
Technologien zur energieeffizienten Schulsanierung unter Berücksichtigung von Komfortaspekten

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser
Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Energieeffizienz

heißt

geringer Verbrauch

und

hohe Wirksamkeit bei der Verbrauchsdeckung!



KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

Brüssel, den 19.10.2006
KOM(2006)545 endgültig

MITTEILUNG DER KOMMISSION

Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potenzial ausschöpfen

{SEC(2006)1173}

{SEC(2006)1174}

{SEC(2006)1175}

Elemente der Energieeffizienzsteigerung

Minderung der Transmissionswärmeverluste

- Zusätzliche Wärmedämmung
- Einsatz hoch wärmedämmender Fenster
- Minderung von Wärmebrücken
- Oberflächenbeschichtung
- Verkleinerung des A/A_N -Verhältnisses

Minderung der Lüftungswärmeverluste

- Abdichtung von Undichtheiten
- Maßnahmen zur Erlangung einer Bedarfslüftung
- Einsatz mechanischer Lüftungsanlagen
- Zuluftfassaden, Erdkanäle

Erhöhung der Wärmegewinne

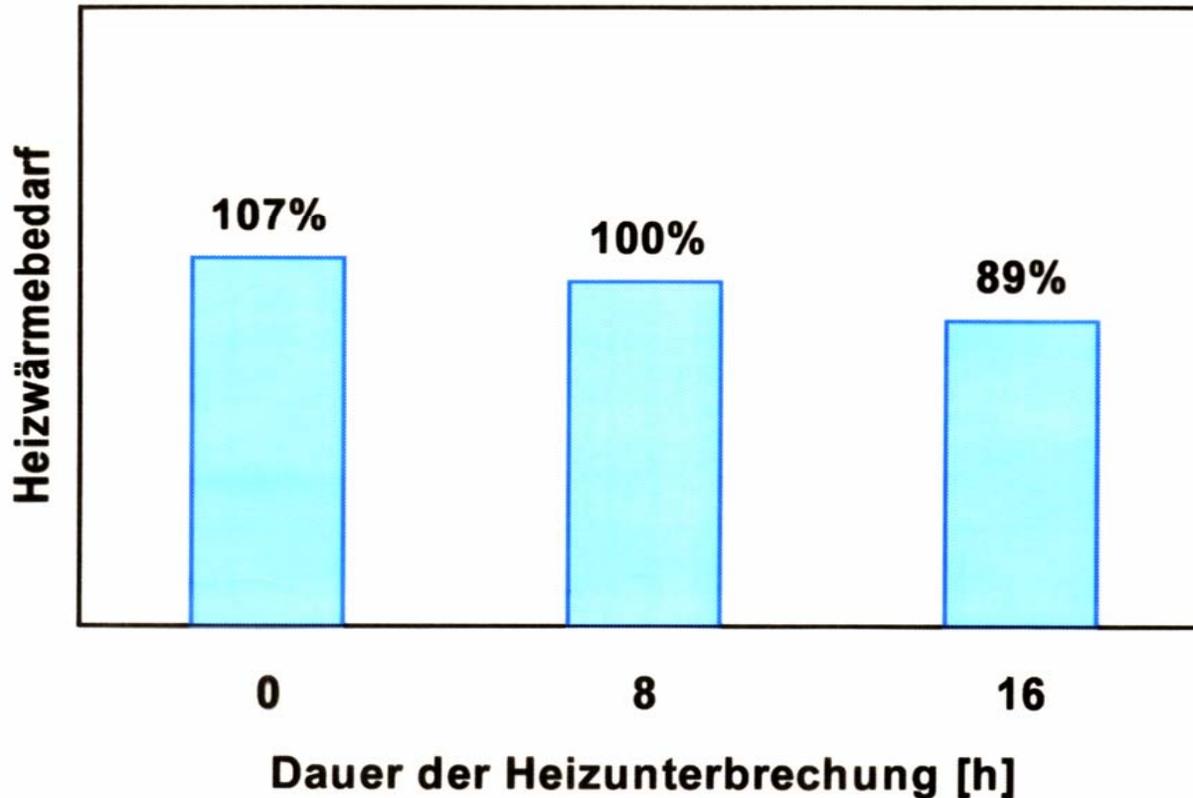
- Verglasungen mit hohen g-Werten
- Glasanbauten
- TWD, HTWD
- Sonnenkollektoren, Photovoltaik

Nutzungsgradsteigerung des Wärmeerzeugers

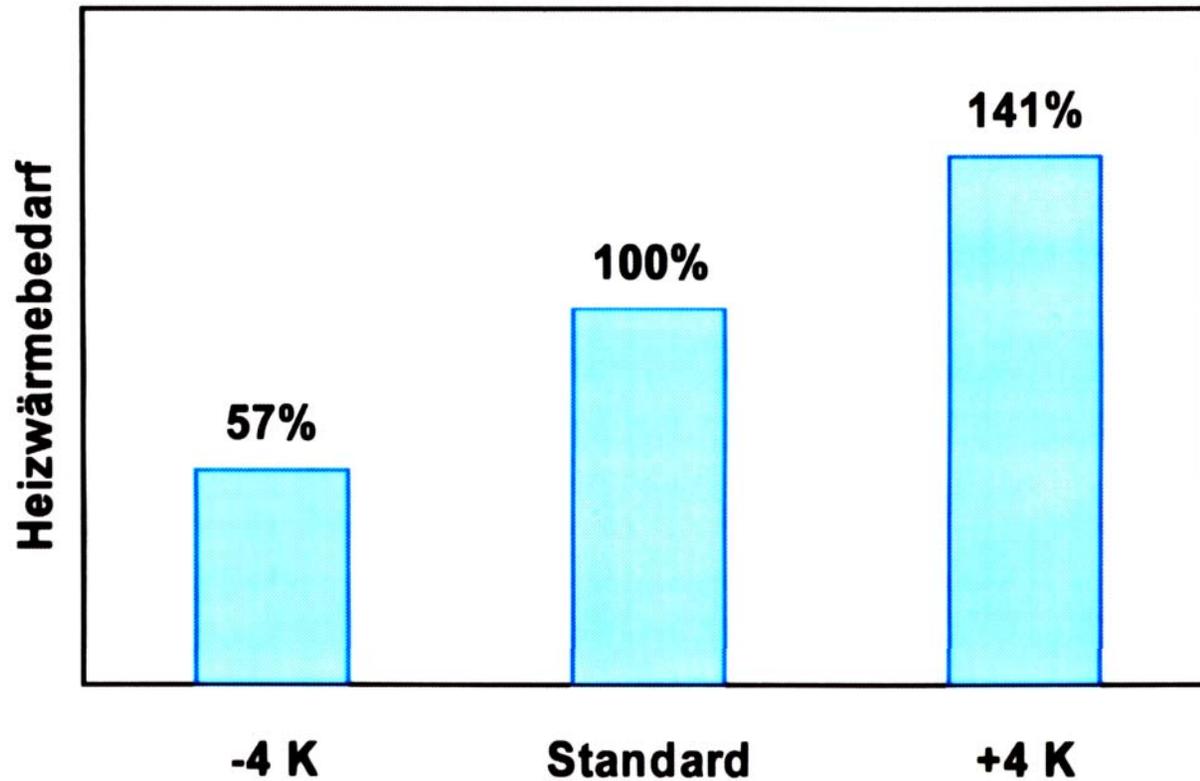
- Heizung
- Warmwasser
- Regelungstechnik

