Sanierung von Schulen

Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

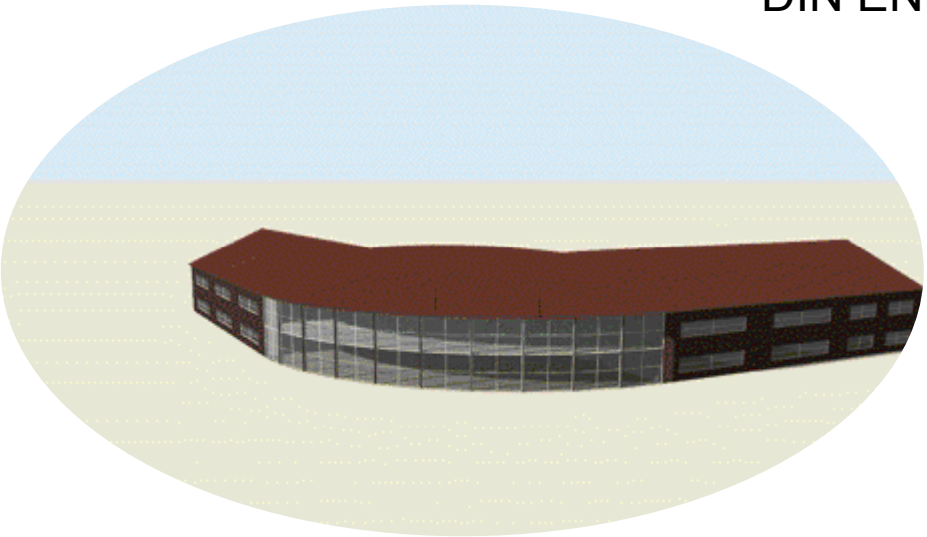
„Deutschlandweit gibt es etwa 40.000 Schulen, ungefähr 48.000 Kindergärten, Kindertagesstätten und Krippen sowie mehrere zehntausend (Schul-)Turnhallen. **Über die Hälfte dieser ca. 150.000 Gebäude ist dringend energetisch sanierungsbedürftig.** Dadurch wird teure Energie verschwendet. Dies betrifft 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

Sanierung von Schulen

„Sanierungsdruck“

DIN EN V 18599
DIN EN 13779
DIN EN 15251



Kyoto-Protokoll
EPBD
EnEV

steigende
Energiekosten

Nachhaltigkeit

Betriebs- und
Wartungskosten

Sanierung von Schulen

„Sanierungsdruck“

DIN EN V 18599
DIN EN 13779
DIN EN 15251

steigende Energiekosten

Innovative TGA-Systeme

Kyoto-Protokoll
EPBD
EnEV

Nachhaltigkeit

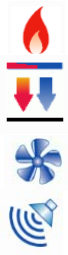
Betriebs- und Wartungskosten

Sanierung von Schulen

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

1) 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.

Sanierung von Schulen

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

2) 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.

Sanierung von Schulen

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

2) 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.

<u>- In Fällen mit Heiz- und Kühlanforderungen sollten ausschließlich Klimadeckensysteme eingesetzt werden.</u>

Sanierung von Schulen

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

2) 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 Klimadecken-systeme, müssen mit entsprechendem akustischen Absorptionsvermögen ausgestattet sein, um die in den Schulklassen benötigten akustischen Raumbedingungen zu ermöglichen.

Sanierung von Schulen

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

2) 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 2009), in keinem Fall die Abdeckung der benötigten **Außen-luftvolumenströme** vergessen werden. Dabei sind zwingend **Wärmerück-gewinnungssysteme** vorzusehen. Aus Investitions- und Wartungsgründen sollten dabei die Varianten: zentral, hybrid und dezentral für den jeweiligen Sanierungsfall überprüft werden.

Sanierung von Schulen

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
- **Wärmepumpe**	**in Verbindung mit geothermischer Anlage: Heizung und Kühlung**
- geothermische Anlage	Kühlung
- (adiabater Wäscher/ Rückkühlwerke)	Kühlung

Sanierung von Schulen

1) Wärme- und oder Kälteerzeugung

Grundsätzlich ergeben sich bei den z.B. nach der EnEV 2009 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 ≥ 19°C	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis < 19°C
			Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} [1]	
	1	2	3	4
1	Außenwände	Nr. 1 a bis d	0,24 W/(m²·K)	0,35 W/(m²·K)
2a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren	Nr. 2 a und b	1,30 W/(m²·K) [2]	1,90 W/(m²·K) [2]
2b	Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,40 W/(m²·K) [2]	1,90 W/(m²·K) [2]
2c	Verglasungen	Nr. 2 c	1,10 W/(m²·K) [3]	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nr. 6 Satz 1	1,50 W/(m²·K) [4]	1,90 W/(m²·K) [4]
2e	Glasdächer	Nr. 2a und c	2,00 W/(m²·K) [3]	2,70 W/(m²·K) [3]
3a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2 a und b	2,00 W/(m²·K) [2]	2,80 W/(m²·K) [2]
3b	Sonderverglasungen	Nr. 2 c	1,60 W/(m²·K) [3]	keine Anforderung
3c	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nr. 6 Satz 2	2,30 W/(m²·K) [4]	3,00 W/(m²·K) [4]
4a	Decken, Dächer und Dachschrägen	Nr. 4.1	0,24 W/(m²·K)	0,35 W/(m²·K)
4b	Flachdächer	Nr. 4.2	0,20 W/(m²·K)	0,35 W/(m²·K)

Sanierung von Schulen

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 Eingriffs-möglichkeiten 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.

