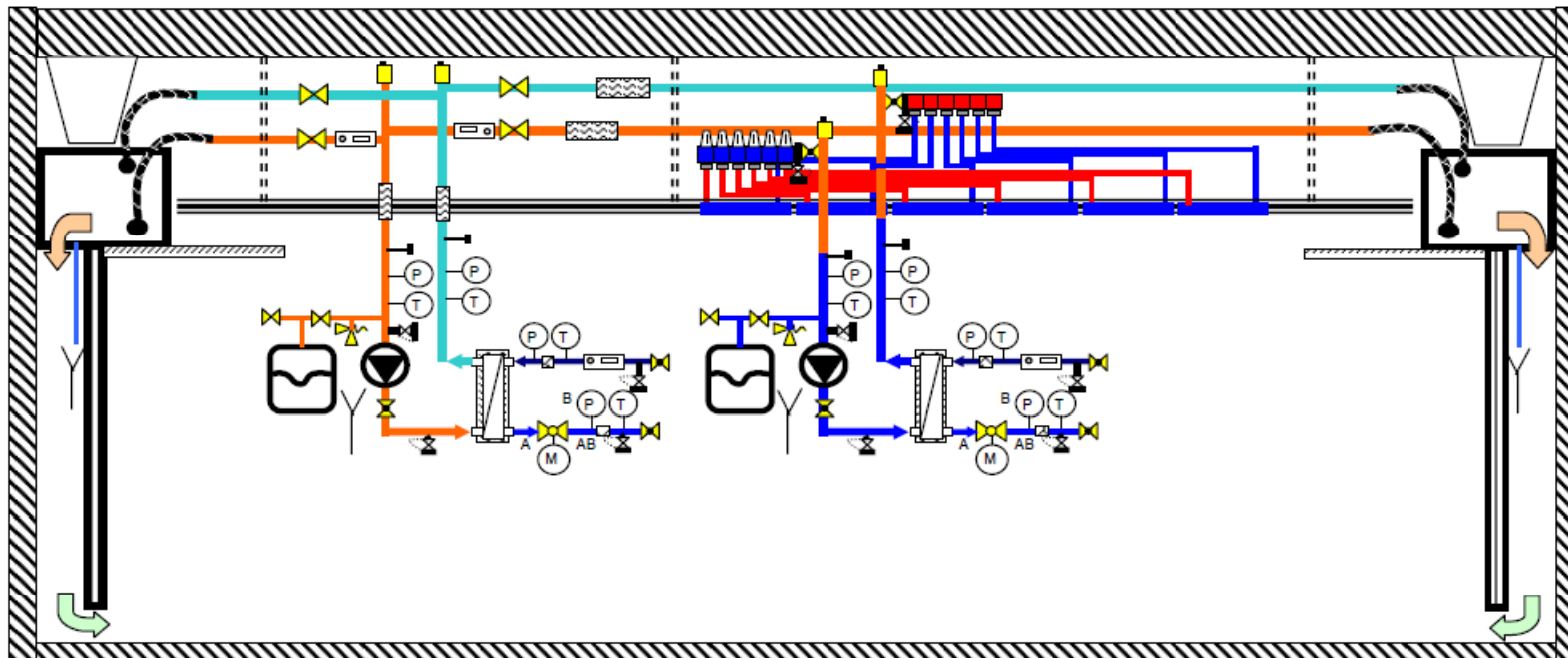
Ausführungsbeispiel:





2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

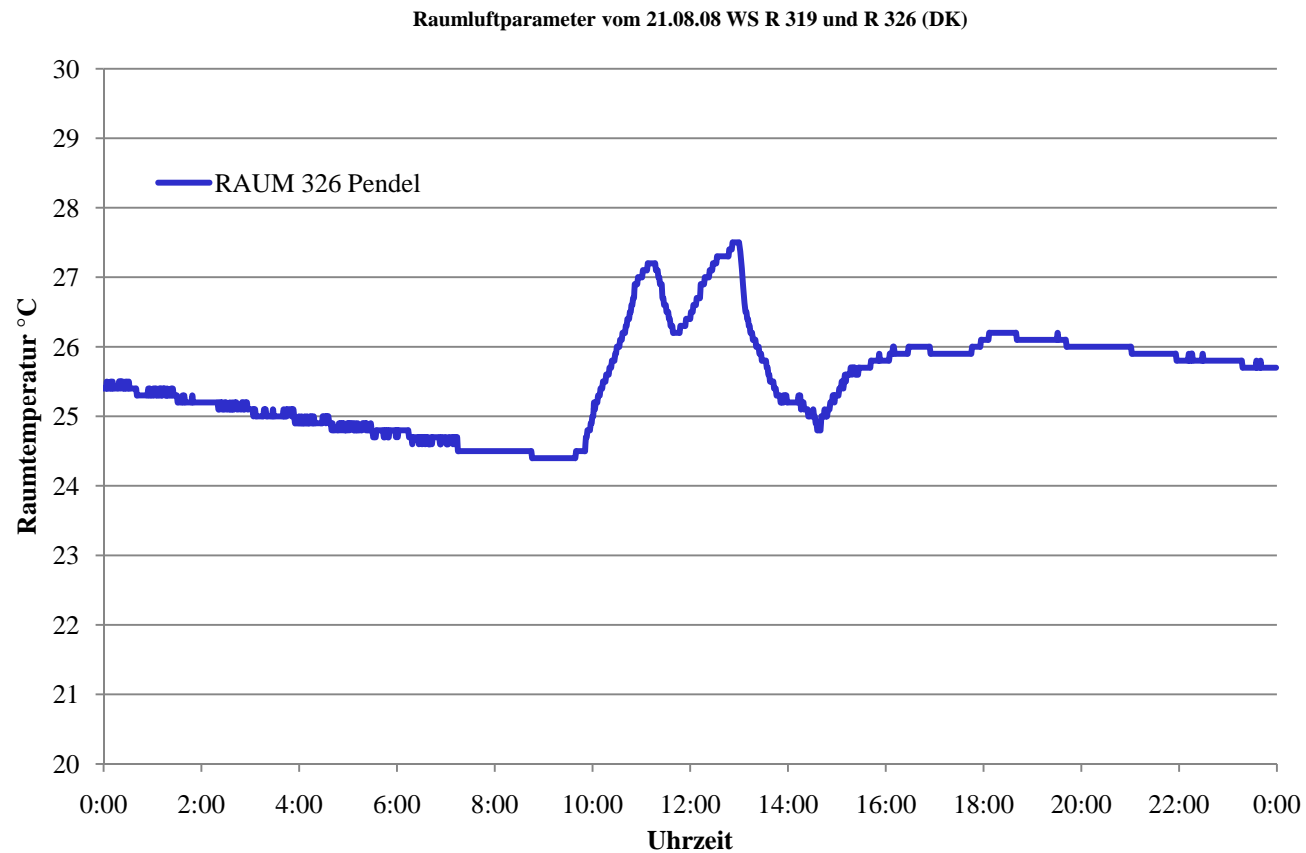
Ausführungsbeispiel:





2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

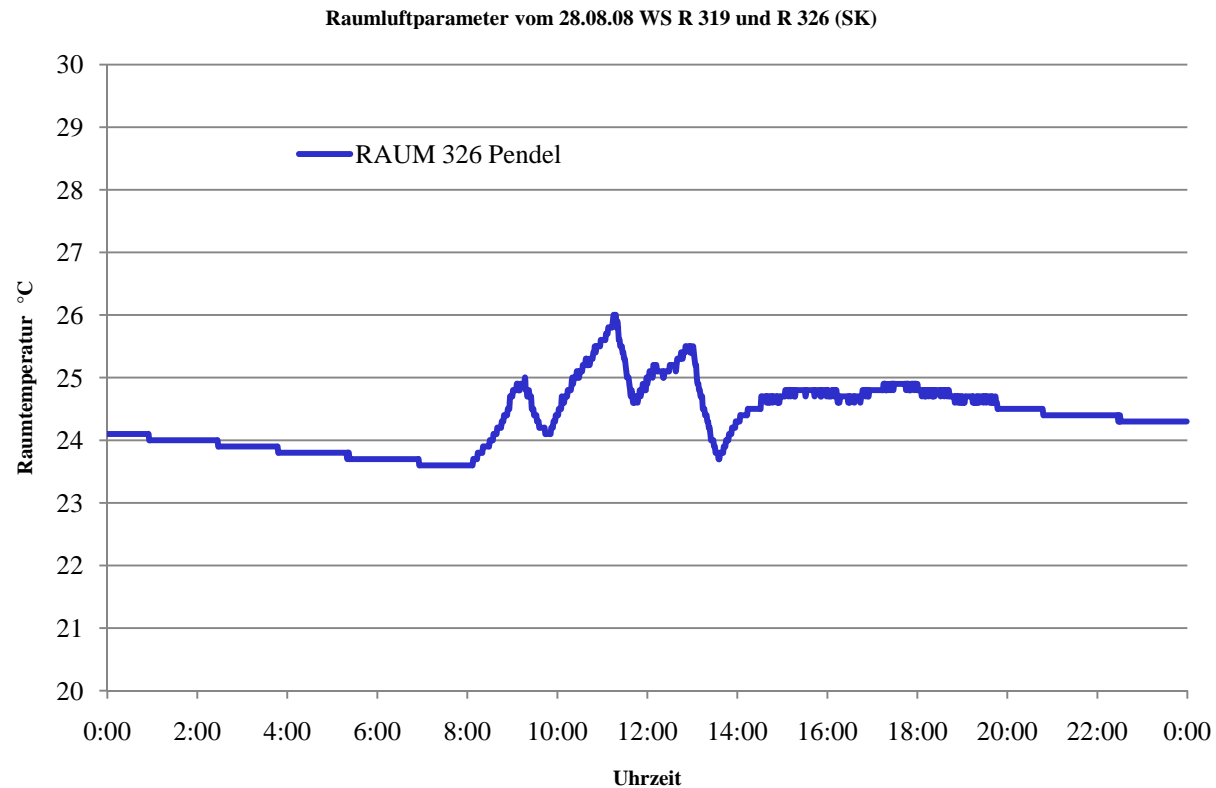
Ausführungsbeispiel (Kühldecke):