Massnahmen zur Vermeidung von Kältetechnik

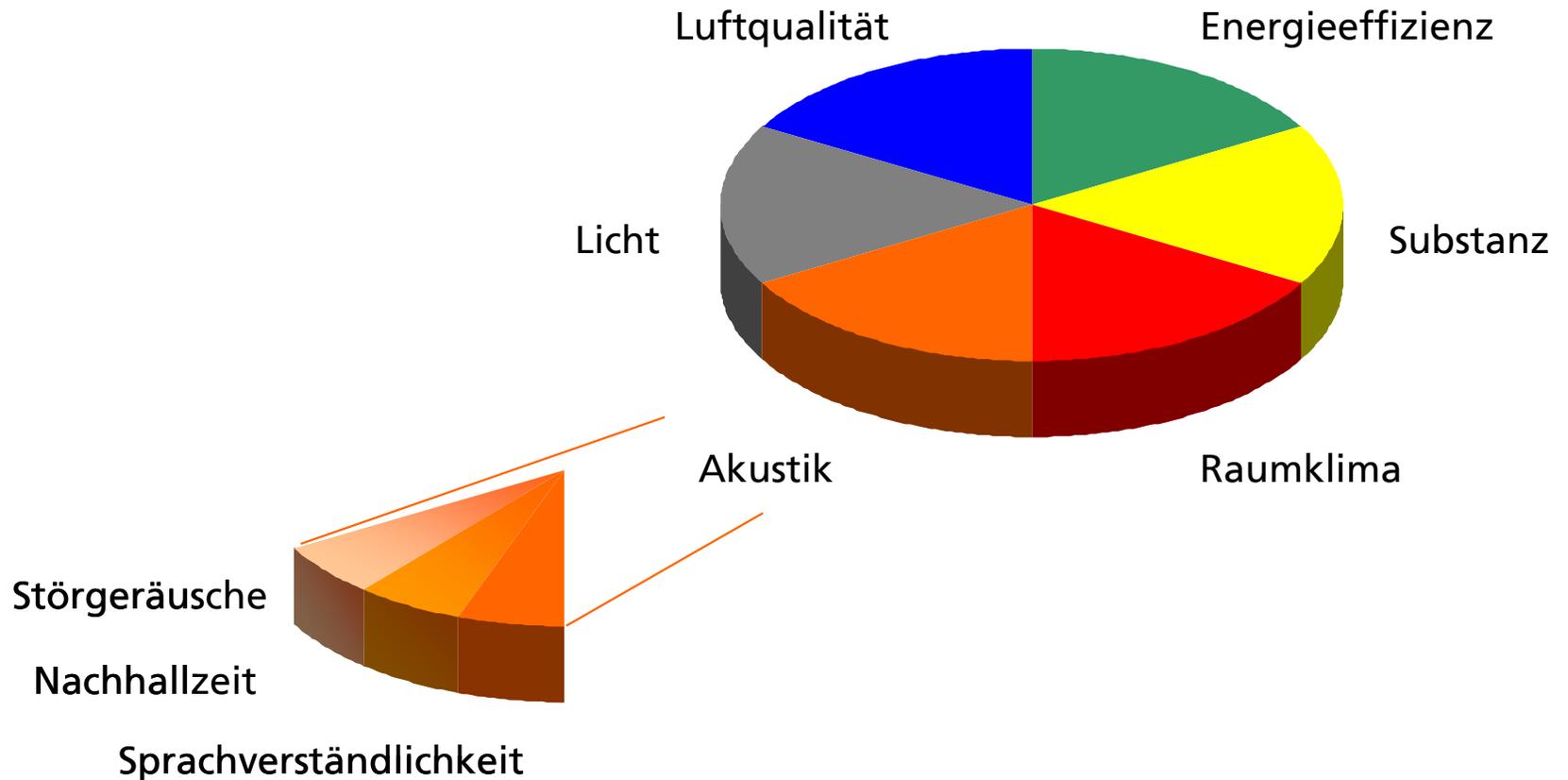
Nachtabschaltung



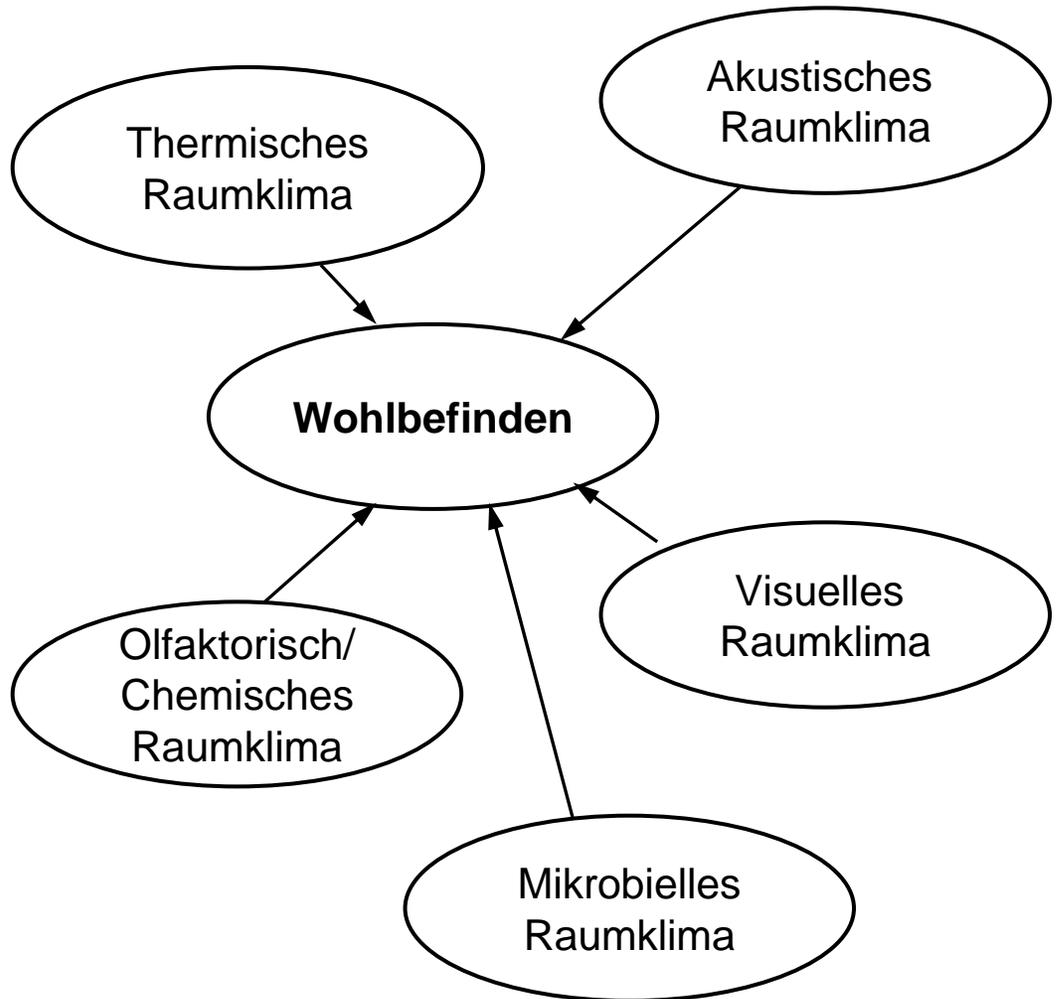
Temperaturniveau



Ganzheitliche Schulsanierung



Raumklima - Wohlbefinden



Gründe für den Handlungsbedarf

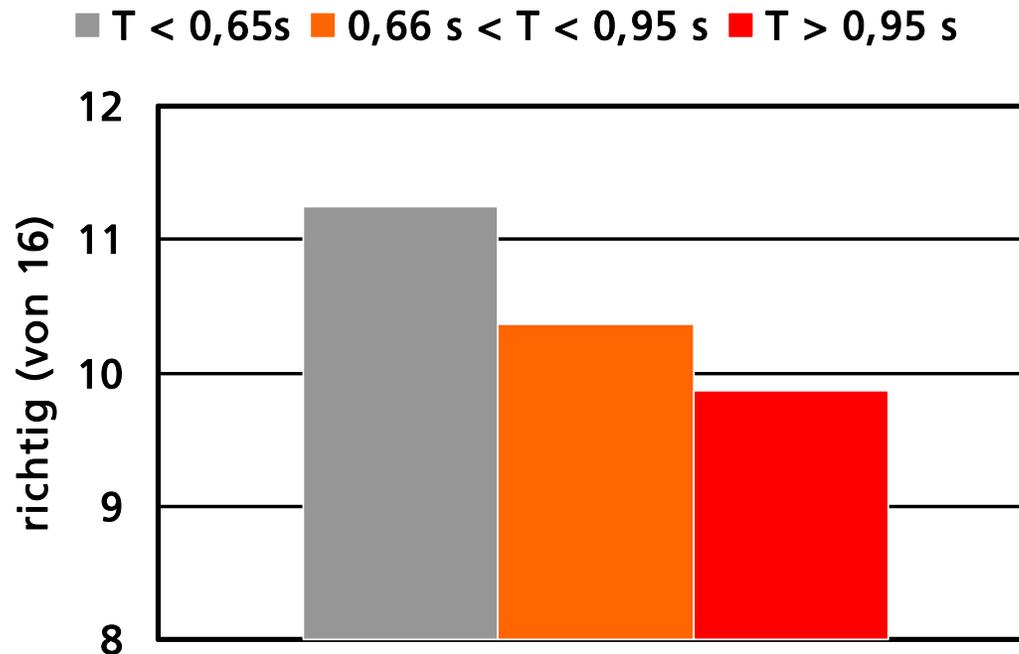
- Die Ergebnisse der PISA-Studien stellen die Lernbedingungen an deutschen Schulen in Frage.
- Die Konzentrations- und Aufnahmefähigkeit der Schüler wird durch die Luftqualität beeinflusst.
- In dicht belegten Klassenzimmern werden, vor allem im Winter, hohe Kohlendioxidkonzentrationen gemessen (Indikator für schlechte Luftqualität).
- Stoßlüftung im Winter reicht nicht aus, um gute Luftqualität zu erreichen (Zielbereich Kohlendioxid: 1000/1500 ppm).
- Der Einbau neuer luftdichter Fenster und steigende Belegung der Klassenräume durch Ganztagschulen verschärfen das Problem.

Gründe für den Handlungsbedarf

- Arbeitsbedingungen für Lehrer
fast 80 % der Lehrer klagen über ‚Lärm und schlechte Akustik am Arbeitsplatz‘
- Lernbedingungen für Schüler
Schüler ‚klagen indirekt‘ über Lärm und schlechte Akustik in der Schule
- Akute Auswirkungen schlechter Akustik
bei der Identifikation und Speicherung sprachlicher Information
- Chronische Auswirkungen
auf Arbeitsgedächtnis- und Lautverarbeitungsprozesse,
wesentliche Voraussetzungen des Schriftspracherwerbs !
- Besondere Betroffenheit von Nicht-Muttersprachlern (bis zu 20 %) und
Schülern mit Hörbeeinträchtigung (5 bis 10 %, zeitweilig und chronisch)

Beispiel: Kognitive Leistungen

Leistungen von Schülern (2. Klasse) bei einer Aufgabe zur Phonologischen Bewusstheit
Ergebnis: je kürzer die Nachhallzeit, desto besser die Leistung