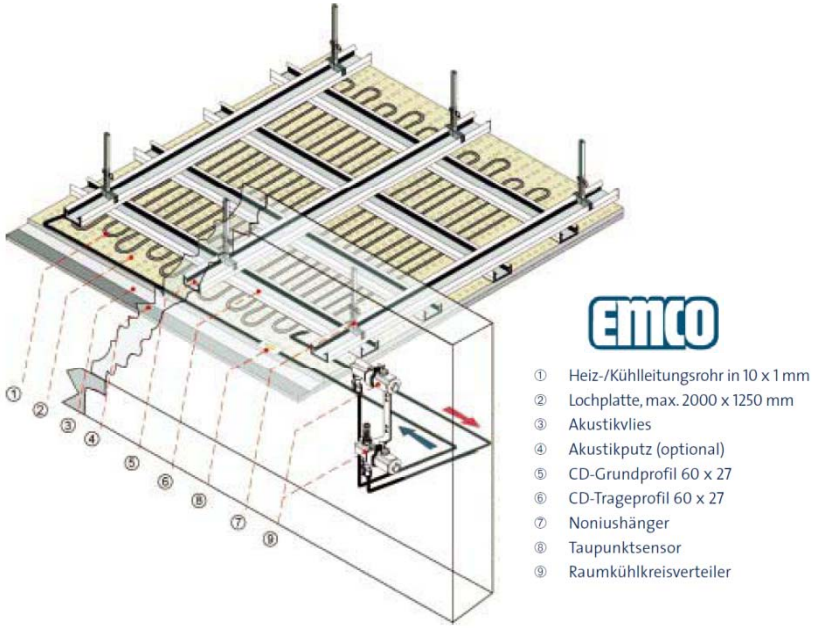
Sanierung von Schulen

2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

System:	Betriebs-parameter:	Eigenschaften:
Klimadecken	Heizfall: $T_{Vorlauf}$ ~ 27°C Kühlfall: $T_{Vorlauf}$ ~ 16°C Anschluss an: -geothermische Anlage -Rückkühlwerk	- in Kombination mit einer Wärmepumpe wird einen 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

Sanierung von 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.

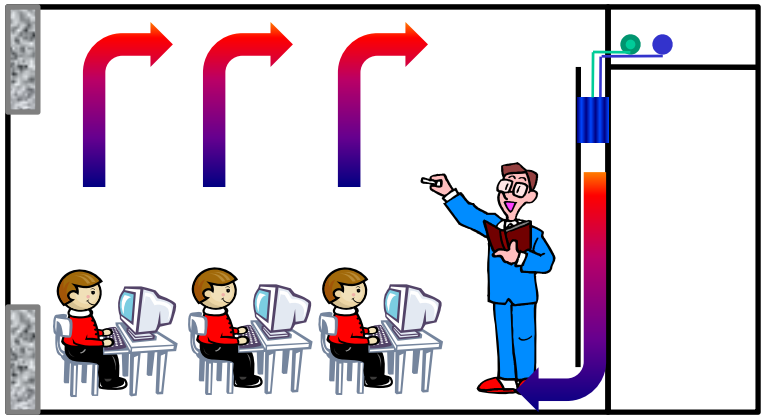
Sanierung von Schulen

2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

System:	Betriebs-parameter:	Eigenschaften:
Schwerkraft-kühlsysteme	Heizfall: $T_{Vorlauf}$ ~ 40°C (wahlweise auch höher) Kühlfall: $T_{Vorlauf}$ ~ 16°C (wahlweise auch niedriger) Anschluss an: -geothermische Anlage -Rückkühlwerk	- 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.

Sanierung von Schulen

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/m² 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.

Sanierung von Schulen

2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

Ausführungs- /Sanierungsbeispiel:

Die Wirtschaftsschulen in Steinfurt wurden im Rahmen einer Sanierung mit einer geothermischen Anlage ausgestattet (Entnahme- und Schluckbrunnen). Diese Anlage sollte zur Kühlung speziell der Schulklassen mit hoher Computer- und Schülerdichte genutzt werden, da in diesen praktisch kein sinnvolles Arbeiten bei hohen Außentemperaturen möglich war. Nur Pumpenleistung wird in diesem Fall aufgebracht, um die Klassenräume zu kühlen. Um für diesen Extremfall auch Alternativen testen zu können, wurden gleichzeitig Schwerkraftkühlung und Kühldecke eingebaut, die jeweils getrennt unter den gleichen Randbedingungen betrieben und getestet werden können.