2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

Ausführungsbeispiel (Schwerkraftkühlsystem):





3) Belüftungssysteme

Freie Lüftung in Verbindung mit CO₂-gesteuerten Fensteröffnungseinrichtungen haben bei durchgeführten Untersuchungen grundsätzlich eine Verbesserung der Raumluftqualität gezeigt. In ländlichen Gebieten mit nur geringen Außenluftbelastungen und nur geringen akustischen Belastungen durch die Umgebung, kann somit eine ‚kontrollierte‘ Verbesserung der Raumluftqualität erreicht werden.

Eine wirkliche Raumluftqualitätsregelung kann allerdings nur mit einer mechanischen Lüftung erreicht werden. Wobei die bei einer freien Lüftung zu erwartenden hohen thermischen Verluste und Zugerscheinungen mit einer Wärmerückgewinnung ausgeschlossen werden.

Für den Sanierungsfall wird daher grundsätzlich ein mechanisches Belüftungssystem mit einer Wärmerückgewinnung empfohlen.



3) Belüftungssysteme

Wird eine für Schüler übliche Aktivitätsstufe angenommen, so wird eine metabolische Wärmeleistung von ca. 100 W pro Schüler freigesetzt. Bezogen auf die zuvor definierten Außenluftvolumengrenzen bedeutet dies, dass bis zur Erreichung der Raumluffttemperaturen eine Erwärmung bei bestimmten Außenlufttemperaturen praktisch ohne Zusatzheizung erfolgen kann:

$$\dot{Q}_{\text{Schüler}} = \dot{V}_{\text{min,max}} \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot c_{p,\text{Luft}} \cdot (T_{\text{Raum}} - T_{\text{Außenluft}})$$

bei: $\dot{V}_{\text{min}} = 17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ ergibt sich eine Außenlufttemperatur von: $T_{\text{Außenluft}} = 2,5^\circ\text{C}$

bei: $\dot{V}_{\text{min}} = 45 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ ergibt sich eine Außenlufttemperatur von: $T_{\text{Außenluft}} = 13,4^\circ\text{C}$



3) Belüftungssysteme

Belüftungssysteme sollten, bzw. müssen (EnEV 2009) mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet sein. Bei üblichen Wärmerückgewinnungsgraden (~ 70%) können dadurch die zuvor genannten Grenzen auf folgende Außenlufttemperaturen verschoben werden:

bei: $\dot{V}_{\min} = 17 \frac{m^3}{h}$ ergibt sich eine Außenlufttemp. von: $T_{\text{Außenluft}} < -20^\circ C$

bei: $\dot{V}_{\min} = 45 \frac{m^3}{h}$ ergibt sich eine Außenlufttemp. von: $T_{\text{Außenluft}} = -2^\circ C$

Somit bleibt bei sorgfältiger Planung und unter Berücksichtigung z.B. der Beleuchtungswärme genügend Heizleistung, um den kompletten Klassenraum natürlich, ohne Zusatzenergie zu beheizen (vorausgesetzt, die Fassade erreicht EnEV-Standard).



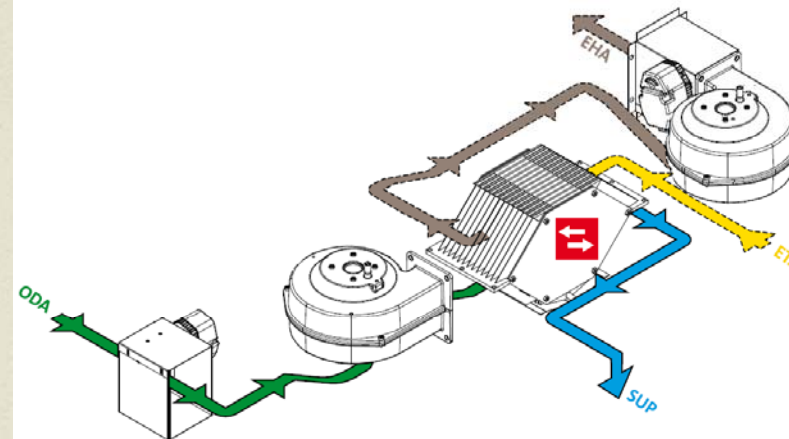
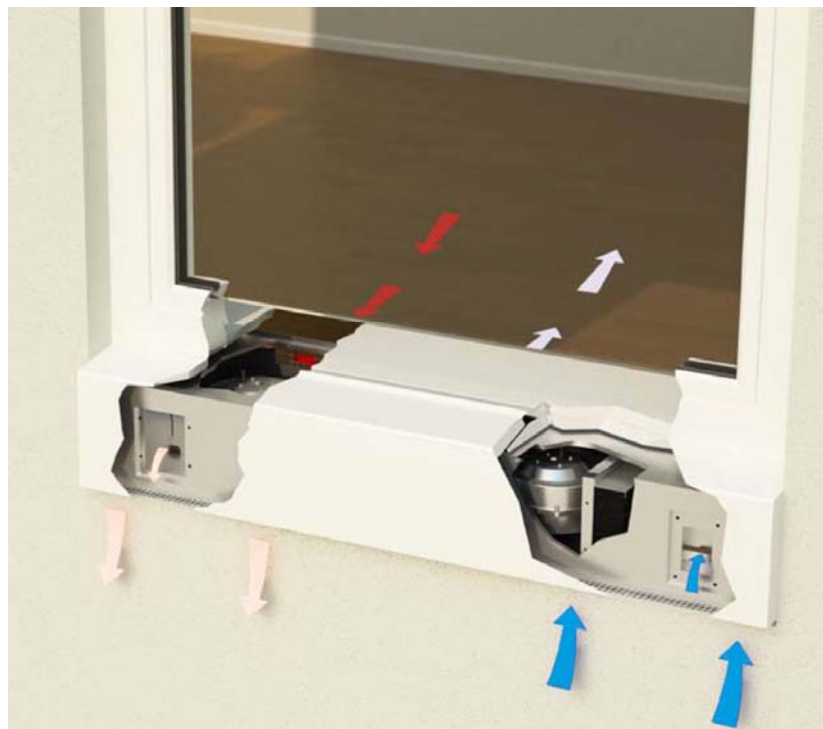
3) Belüftungssysteme

System:	Betriebsparameter:	Eigenschaften:
Belüftungssysteme	<p>Heizfall: WRG > 70%</p> <p>Kühlfall: - freie Kühlung - geothermische Anlage</p> <p>Volumenstrom: - CO₂ gesteuert - min. 17 m³/h pro Schüler</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Teilklimaanlage mit den Funktionen: <ul style="list-style-type: none"> - Filterung (F7) - WRG (≥ 70%) - gegebenenfalls Kühlung - hohe Durchgangsdämpfung nach VDI 6035 - Schalleistungspegel < 40 dB(A) - Systemausführungen: <ul style="list-style-type: none"> - dezentral (möglichst nur ein Gerät pro Klasse, oder pro Etage) - hybrid (dezentrale Zuluft, zentrale Abluft mit WRG über z.B. Wärmepumpe) - zentral (im Sanierungsfall möglichst nur bei ‚gefangenen‘ Räumen) - CO₂-gesteuert - möglichst direkte Steuerungsmöglichkeiten in der Klasse durch Lehrer - Quellluftsysteme, um freie Kühlung optimal auszunutzen.



3) Belüftungssysteme

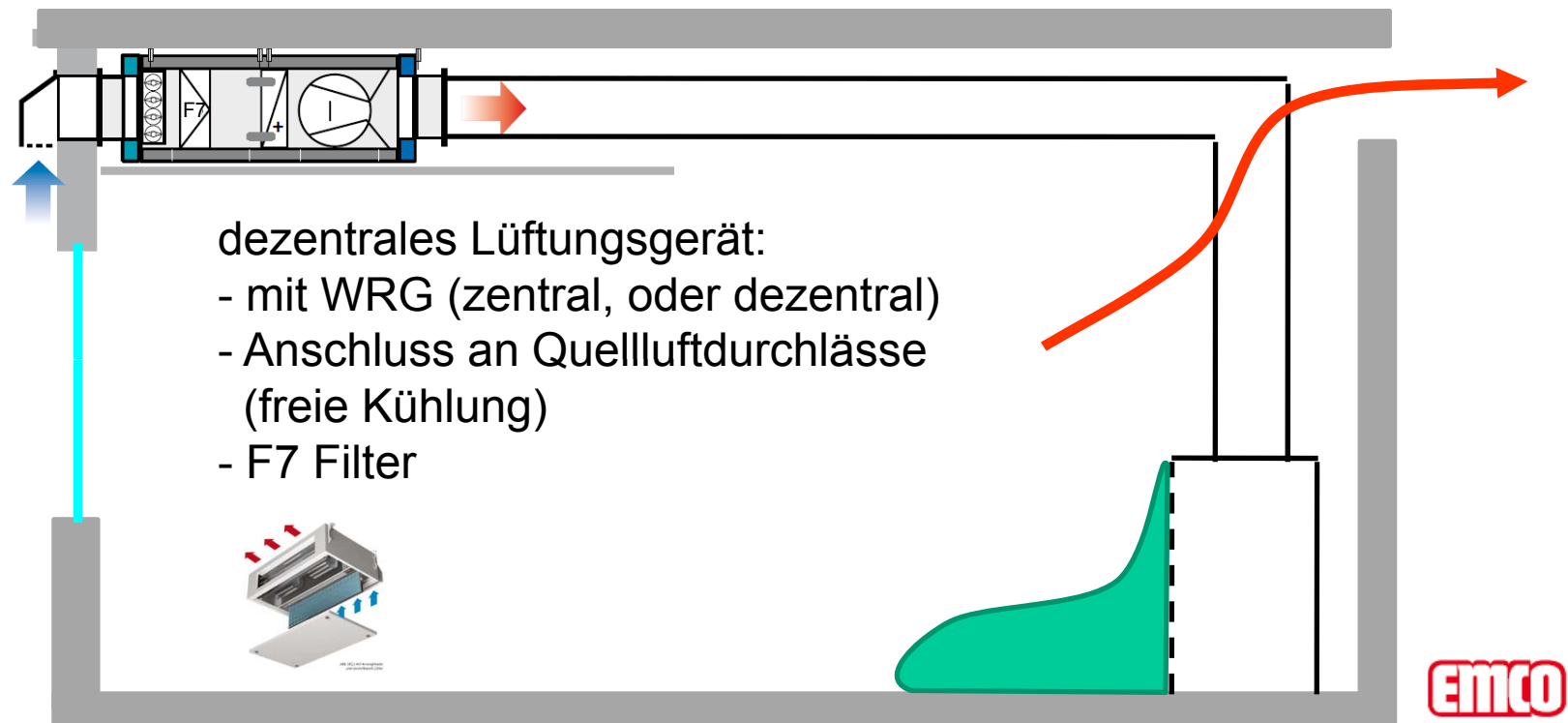
Ausführungsbeispiel für dezentrale Lüftungssysteme in Klassenräumen:





3) Belüftungssysteme

Ausführungsbeispiel für dezentrale Lüftungssysteme in Klassenräumen:



TGA-Systeme im Schulbau

4) Regelungstechnik

Die modernen TGA-Systeme der Zukunft basieren auf:

- effizienten Energieumwandlungsmaschinen
- leistungsfähigen Speichersystemen
- individuellen objektspezifischen Lösungsansätzen
- intelligenten bedarfsorientierten Betriebsweisen
-

..... derartige System können nur gebaut und betrieben werden mit:

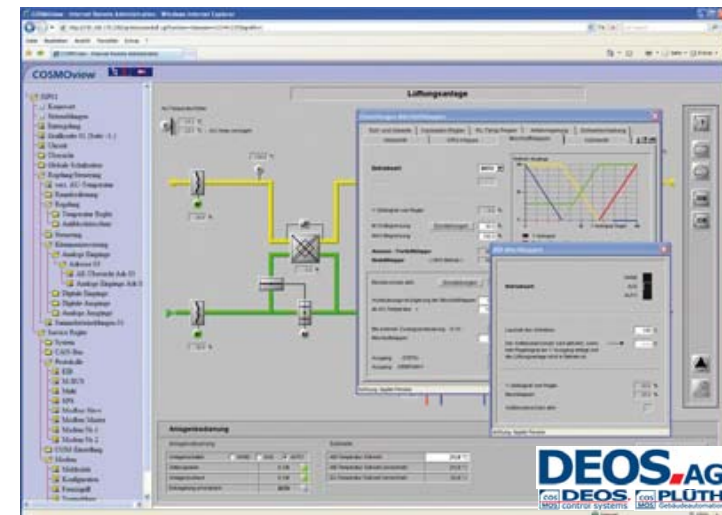
TGA-Systeme im Schulbau

4) Regelungstechnik

Intelligente Gebäudeautomationssysteme:

- die dem Betreiber die optimale Steuerung komplexer Anlagen abnehmen
- ein kontinuierliches Energie-Monitoring abnehmen
- Optimierungspotentiale einer Anlage aufzeigen
- neue Betriebsweisen mit dem Ziel der Energieeinsparung ermöglichen

-





5) Raumakustik

„Ich sitze ganz hinten und die Kinder, die ganz vorne sitzen, denen ist das ja egal. Die sind der Lehrerin ganz nah, die hören das ja. Und ich sitze ganz hinten. Manchmal liest sie ein Diktat und ich kann nicht gut hören, was sie gesagt hat. Und dann lasse ich viele Lücken und komme nicht mit und werde wütend (...)“ (Hauptschüler, 5. Jg.)



5) Raumakustik

Unterricht gelingt nur, wenn Kinder und Jugendliche aufmerksam zuhören und Lehrer sich gut verständlich machen können. Die Ausführungen des Lehrers sollten klar und mühelos zu verstehen sein. Lärm und Halligkeit beeinflussen die Sprachqualität und Sprachverständlichkeit und erschweren dadurch die Kommunikationsprozesse deutlich.

Die Nachhallzeit sollte in Klassenräumen ca. 0,5 s betragen.



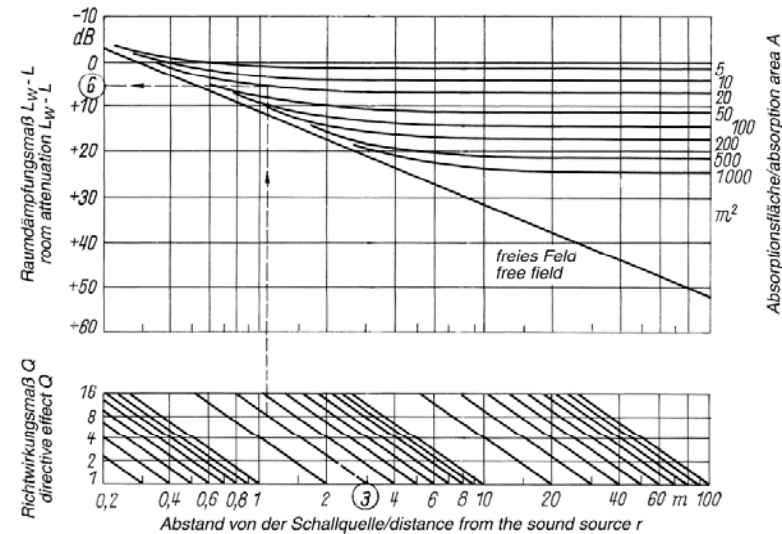
5) Raumakustik

aus VDI 2081:

$$L_p = L_W + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \text{ in m}^2$$

- L_W : Schallleistungspegel verursacht durch Schallquelle [dB]
- Q : Richtwirkungsmaß [./.]
- A : äquivalente Absorptionsfläche [m² Sabine]
- r : Abstand zwischen Schallquelle und Aufpunkt [m]





5) Raumakustik

DIN 18041:2004-05

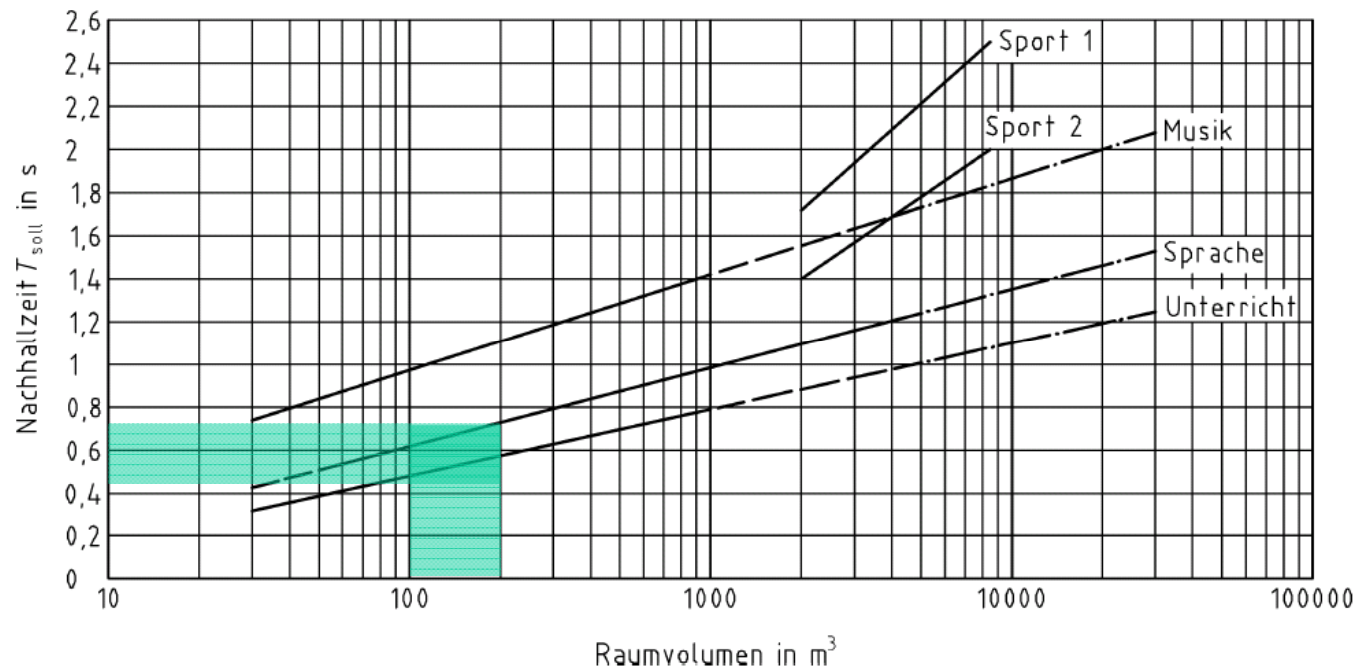
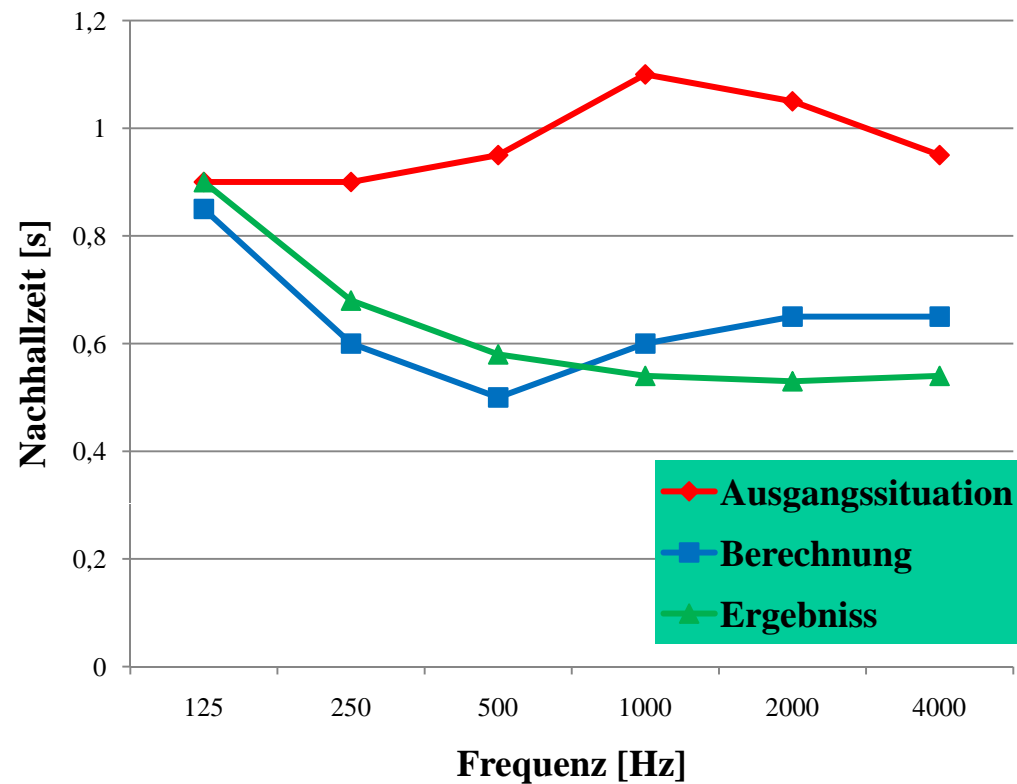


Bild 1 — Sollwert T_{Soll} der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten



5) Raumakustik

Verbesserung der Raumakustik in einem bestehenden Klassenraum

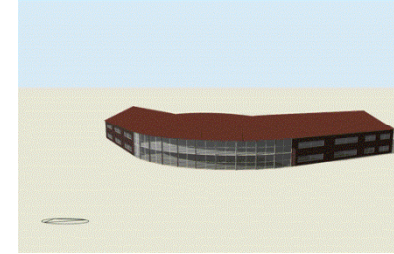




5) Raumakustik

System:	Eigenschaften:
Akustikdecke	<p>Der ausgewählte Deckentyp sollte folgende Eigenschaften besitzen, um sowohl die akustischen als auch die (möglichen) thermodynamischen Anforderungen zu erfüllen:</p> <ul style="list-style-type: none"> -die Akustikdecke sollte möglichst den gesamten Deckenbereich belegen - hohe α_s-Werte in den Frequenzbereichen von 125 Hz bis 5000 Hz, bzw. einen möglichst hohen α_w-Wert (z.B. 0,9, ohne Formfaktor, Klasse A, nach DIN EN 11654) - die Akustikdecke sollte mit Kühl- und Heizsystemen kombinierbar sein. Daher sollten möglichst perforierte Metalldecken (thermisch hoch belastet Räume), oder Gipskartondecken (Kühlleistung nicht über 60 W/m²) gewählt werden.

TGA-Systeme im Schulbau



Zusammenfassung:

Für die Beheizung und Kühlung von Schulklassen sollten grundsätzlich Systeme eingesetzt werden, die auf der Basis nur geringer Über- und Untertemperaturen arbeiten (Low-Ex-Systeme).

Vor dem Hintergrund der oft verfügbaren großen Grünflächen von Schulgebäuden sind vorzugsweise Wärmepumpensysteme in Verbindung mit geothermischen Anlagen, für die Beheizung und Kühlung von Schulgebäuden, vorzusehen.

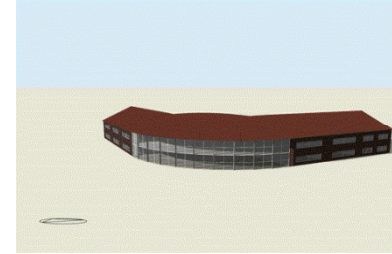
Grundsätzlich muss für eine ausreichende Außenluftversorgung innerhalb der Klassenräume gesorgt werden. Die Außenluftversorgung sollte in Abhängigkeit der im Klassenraum gemessenen CO₂-Konzentration geregelt werden. Im Falle einer maschinellen Lüftung ist diese mit einer Wärmerückgewinnung auszustatten.

Um das Gesamtsystem sicher und effizient betreiben zu können, muss eine integrale Mess- und Regelungstechnik eingesetzt werden, die neben den klassischen Aufgaben in der TGA, auch eine optimierte und damit primärenergieeinsparende Betriebsweise ermöglicht.

Um mit nur geringen Über- und Untertemperaturen heizen und kühlen zu können, sollten vorzugsweise flächige Systeme (Klimadecken) eingesetzt werden.

Im Sanierungsfall ist auf ausreichendes Absorptionsvermögen der im Klassenraum verwendeten Materialien und deren Flächenanteil zu achten. Die Nachhallzeiten sind im Bereich von ~ 0,5 Sekunden zu halten.

TGA-Systeme im Schulbau



Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit.....