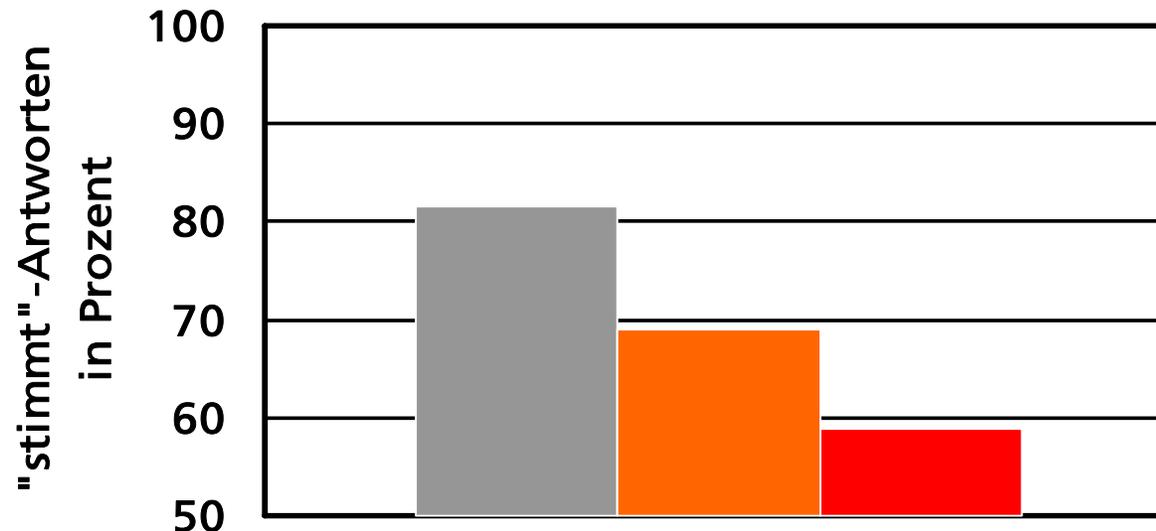


Beispiel: Soziale und emotionale Erfahrungen

Antworten von Schülern (2. Klasse) auf die Aussage: „In der Stillarbeit ist es wirklich still“

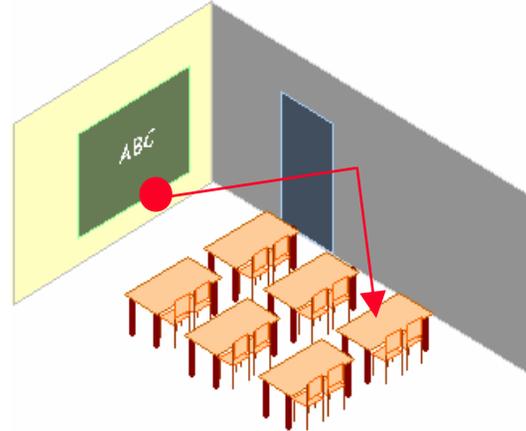
Ergebnis: je kürzer die Nachhallzeit, desto häufiger die Antwort „stimmt“

■ $T < 0,65 \text{ s}$ ■ $0,66 \text{ s} < T < 0,95 \text{ s}$ ■ $T > 0,95 \text{ s}$



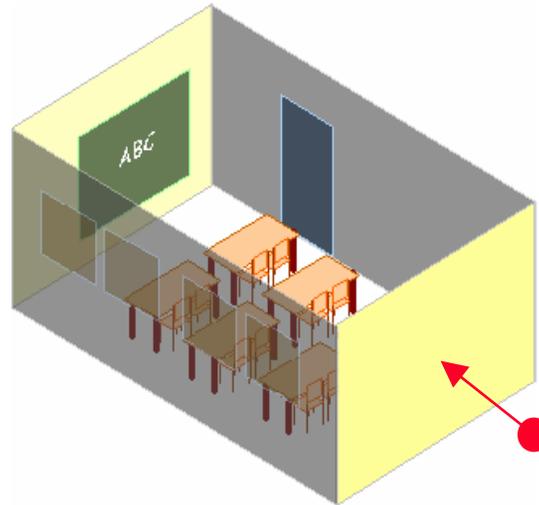
Bestandteile der akustischen Schulsanierung

- Raumakustik



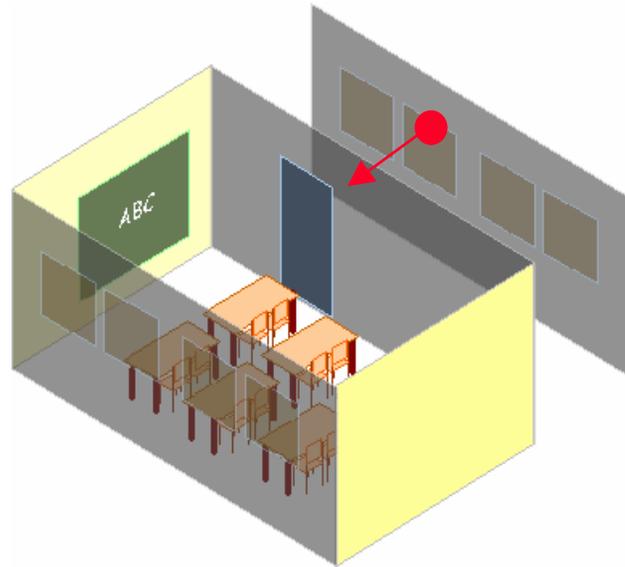
- Zielgrößen:
- Nachhallzeit $T \leq 0,5 \text{ s}$
 - hohe Sprachverständlichkeit $STI \geq 0,7$