Sanierung von Schulen

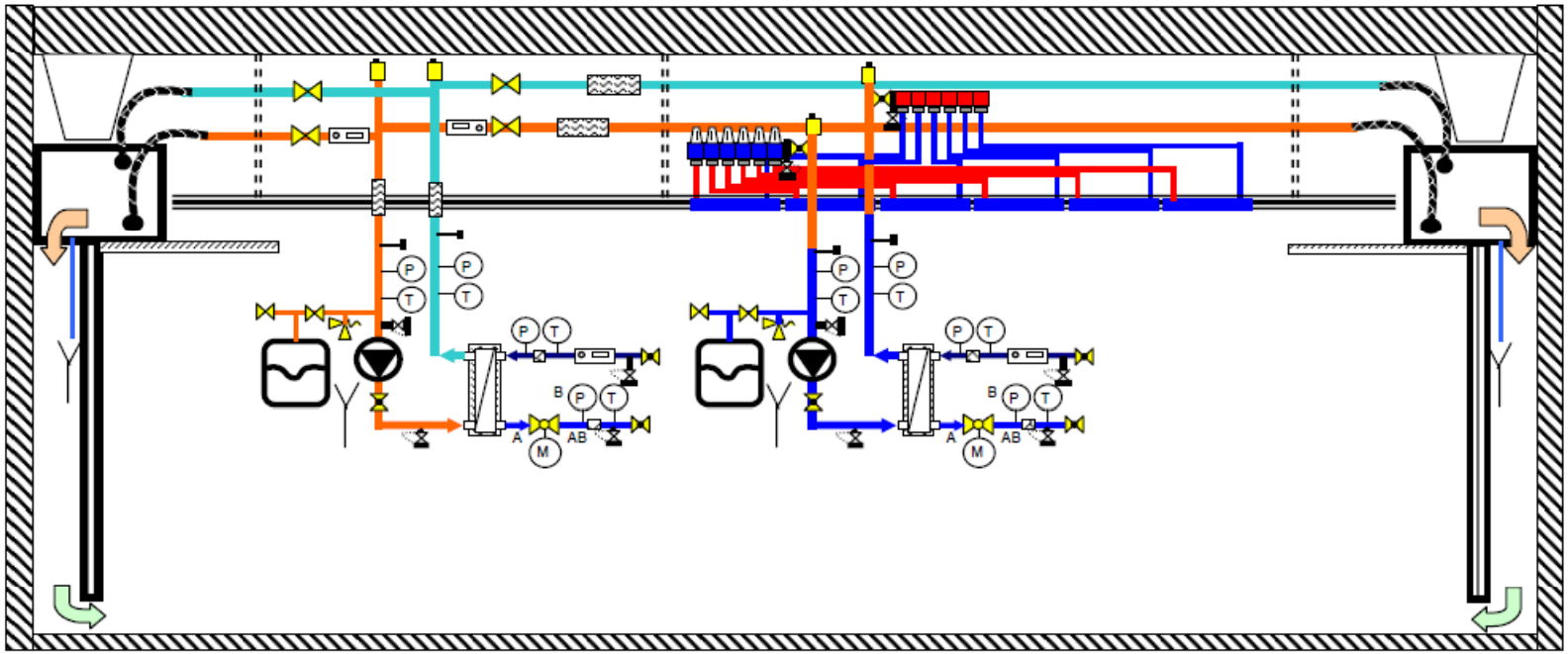
2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

Ausführungsbeispiel:

Sanierung von Schulen

2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

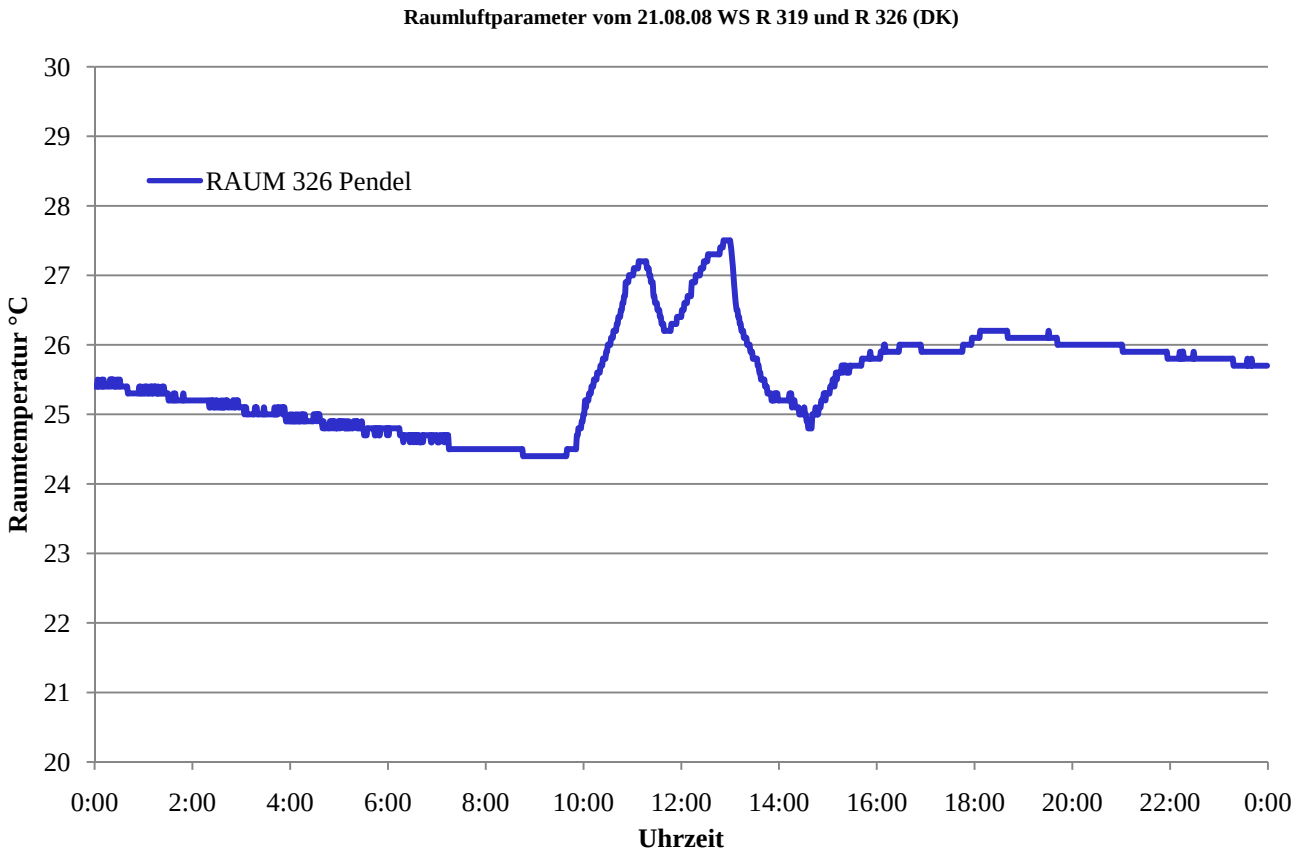
Ausführungsbeispiel:



Sanierung von Schulen

2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

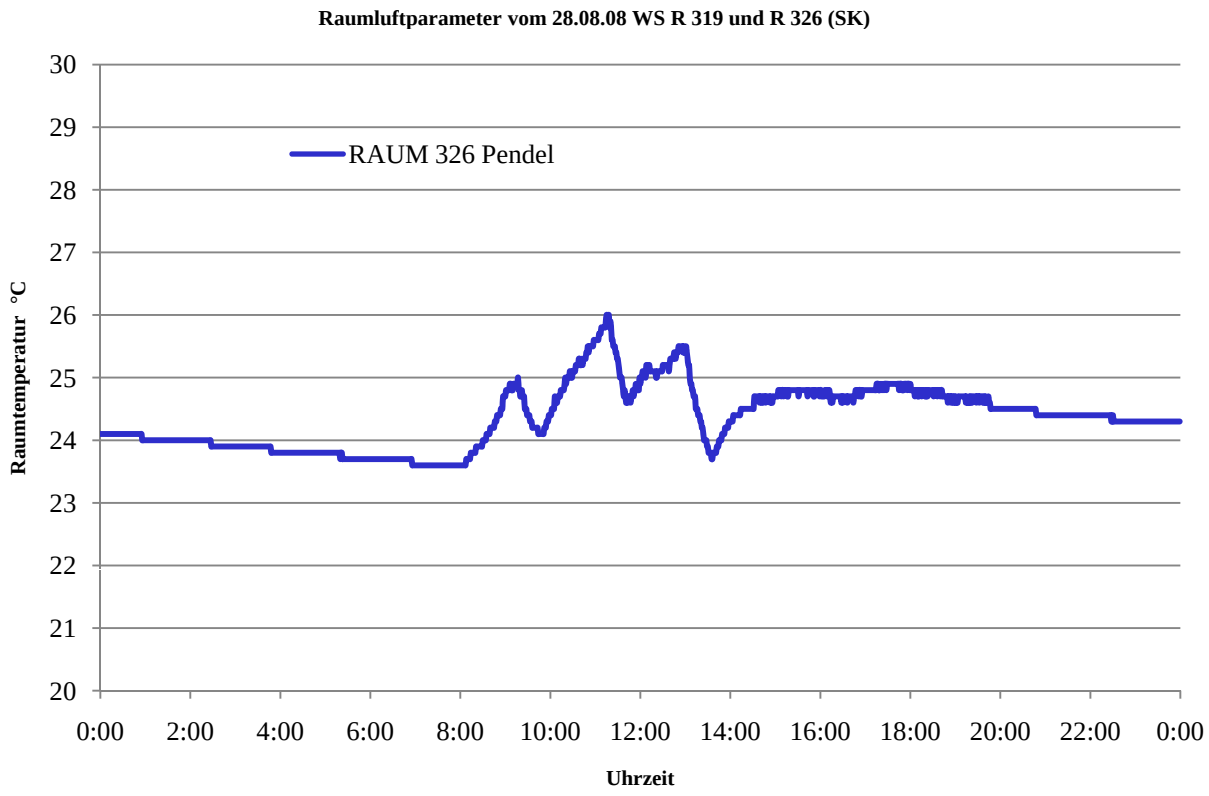
Ausführungsbeispiel (Kühldecke):



Sanierung von Schulen

2) Heiz- und Kühlsystem in den Klassenräumen

Ausführungsbeispiel (Schwerkraftkühlsystem):



Sanierung von Schulen

3) Belüftungssysteme

Freie Lüftung in Verbindung mit CO_2-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.

Sanierung von Schulen

3) Belüftungssysteme

Um eine ausreichende Außenluftversorgung zu garantieren, müssen die Außenluftmengen nach der DIN EN 13779, oder DIN EN 15251 bestimmt werden. **Beide ersetzen das Verfahren aus der DIN 1946, Teil 2.**
Aufgrund unterschiedlicher Anforderungskriterien und Gebäudebeschaffenheit, können sich dabei abweichende Außenluftmengen ergeben.

DIN EN 13779

Tabelle A.10 — CO_2-Gehalt in Räumen

Kategorie	CO_2-Gehalt über dem Gehalt in der Außenluft, in ppm	
	Üblicher Bereich	Standardwert
IDA 1	≤ 400	350
IDA 2	400 – 600	500
IDA 3	600 – 1 000	800
IDA 4	> 1 000	1 200

Tabelle A.11 — Außenluftvolumenströme je Person

Kategorie	Einheit	Außenluftvolumenstrom je Person			
		Nichtraucherbereich		Raucherbereich	
		Üblicher Bereich	Standardwert	Üblicher Bereich	Standardwert
IDA 1	$l \cdot s^{-1} \cdot Person^{-1}$	>15	20	>30	40
IDA 2	$l \cdot s^{-1} \cdot Person^{-1}$	10 – 15	12,5	20 – 30	25
IDA 3	$l \cdot s^{-1} \cdot Person^{-1}$	6 – 10	8	12 – 20	16
IDA 4	$l \cdot s^{-1} \cdot Person^{-1}$	< 6	5	< 12	10