- Raumakustik
- Schallschutz zu Nachbarräumen



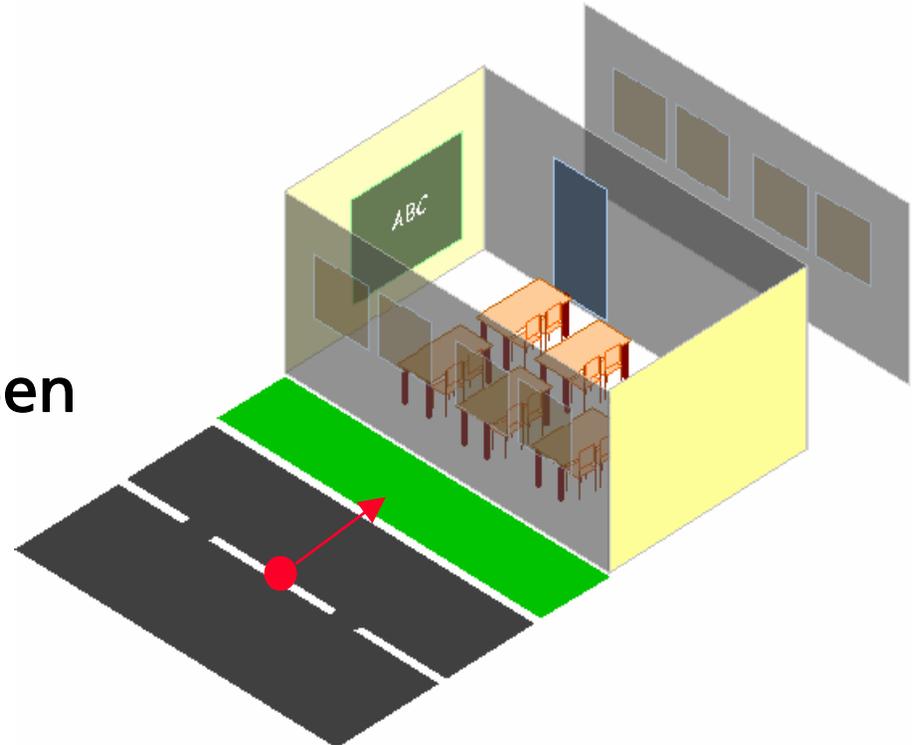
Zielgröße: Schalldämmung mindestens nach Norm (DIN 4109)

- Raumakustik
- Schallschutz zu Nachbarräumen und Fluren etc.



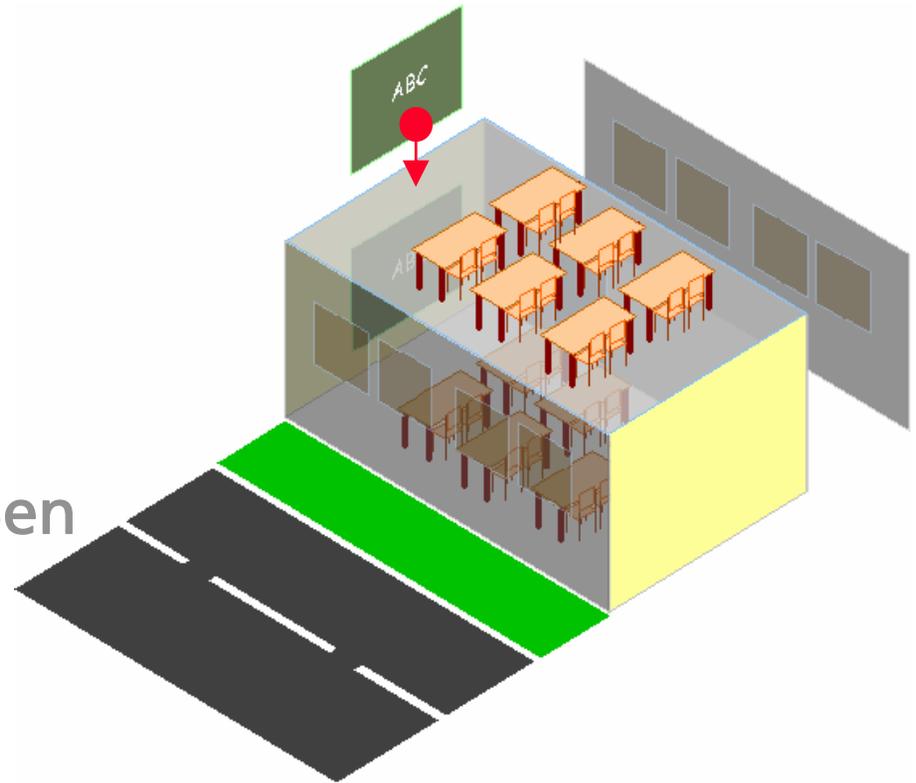
- Zielgröße:
- Schalldämmung mindestens nach Norm (DIN 4109)
 - Typische Probleme mit Türen !

- Raumakustik
- Schallschutz zu Nachbarräumen, und Fluren etc.
- **Schallschutz nach Außen**



Zielgröße: resultierender Störpegel im Raum < 35 dB

- Raumakustik
- Schallschutz zu Nachbarräumen und Fluren etc.
- Schallschutz nach Außen
- **Trittschallschutz**



- Zielgröße:
- Trittschalldämmung mindestens nach Norm (DIN 4109)
 - inkl. sonstiger Geräuschursachen (Stühle rücken etc.)

CO₂ - Gesundheit

Signifikanter Zusammenhang zwischen Kohlendioxid-Gehalt der Räume und Gesundheit (Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsfähigkeit) der Schüler

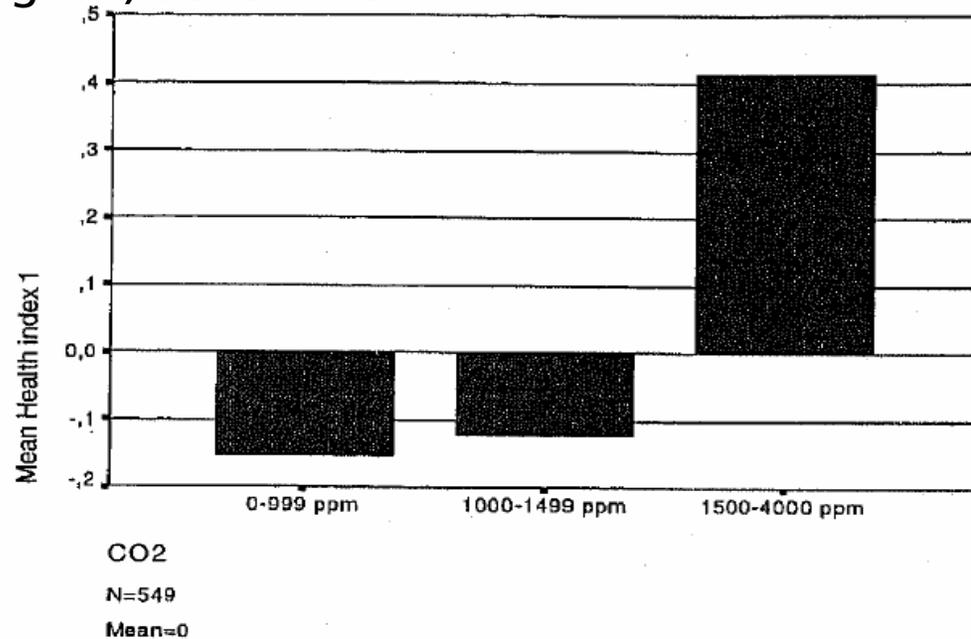


Figure 1. Health index 1 and CO₂ concentration (ppm). Positive scores at the y-axis correspond with high grade and number of symptoms.

Norwegische Studie an 8 Schulen [Myhrvold, 1996]

CO₂ - Leistung

Signifikanter Zusammenhang zwischen Kohlendioxid-Gehalt der Räume und Leistungsfähigkeit der Schüler

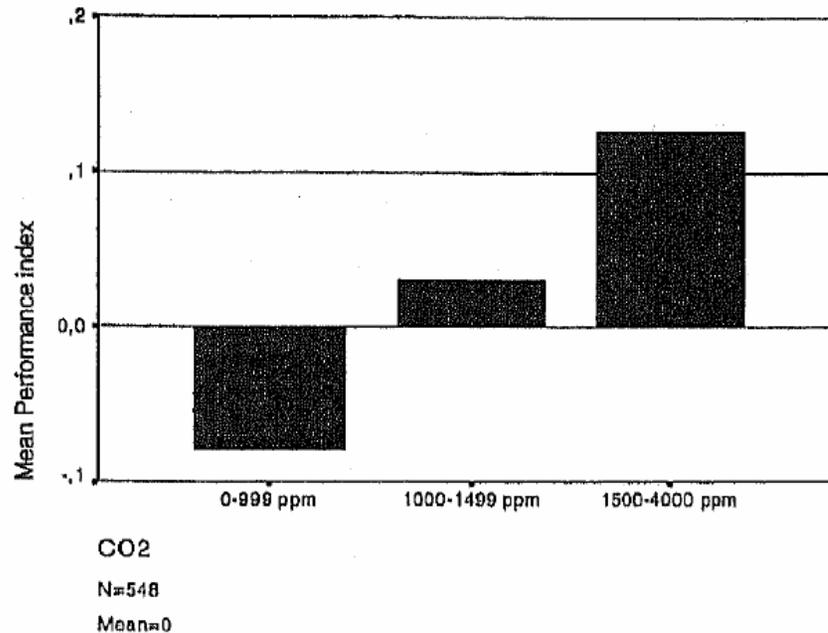
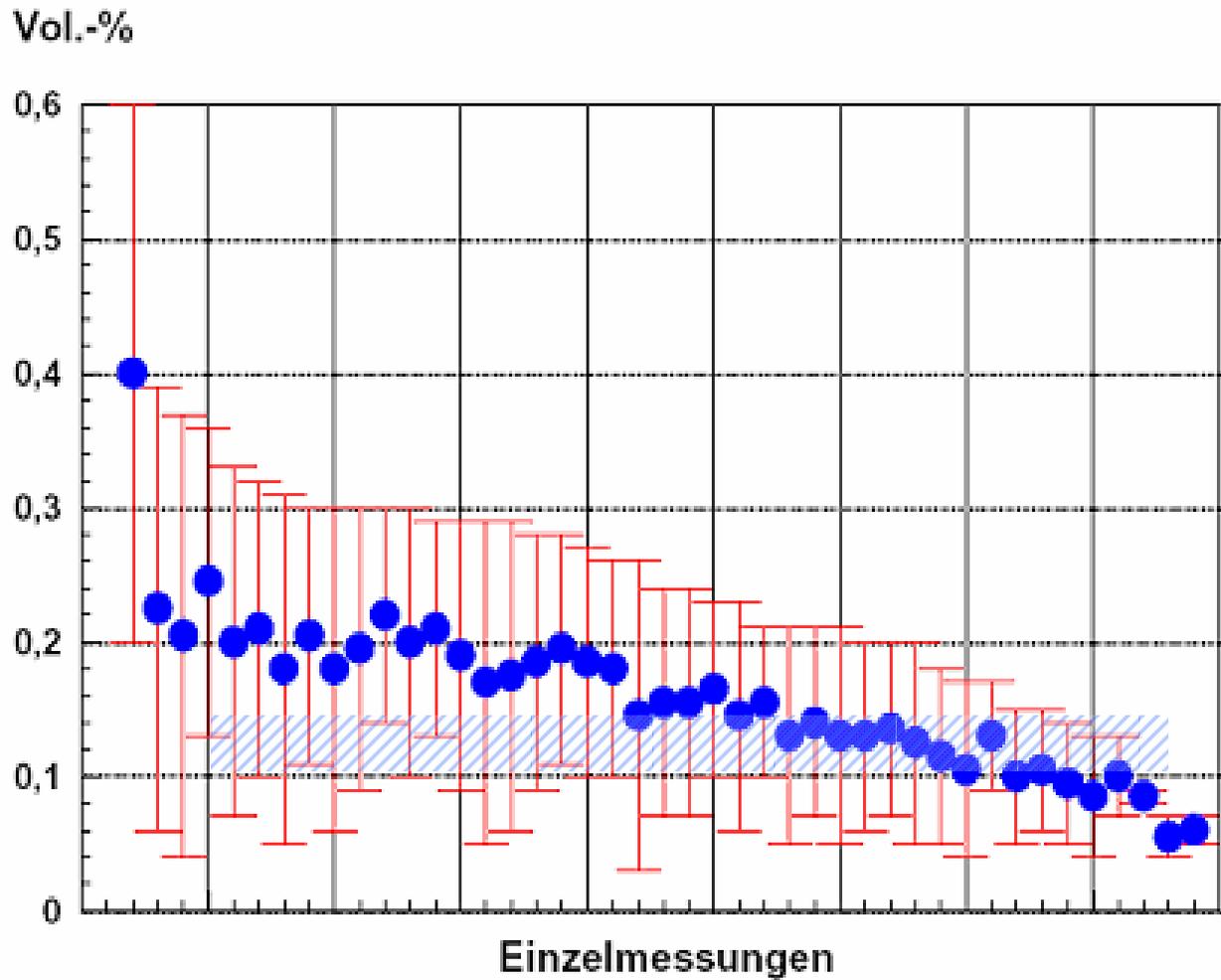


Figure 2. Performance index and CO₂ concentration (ppm). Postive scores at the y-axe correspond with poor performance, and negative score with good performance.