Sanierung von Schulen

3) Belüftungssysteme

DIN EN 13779

Ein Klassenraum mit einer Grundfläche von 60 m² und einer Belegung von 30 Schülern benötigt somit bei einer Raumluftqualität in der Kategorie IDA 2:

$$\dot{V} = 30 \cdot 12{,}5 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} = 1350 \frac{m^3}{h}$$

Sanierung von Schulen

3) Belüftungssysteme

DIN EN 15251

Tabelle B.2 — Beispiele für empfohlene Lüftungsraten für Nichtwohngebäude bei Standardbelegungsdichte für drei Kategorien der Verschmutzung durch das Gebäude selbst. Für den Fall, dass Rauchen gestattet ist, gibt die letzte Spalte die zusätzlich geforderte Lüftungsrate an

Gebäude- bzw. Raum-typ	Kategorie	Grundfläche m² je Person	q_p	q_B	q_{tot}	q_B	q_{tot}	q_B	q_{tot}	Zugabe bei Rauchen
			l/s, m² bei Belegung	l/s,m² bei sehr schadstoffarmen Gebäuden		l/s,m² bei schadstoffarmen Gebäuden		l/s,m² bei nicht schadstoffarmen Gebäuden		l/s,m²
Klassenraum	I	2,0	5,0	0,5	5,5	1,0	6,0	2,0	7,0	
	II	2,0	3,5	0,3	3,8	0,7	4,2	1,4	4,9	
	III	2,0	2,0	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8	

$$q_{tot} = n \cdot q_p + A \cdot q_B$$

q_{tot} die Gesamtlüftungsrate des Raums, in l/s;

n der Auslegungswert für die Anzahl der Personen im Raum, –;

q_p die Lüftungsrate für die Belegung bzw. Nutzung je Person, l/s, pers;

A die Grundfläche des Raums, m²;

q_B die auf die Gebäudeemissionen bezogene Lüftungsrate, l/s,m².

Sanierung von Schulen

3) Belüftungssysteme

DIN EN 15251

Tabelle B.1 — Grundlegende erforderliche Lüftungsraten für die Abschwächung von Emissionen (biologische Ausdünstungen) von Personen

Kategorie	Erwarteter Prozentsatz Unzufriedener	Luftstrom je Person l/s/pers
I	15	10
II	**20**	**7**
III	30	
IV	> 30	< 4

Ein Klassenraum mit einer Grundfläche von 60 m² und einer Belegung von 30 Schülern benötigt somit bei einer Raumluftqualität in der Kategorie II:

$$\dot{V} = 60 \cdot 3{,}5 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} + 60 \cdot 0{,}3 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} = 820 \frac{m^3}{h}$$

sehr schadstoffarmes Gebäude

$$\dot{V} = 60 \cdot 3{,}5 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} + 60 \cdot 0{,}7 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} = 907 \frac{m^3}{h}$$

schadstoffarmes Gebäude

$$\dot{V} = 60 \cdot 3{,}5 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} + 60 \cdot 1{,}4 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} = 1058 \frac{m^3}{h}$$

nicht schadstoffarmes Gebäude

Sanierung von Schulen

3) Belüftungssysteme

Die Berechnungen nach DIN EN 13779 und DIN EN 15251, führen je nach angenommen/geforderten Raum- und Qualitätsbedingungen zu unterschiedlichen Außenluftmengen. Grenzt man den minimalen Außenluftvolumenstrom nach DIN EN 15251 nach unten ab, erhält man mit Raumluftkategorie III:

$$\dot{V} = 60 \cdot 2{,}0 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} + 60 \cdot 0{,}4 \cdot 3{,}6 \frac{m^3}{h} = 520 \frac{m^3}{h}$$

oder gerundet pro Schüler:

$$\dot{V}_{Schüler} = \frac{520}{30} \frac{m^3}{h \cdot Schüler} \cong 17 \frac{m^3}{h \cdot Schüler}$$

Somit sollten die Zuluftvolumenströme zwischen minimal ca. **17 m³/h** und **45 m³/h** pro Schüler liegen.

Sanierung von Schulen

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 Raumlufttemperaturen eine Erwärmung bei bestimmten Außenlufttemperaturen praktisch ohne Zusatzheizung erfolgen kann:

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

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

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

Sanierung von Schulen

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: $T_{Außenluft} < -20°C$

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

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).