Norwegische Studie an 8 Schulen [Myhrvold, 1996]

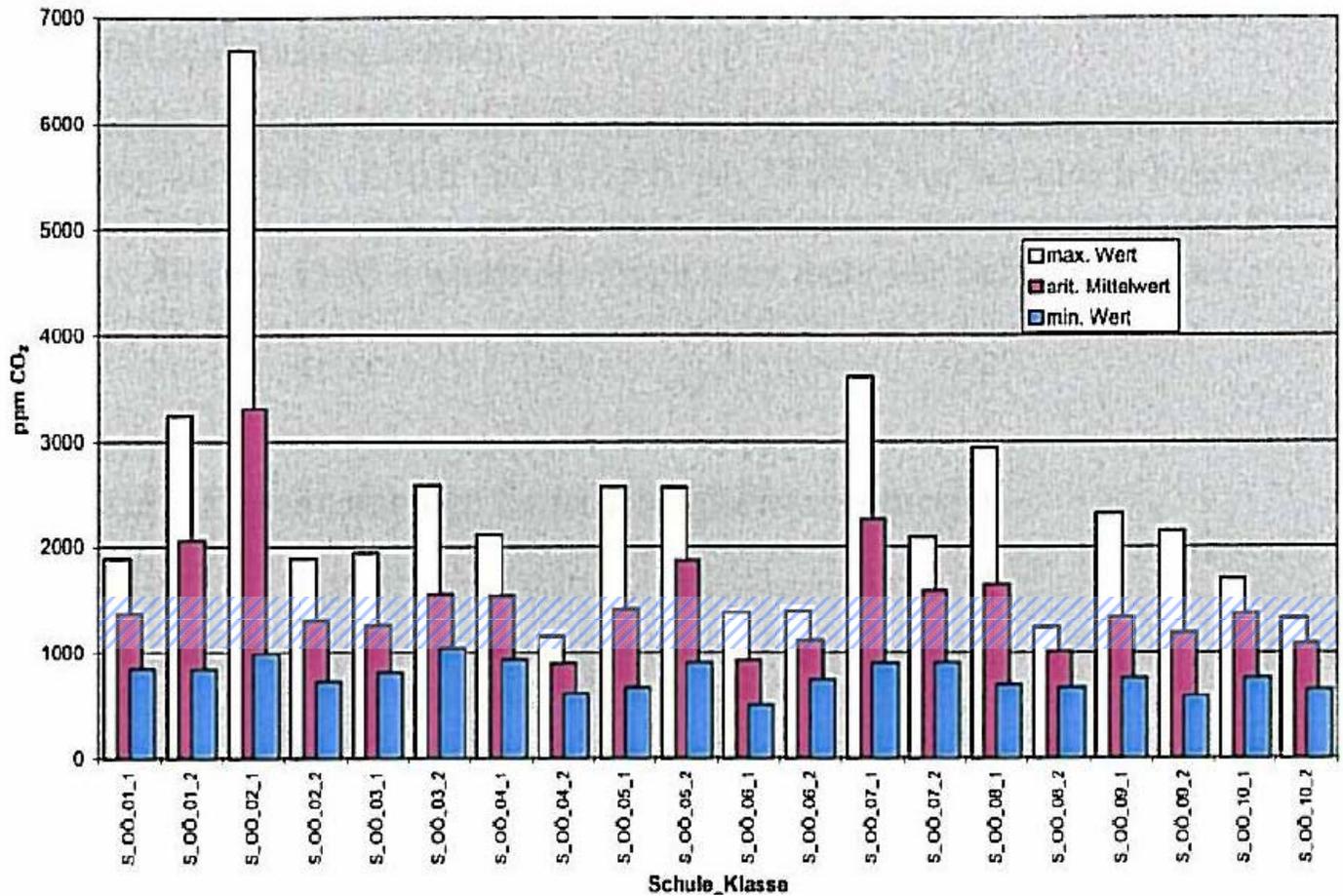
Gemessene CO₂-Werte in Schulen

Schulstudie
in Berlin



Gemessene CO₂-Werte in Schulen

Schulstudie in Oberösterreich

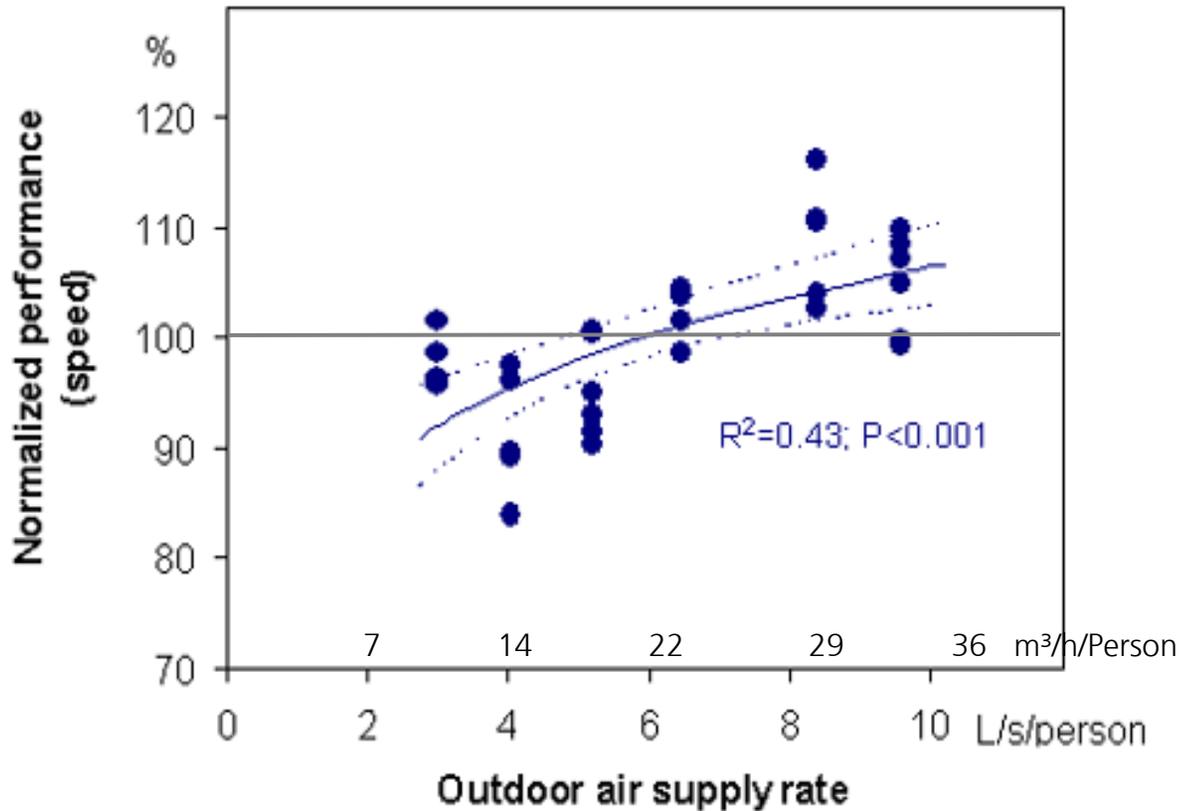


Messung an 7 Niedersächsischen Schulen

	Sommer (22 Messtage)	Winter (36 Messtage)
Unterschreitung von 1.500 ppm	In 68% der Fälle (15 Messtage)	In 11% der Fälle (4 Messtage)
Überschreitung von 1.500 ppm	In 32% der Fälle (7 Messtage)	In 89% der Fälle (32 Messtage)

Außenlufttrate und Leistung

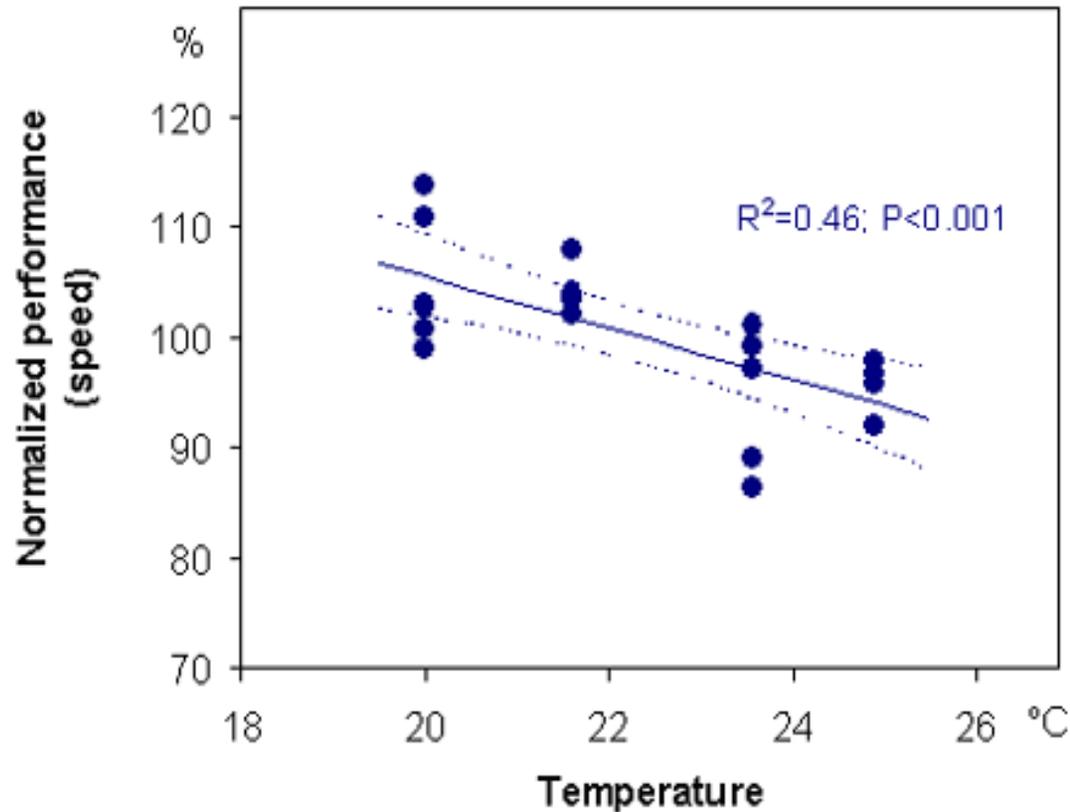
Verbesserung der Leistung um 8 – 14% bei Verdopplung der Außenlufttrate



Dänische Studie der DTU [Olesen]

Temperatur und Leistung

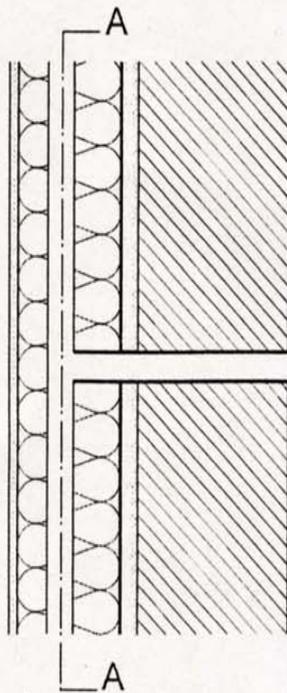
Verbesserung der Leistung um 2 - 4% bei Senkung der Innentemperatur um 1K



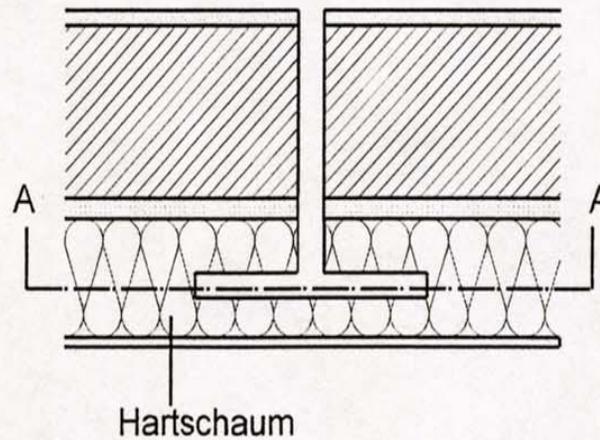
Dänische Studie der DTU [Olesen]

Wärmetechnisch sanierte Außenwand mit Lüftungskanälen

Vertikalschnitt



Horizontalschnitt



Schnitt A-A