Sanierung von Schulen

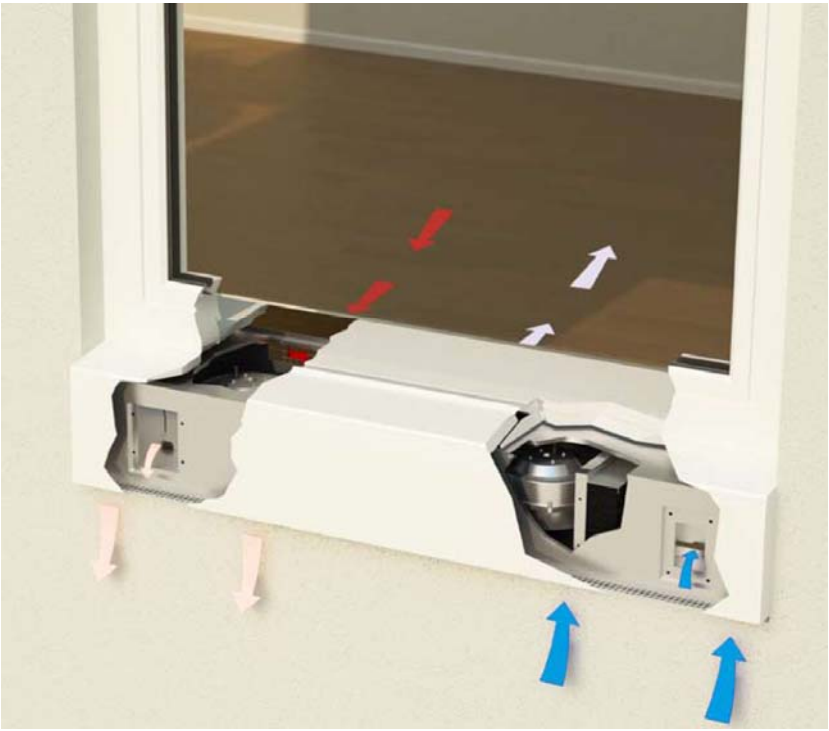
3) Belüftungssysteme

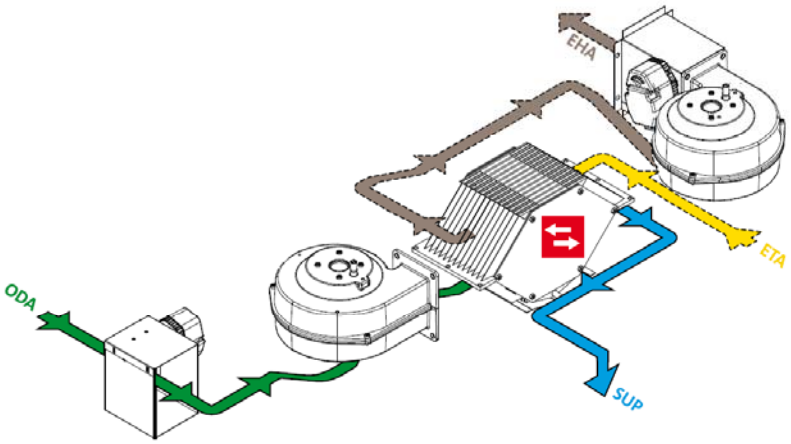
System:	Betriebs-parameter:	Eigenschaften:
Belüftungs-systeme	Heizfall: WRG > 70% Kühlfall: - freie Kühlung - geothermische Anlage Volumenstrom: - CO_2 gesteuert - min. 17 m³/h pro Schüler	- Teilklimaanlage mit den Funktionen: - Filterung (F7) - WRG (≥ 70%) - gegebenenfalls Kühlung - hohe Durchgangsdämpfung nach VDI 6035 - Schallleistungspegel < 40 dB(A) - Systemausführungen: - dezentral (möglichst nur ein Gerät pro Klasse, oder pro Etage) - hybrid (dezentrale Zuluft, zentrale Abluft mit WRG über z.B. Wärme-pumpe) - zentral (im Sanierungsfall möglichst nur bei ‚gefangenen' Räumen) - CO_2-gesteuert - möglichst direkte Steuerungsmöglichkeiten in der Klasse durch Lehrer - Quellluftsysteme, um freie Kühlung optimal auszunutzen.

Sanierung von Schulen

3) Belüftungssysteme

Ausführungsbeispiel für dezentrale Lüftungssysteme in Klassenräumen:

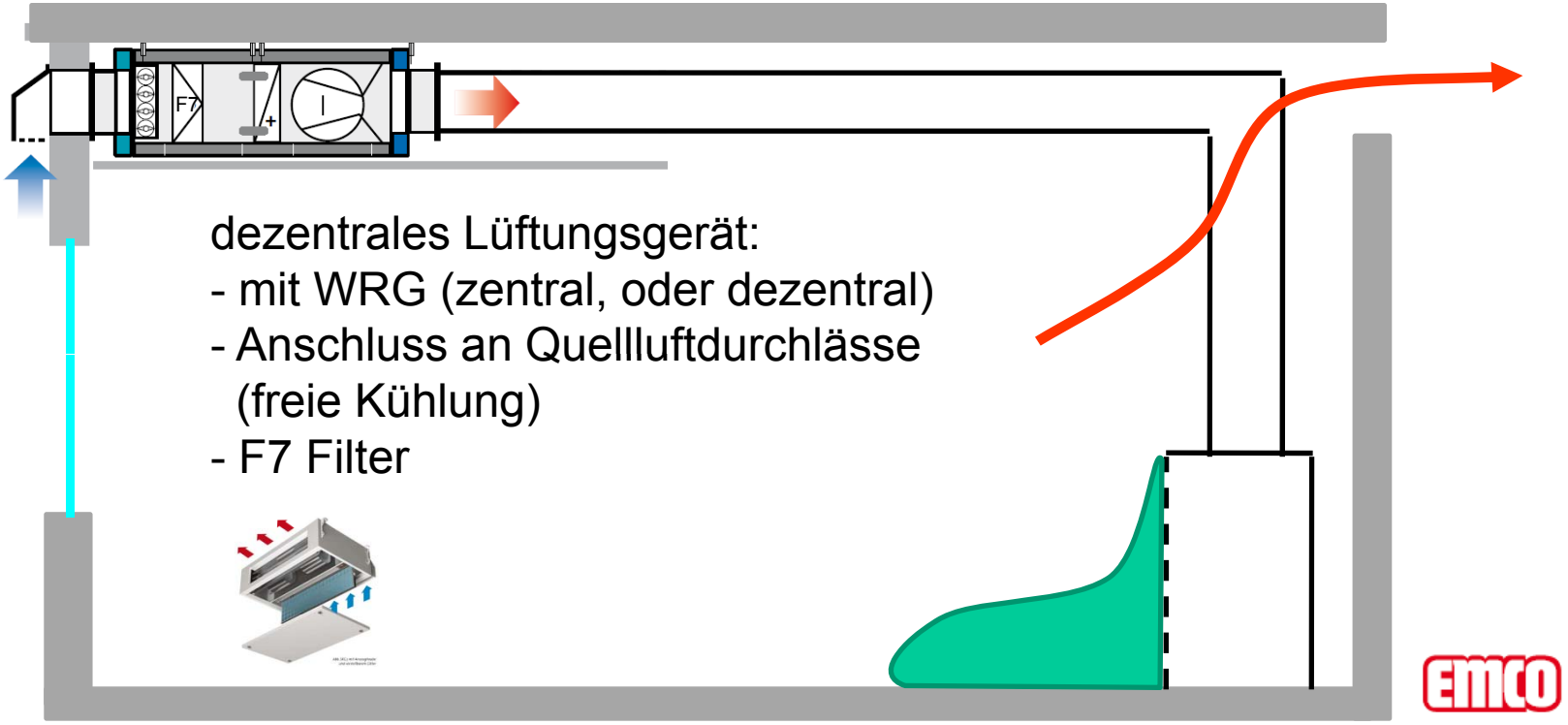




Sanierung von Schulen

3) Belüftungssysteme

Ausführungsbeispiel für dezentrale Lüftungssysteme in Klassenräumen:



Sanierung von Schulen

4) 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.)

Sanierung von Schulen

4) 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.

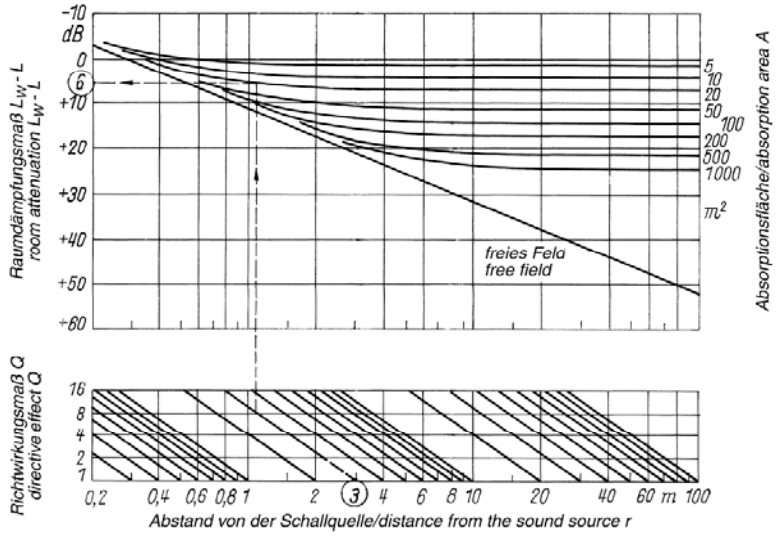
Sanierung von Schulen

4) 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]

Sanierung von Schulen

4) Raumakustik

DIN 18041:2004-05

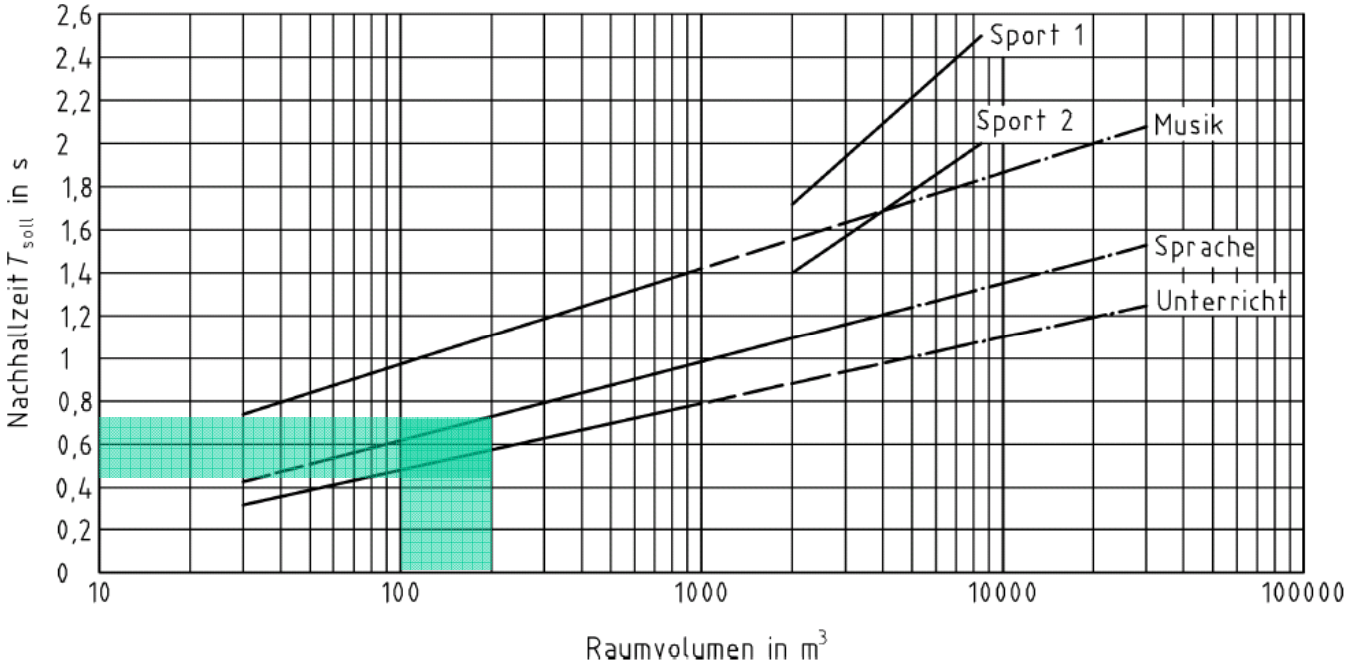
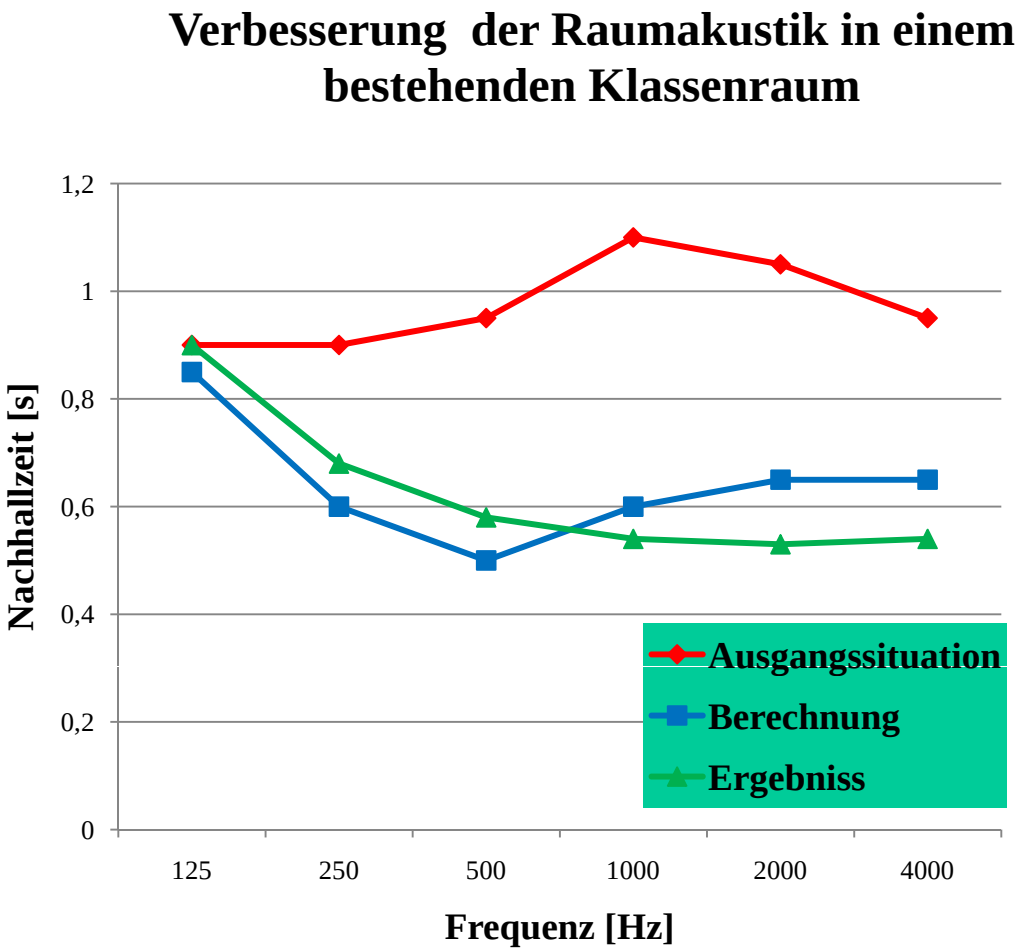


Bild 1 — Sollwert T_{Soll} der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten

Sanierung von Schulen

4) Raumakustik

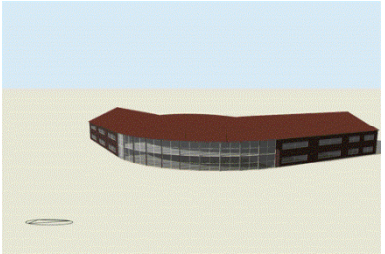


Sanierung von Schulen

4) Raumakustik

System:	Eigenschaften:
Akustikdecke	Der ausgewählte Deckentyp sollte folgende Eigenschaften besitzen, um sowohl die akustischen als auch die (möglichen) thermodynamischen Anforderungen zu erfüllen: -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 belastetet Räume), oder Gipskartondecken (Kühlleistung nicht über 60 W/m²) gewählt werden.

Sanierung von Schulen



Zusammenfassung:

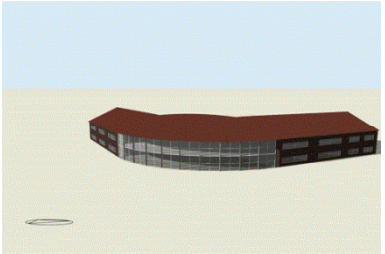
Für die Beheizung und Kühlung von Schulklassen sollten grundsätzlich Systeme eingesetzt werden, die auf der Basis nur geringer Über- und Untertemperaturen arbeiten (Low-Ex-Systeme).

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 CO_2-Konzentration geregelt werden. Im Falle einer maschinellen Lüftung ist diese mit einer Wärmerückgewinnung auszustatten.

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.



Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit……