

# LTG Fassaden-Lüftungsgerät Typ FVS

für die maschinelle Belüftung von Klassenräumen  
mit hoher Luftqualität, thermischer Behaglichkeit  
und niedrigem Heizwärmebedarf

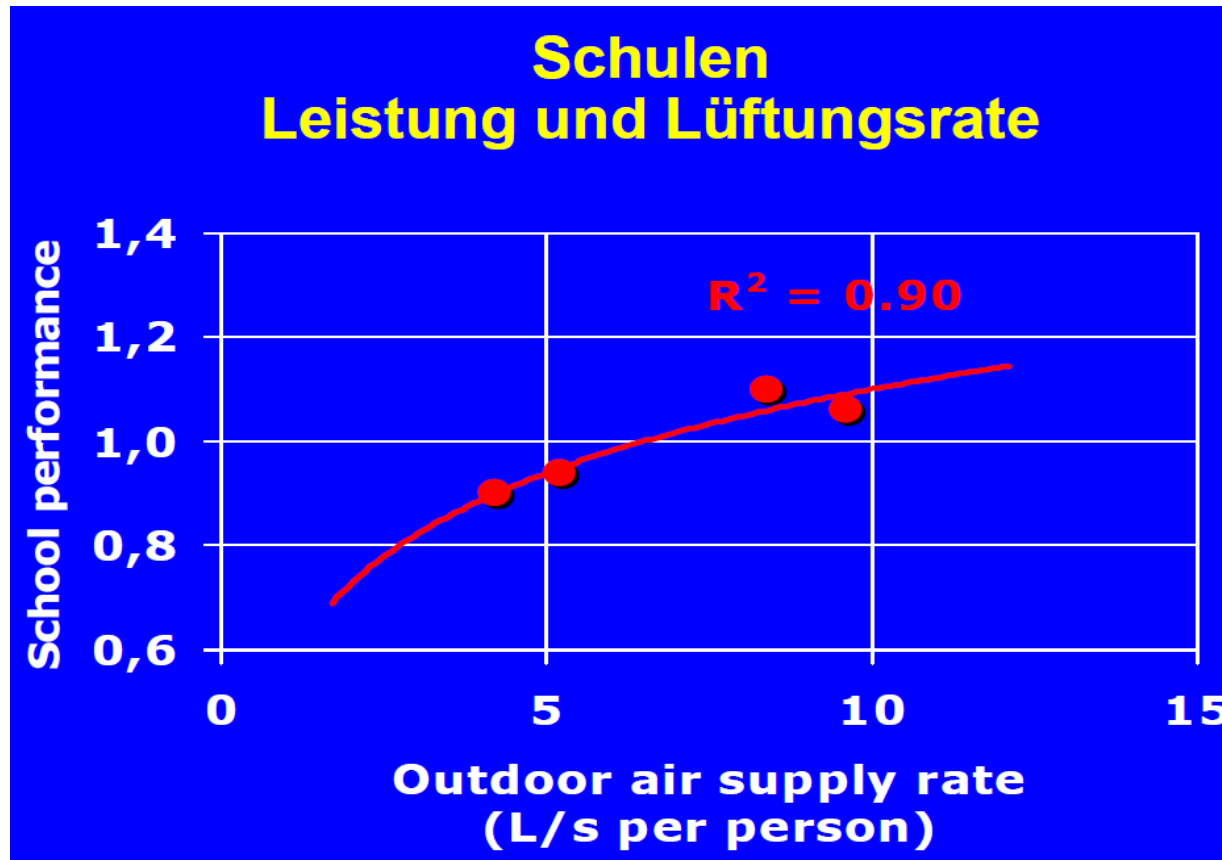
- Einfluss der Lüftung auf Gesundheit und Leistungsvermögen
  - Untersuchungen von Wargoki, Olesen
  - Leitfaden des Umweltbundesamts
  - Erfahrungen mit freier Lüftung von Klassenräumen
- Auslegung der freien und maschinellen Lüftung
  - Einsatzbereich der freien Lüftung
  - erforderliche Außenluftströme nach DIN EN 15251
  - Argumente für eine hybride Lüftung
- Zentrale oder dezentrale maschinelle Lüftung
- Anforderungen an Klassenräume
- Anforderungen an maschinelle Lüftung
  - Wahl der Wärmerückgewinnung
- Hinweise für energetische Sanierung von Klassenräumen
  - Beispiel eines energetischen Vergleichs
- Fassadenlüftungsgerät FVS
  - Gerätearten, Einbaubeispiele
  - technische Daten
  - nutzungsabhängige Betriebsweise
  - Fassadenintegration

- Messung der Leistung von Schülern abhängig von Raumtemperatur und Außenluftrate

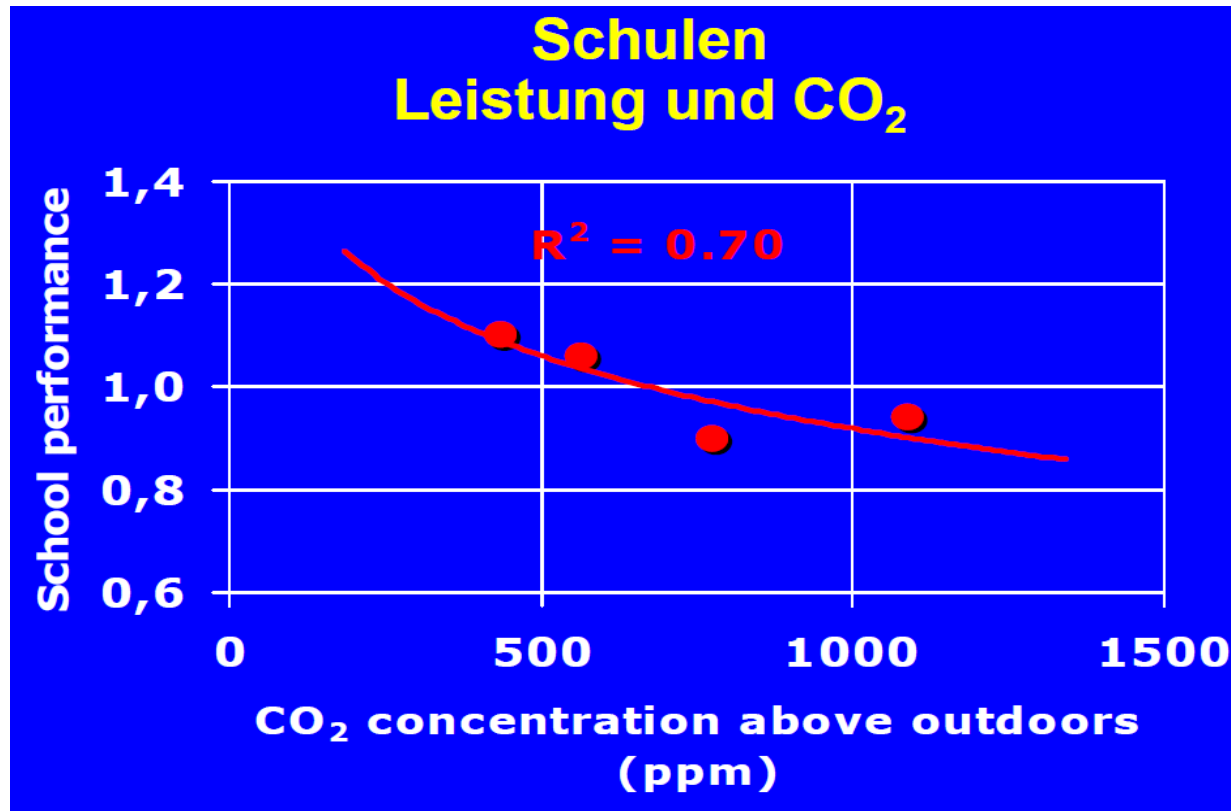


Quelle: ICEBO 2008: Pawel Wargocki

International Center for Indoor Environment and Energy / Technical University of Denmark



Quelle: Indoor Air 2008: Professor Dr. Ing Bjarne W. Olesen  
International Center for Indoor Environment and Energy / Technical University of Denmark



CO<sub>2</sub> in Außenluft 400 – 500 ppm  
muss addiert werden

Quelle: Indoor Air 2008: Professor Dr. Ing Bjarne W. Olesen  
International Centre for Indoor Environment and Energy / Technical University of Denmark

- Die **Erhöhung der Lüftungsrate** in Klassenräumen hat die Luftqualität und die Leistung (Lernfähigkeit) verbessert
- Die **Absenkung der Raumtemperatur** in Klassenräumen hat die Thermische Behaglichkeit und die Leistung (Lernfähigkeit) verbessert
- In beiden Fällen wurde die Schularbeit schneller und ohne höhere Fehlerrate gemacht
- Die Fenster wurden wegen zu hoher Raumtemperaturen und nicht wegen schlechter Luftqualität geöffnet
- Fensterlüftung konnte nicht die erforderliche Lüftungsrate sicherstellen
- Der Einsatz von Kühlung hat den Grund zum Fensteröffnen eliminiert und damit die Lüftungsrate reduziert
- eine verringerte Feinstaubbelastung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Leistung der Schüler (Ausnahme Pollen als Allergene)

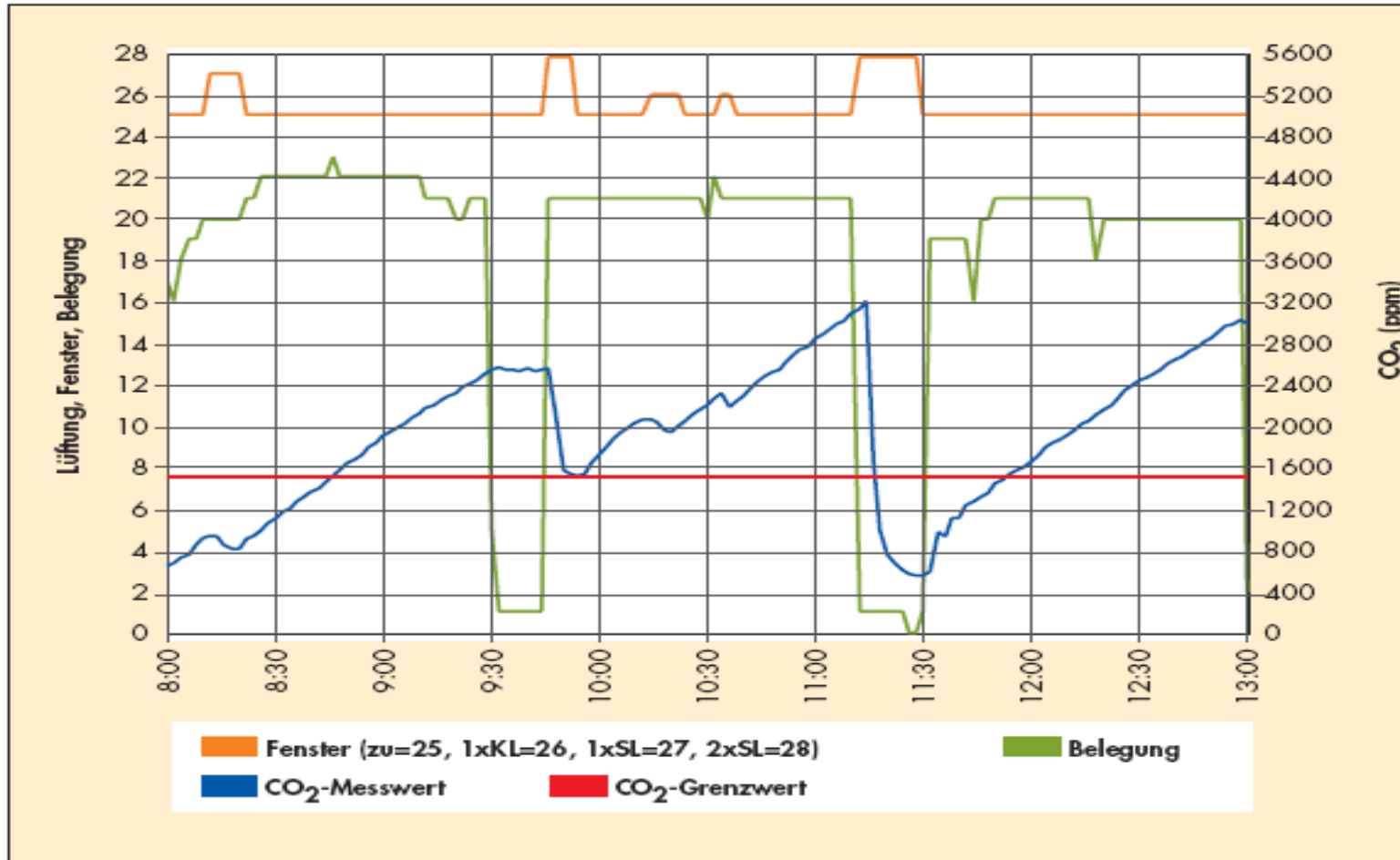


- Kohlendioxid -Konzentration < 1.000 ppm
- kontrollierte Raumluftfeuchte
  - Minimierung des Wachstums von Mikroorganismen
- Luftbefeuchter vermeiden
- TVOC < 1 mg/m<sup>3</sup>
  - Total Volatile Organic Compound (flüchtige Kohlen-Wasserstoff-Verbindungen)
- Beispiel Toluol < 3mg/m<sup>3</sup> (RW II)
  - Richtwerte II erfordern bei Überschreitung Abhilfemaßnahmen
- Minimierung Feinstaubkonzentration
  - Innenraumgrenzwerte liegen nicht vor
  - lungengängiger Feinstaub stammt von Außenluft (→ Feinfilter erforderlich)
  - Feinstaub –Grenzwerte in Außenluft sind zu berücksichtigen
- Minimierung Gerüche
  - durch Lüften, d.h. Verdünnen mit Außenluft
- Einhaltung Schallschutz
  - Fassade  $R_w > 47$  dB
  - Innenwände  $R_w > 47$  bis 55 dB

- freies Lüften nur durch Stoßlüftung
  - alle Fenster in jeder Pause vollständig öffnen
  - Querlüftung einseitiger Raumlüftung vorziehen
  - Heizventile beim Lüften schließen
  - übermäßige Raumauskühlung vermeiden
  - Heizung für schnelle Wiederaufheizung auslegen
  
- Paradigmenwechsel zur maschinellen Lüftung?
  - Appelle zum richtigen Lüften haben Raumluftqualität in Schulen nicht verbessert
  - dauerhaft gute Luftqualität ohne maschinelle Lüftung nicht erreichbar
  - Zwang zum Einsparen von Heizenergie, Primärenergie fordert kleinere Lüftungswärmeverluste

## Freie Lüftung über Fenster oder Lüftungsanlagen in Schulen?

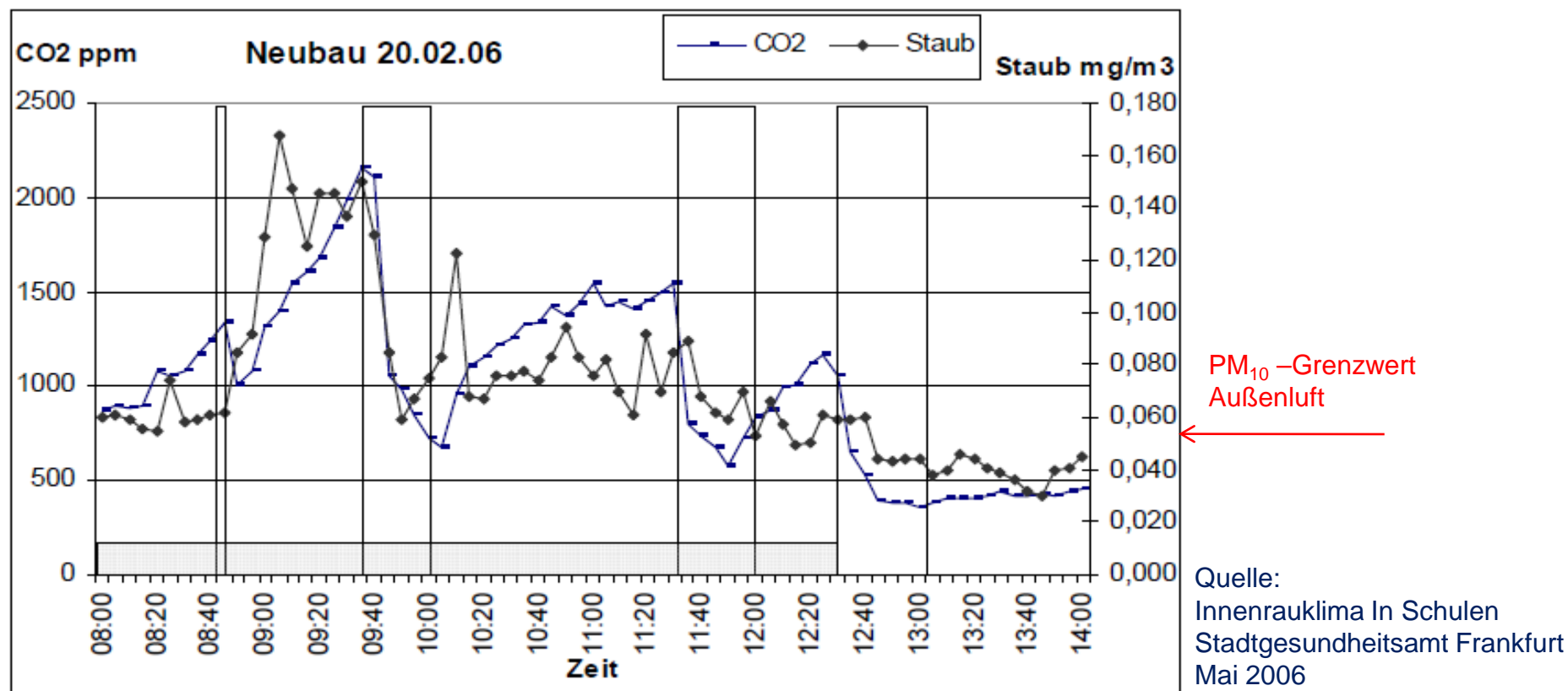
Wir stehen heute zweifelsohne vor einem gewissen Paradigmenwechsel im Denken und im Handeln. Die aktuelle Situation in vielen Schulen zeigt, dass allein mit Aufforderungen zum regelmäßigen und intensiven Lüften das CO<sub>2</sub>-Problem mancherorts nicht mehr in den Griff zu bekommen ist. Lüftungstechnische Maßnahmen werden dann unerlässlich, um eine nutzerunabhängige und dauerhafte Luftgüte mit geringer CO<sub>2</sub>-Konzentration zu erreichen. Eine regelmäßige Wartung und Kontrolle der Anlage ist erforderlich, damit diese nicht selbst zu hygienischen Problemen führt.



**11**  
Messungen in einer fenstergelüfteten Klasse in Aachen  
(KL-Kipp Lüftung, SL-Stoßlüftung)

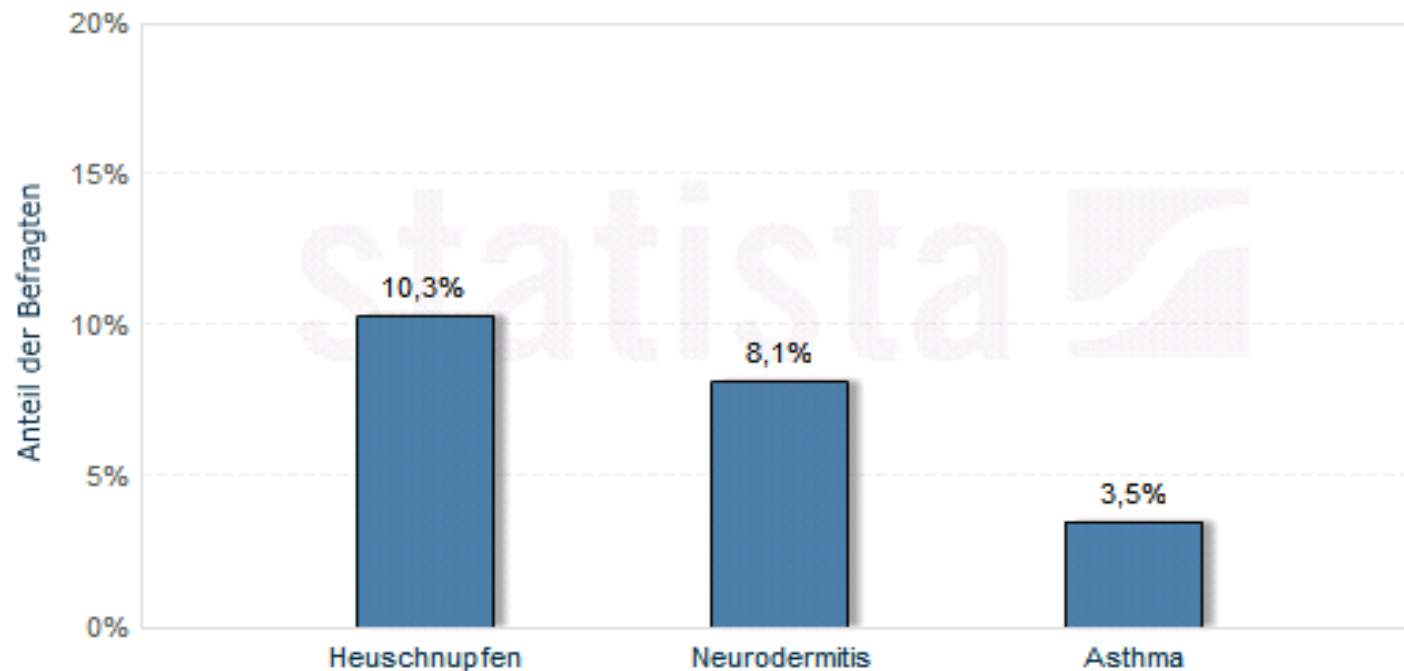
Quelle: BINE, Gebäude sanieren - Schulen, 2006

- Feinstaub an CO<sub>2</sub> gekoppelt
- Lüftung verringert Feinstaubkonzentration



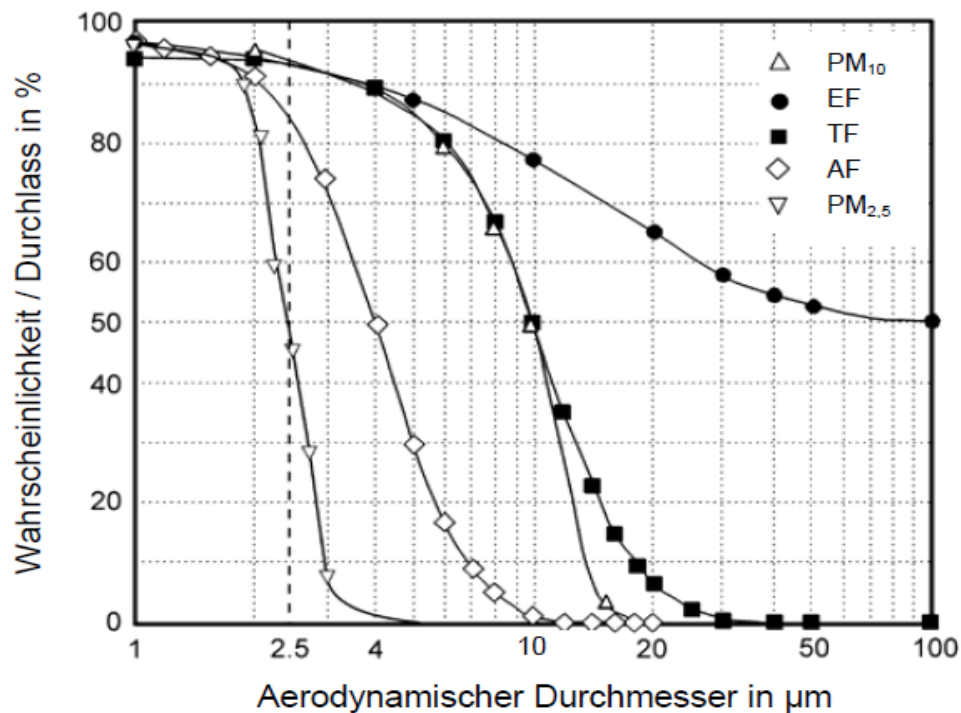
**Feinstaub- und Kohlendioxidkonzentrationen in der Raumluft  
Außenbereichsschule A - Neubauklassenraum in Abhängigkeit von der Lüftung (senkrechte  
Balken) und der Anwesenheit von Schülern (waagerechte Balken)**

## Häufigkeit des Vorkommens von allergischen Erkrankungen bei Jungen



© Statista 2009  
Quelle: BMG, BMBF

- Mechanische Lüftung mit hochwertigen Filtern ( F7) scheiden ab
  - lungengängiger Feinstaub  $PM_{2,5}$ 
    - 1 – 5  $\mu\text{m}$  : 82% Abscheidegrad
    - 0,5 – 1  $\mu\text{m}$ : 75% Abscheidegrad
  - Pollen
    - 3 – 100  $\mu\text{m}$  > 99% Abscheidegrad



Korrelation mit Staubgrenzwerten in Außenluft bezogen auf Partikelfraktion  $PM_{10}$

- >50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  an max. 35 Tagen im Jahr
- max. 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel
- $PM_{10}$  ist einatembarer Feistaub
- $PM_{2,5}$  ist lungengängiger Feinstaub
- 2,5 bzw. 10 ist mittlerer aerodynamischer Partikeldurchmesser in  $\mu\text{m}$  bei 50% der Partikelmasse

## Wie lässt sich die Feinstaubbelastung in Schulen am ehesten reduzieren?

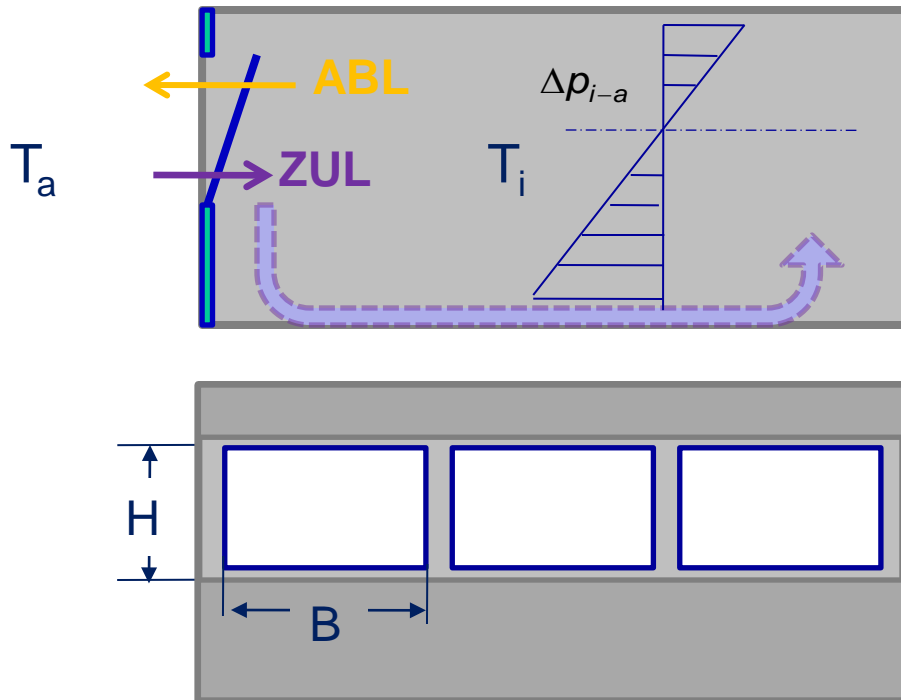
Für eine Verringerung der Konzentrationen an Feinstaub, insbesondere des größeren Feinstaubes in der Innenraumlufte von Schulen ist in erster Linie eine effektive Lüftung wichtig. Die Feinstaubkonzentration in Innenräumen hängt –wenn nicht geraucht wird – vor allem von der Luftqualität der Außenluft ab.

Nur bei extrem belasteten Außenluftsituationen sind Maßnahmen zur Reduktion des Feinstaubetrags aus der Außenluft, wie der Einbau mechanischer Lüftungsanlagen mit Filterung der Zuluft, vorzusehen. Die Lüftungssysteme sind regelmäßig zu warten (Filterwechsel, Kontrolle der Lüftungsschächte auf Sauberkeit und Dichtheit).

- als Spaltlüftung bei niedrigen Außentemperaturen einsetzbar
- hohe Lüftungswärmeverluste
- Zugluftprobleme
- bei nach innen dichtem Raum kein Windeinfluss

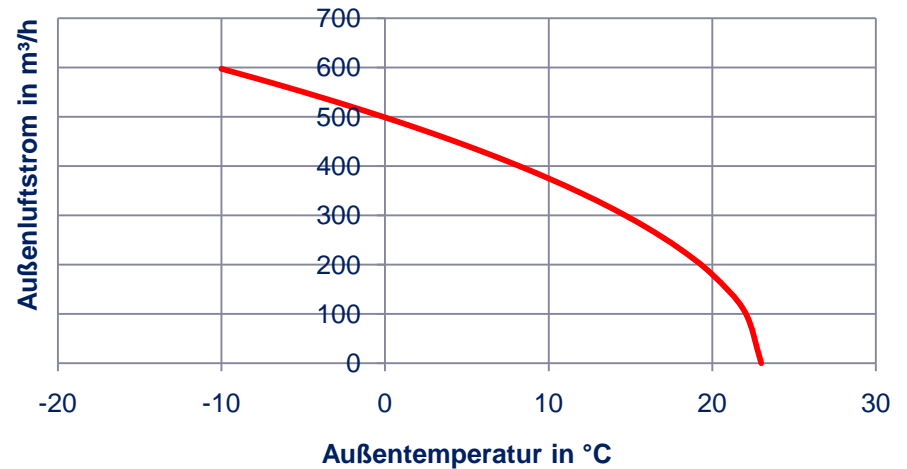
$$V = k_1 \cdot B \cdot H^{1,5} \cdot \sqrt{T_i - T_a}$$

$$V = 220 \cdot \alpha \cdot B \cdot H^{1,5} \cdot \sqrt{T_i - T_a}$$



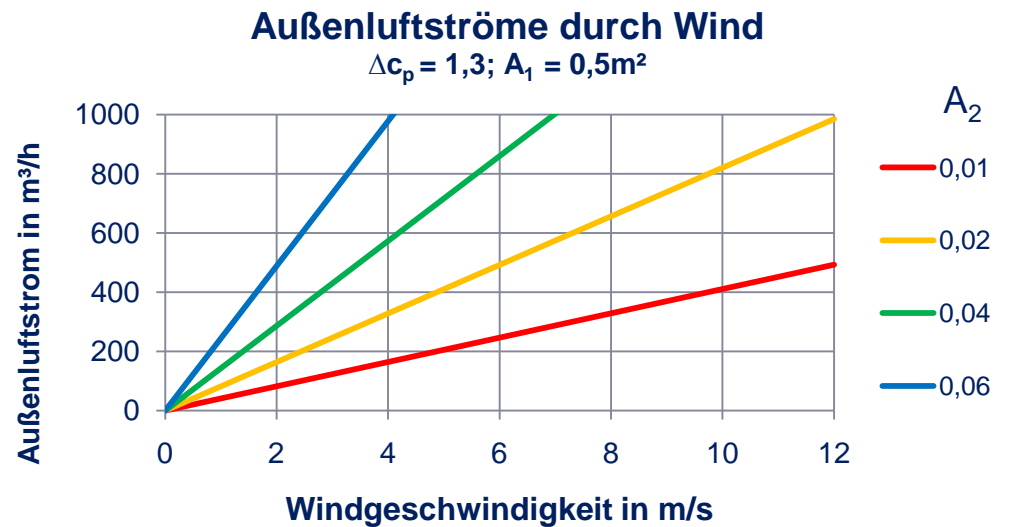
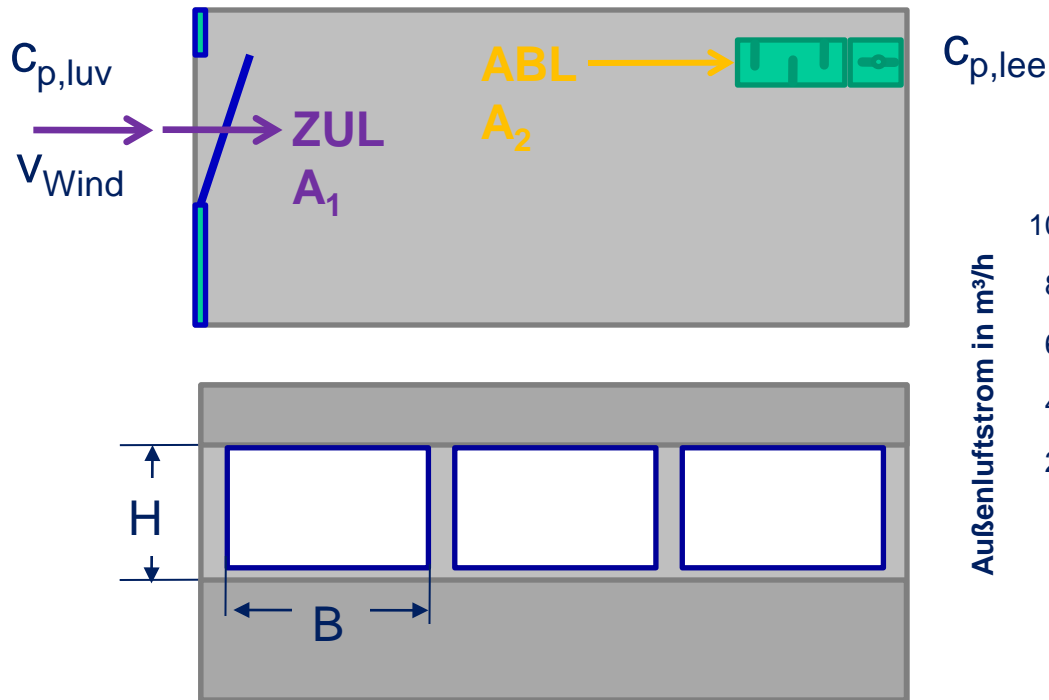
Außenluftströme durch Temperaturunterschiede

$T_{\text{Raum}} = 23^\circ\text{C}$



- nur als Stoßlüftung geeignet
- Dauerlüftung nur mit geregelter Überströmklappe
- Überlagerung mit thermischer Lüftung, ab 2-3m/s dominiert Windeinfluss

$$\dot{V} = k_2 \cdot v_{Wind} \cdot \sqrt{\frac{C_{p,luv} - C_{p,lee}}{\frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2}}}$$



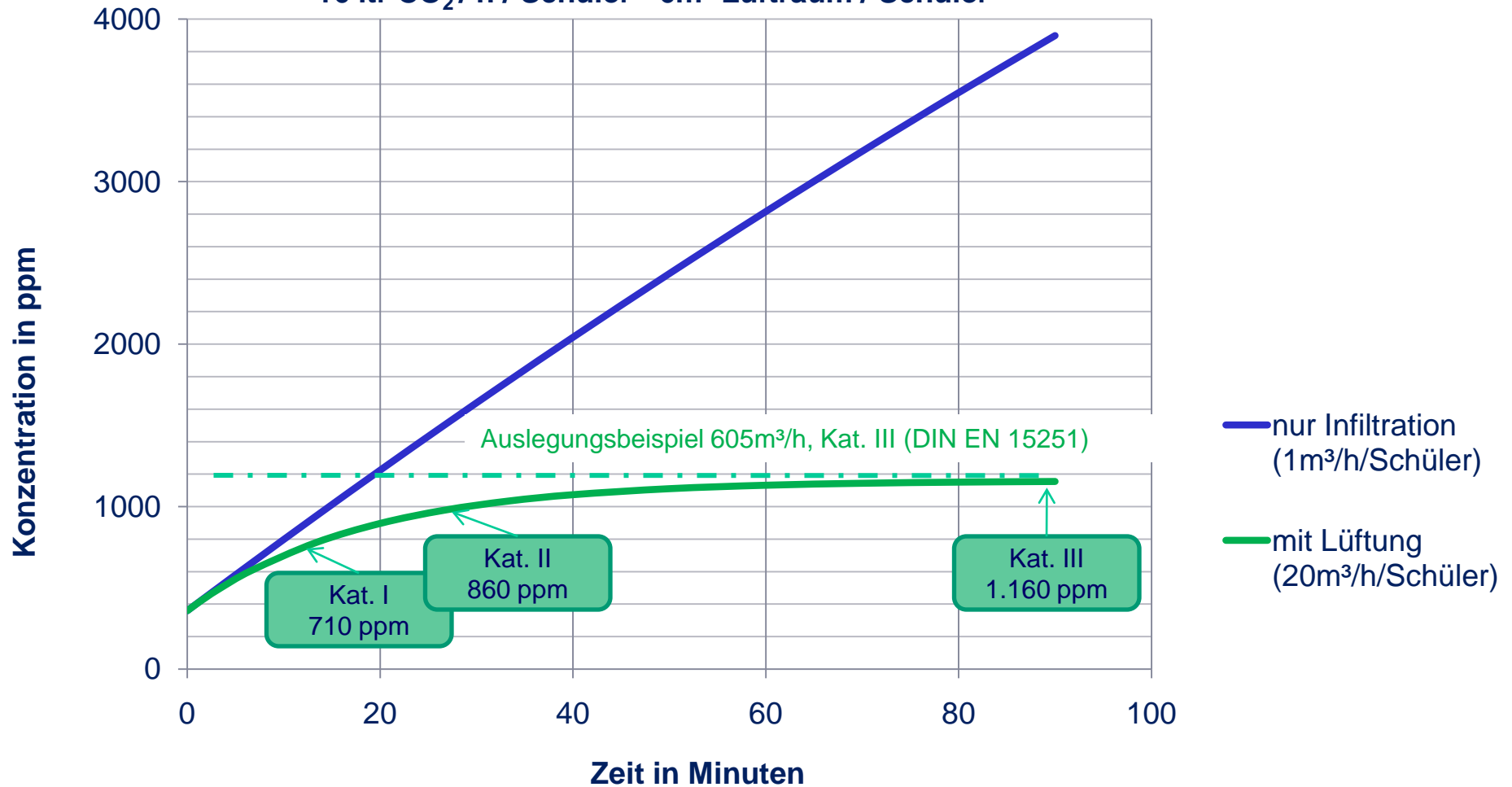
$v_{Wind}$  Windgeschwindigkeit  
 $c_p$  Winddruckbeiwert (Formparameter)

- wenn man einen CO<sub>2</sub>-Pegel von 1.000 ppm als Grenzwert festlegt
  - kann Dauerlüftung dies nicht bei allen Wetterbedingungen gewährleisten.
  - ist allein Stoßlüftung in den Pausen (nach 45 Minuten) nicht ausreichend
- aus akustischen Gründen kann freies Lüften eingeschränkt sein
  - durch Verkehrslärm
  - durch Pausenlärm
- Konsequenzen
  - bei Außentemperaturen > 15 – 20°C
    - thermische Behaglichkeit an fensternahen Sitzplätzen akzeptabel
    - Dauerlüftung möglich
  - bei Außentemperaturen < 15 – 20°C
    - Stoßlüftung während des Unterrichts erforderlich (alle 20 Min.)
    - thermischer Diskomfort nicht zu vermeiden
    - Störung, Unterbrechung des Unterrichts nicht zu vermeiden
  - Lüftungswärmeverluste müssen in Kauf genommen werden

Kategorien nach DIN EN 15251 und DIN EN 13779

Kategorie	CO <sub>2</sub> Konzentration in ppm über Außenluft		CO <sub>2</sub> Konzentration in ppm absolute Standardwerte
	üblich	Standard	
I	< 400	350	350 + 400 = 750
II	400 - 600	500	500 + 400 = 900
III	600 – 1000	800	800 + 400 = 1.200
IV	> 1000	> 800	> 1200

## CO<sub>2</sub>-Anstieg im Schulraum 16 ltr CO<sub>2</sub>/h / Schüler - 6m<sup>3</sup> Luftraum / Schüler



- grundlegende Formel

$$V_{out} = q_p \cdot n + q_b \cdot A$$

- mit folgenden Annahmen

- Grundfläche
- Anzahl Schüler(innen)
- Lüftungsrate pro Schüler(in)
- Lüftungsrate pro Schüler(in)
- Lüftungsrate schadstoffarmes Gebäude
- Lüftungsrate nicht schadstoffarmes Gebäude
- Lüftungsrate schadstoffarmes Gebäude
- Lüftungsrate nicht schadstoffarmes Gebäude

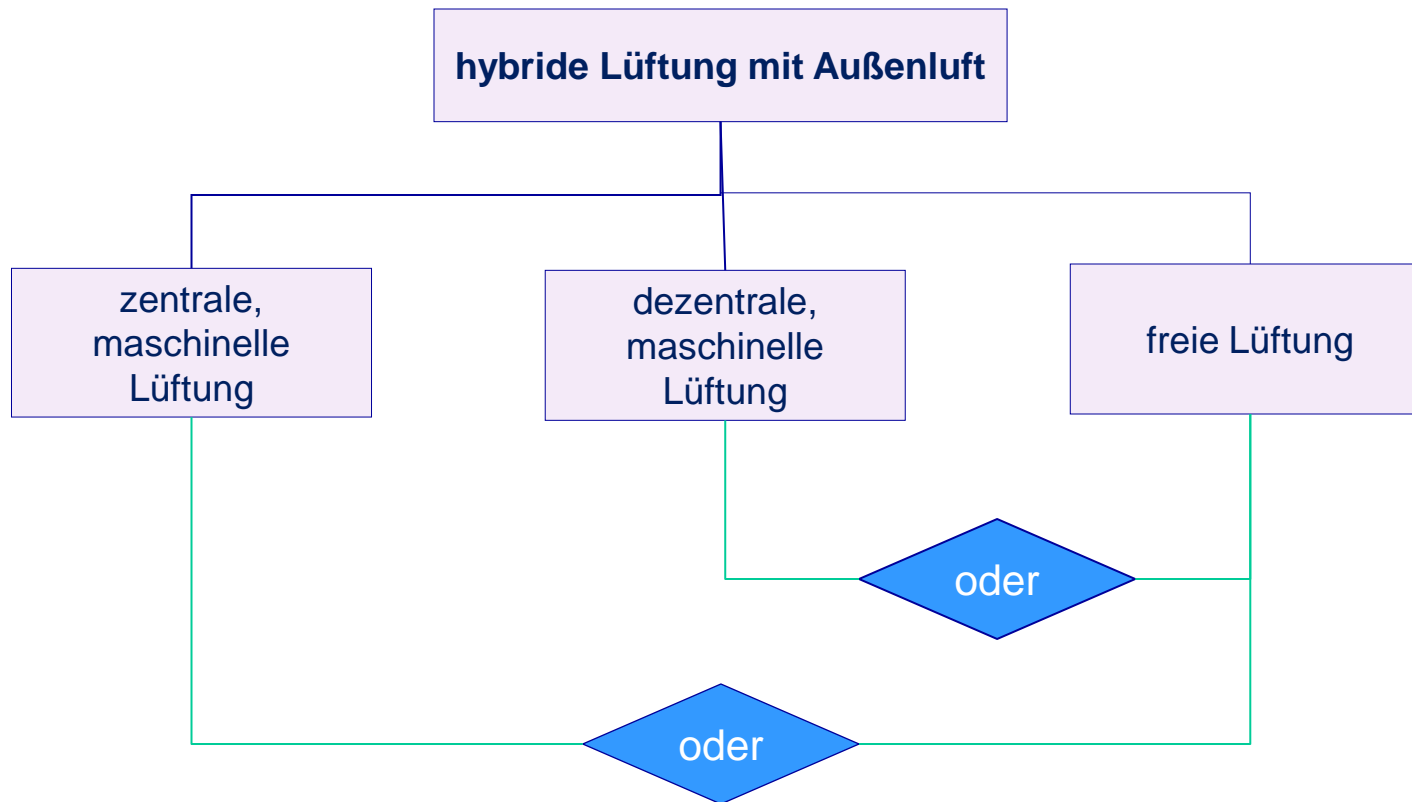
$V_{out}$  Außenluftstrom  
 $A$  Grundfläche  
 $q_p$  Lüftungsrate pro Person  
 $q_b$  Lüftungsrate aufgrund von Gebäudeemissionen  
 $n$  Anzahl Personen  
 Kat.1 hohe Erwartungen  
 Kat.2 normale Erwartungen  
 Kat.3 annehmbares Maß an Erwartungen

60 m<sup>2</sup>  
 30  
 25 m<sup>3</sup>/h Kategorie 2  
 14 m<sup>3</sup>/h Kategorie 3  
 2,5 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>) Kategorie 2  
 5,0 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>) Kategorie 2  
 1,4 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>) Kategorie 3  
 2,9 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>) Kategorie 3

Emissionen	schadstoffarm	nicht schadstoffarm
Kategorie 2	907 m <sup>3</sup> / h	1.058 m <sup>3</sup> / h
Kategorie 3	518 m <sup>3</sup> / h	605 m <sup>3</sup> / h

 bei Neubau möglich
  bei Sanierungen (20m<sup>3</sup>/h/Schüler)

- freie Kühlung bei RLT-Anlagen ohne Kälteanlage wichtig
- Abschaltung der Ventilatoren durch Fensterkontakte spart Strom
- alternativ zentrale Sperrung der Lüftungsgeräte
- Abluftventilator zur Unterstützung der Fensterlüftung zuschaltbar



- beim Neubau entscheiden häufig Investitionskosten
  - anteilig höhere Mehrkosten der dezentralen RLT-Geräte sind mit Kosten für Luftnetz ,Technikräume und Schächten zu verrechnen
  - größere Innenzonen lassen sich zentral besser belüften
- bei Nachrüstung einer mechanischen Lüftung
  - sind raumweise zugeordnete RLT-Geräte häufig wirtschaftlicher
  - sind bei nicht verfügbarem Einbauraum, zu kleiner Geschosshöhe nur dezentrale Geräte einsetzbar
  - ist mit dezentralen Geräten eine zeitlich gestaffelte Nachrüstung, z.B. in den Ferien einfacher umzusetzen
- dezentrale Lüftungsgeräte
  - eignen sich besser für eine nutzungsabhängige Lüftung mit kleinerem Energiebedarf
  - erfordern eine sorgfältige Planung der Luftanschlüsse und wettergeschützten Luftdurchlässe in der Fassade

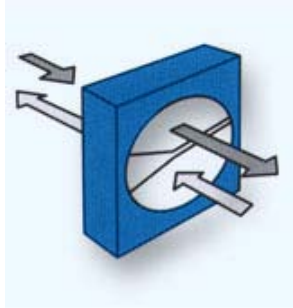
- gute Raumluftqualität
  - CO<sub>2</sub> - Konzentration < 1.000 ppm absolut (Mittelwert einer Unterrichtsstunde)
  - gute Lüftungseffektivität
- hohe thermische Behaglichkeit
  - Begrenzung der empfundenen Raumtemperatur im Winter
    - dichte, hoch dämmende Fassade, Fenster (U-Wert < 1 W/m<sup>2</sup>/K)
  - Begrenzung der sommerlichen Raumtemperatur
    - sehr guter Sonnenschutz
    - ausreichende Speichermasse
    - Nachtlüftung
  - geringe Zugluftbelastung
- gute Lichtqualität
  - Tageslichtquotient
  - Blendschutz
  - energieeffizientes Kunstlicht
- gute akustische Qualität
  - Schallschutz der Außenwände, Fenster (geschlossen)
  - akustische Qualität des Klassenraums (Sprachverständlichkeit)
    - Schallschutzdecke
  - Störschallpegel durch Lüftung
- hohe energetische Qualität
  - niedriger Heizbedarf (z.B. < 30kWh/m<sup>2</sup>/a = 3L-Schule)
  - niedriger Strombedarf (Beleuchtung, Lüftung)

- Lärm ist die häufigste Klage von Lehrkräften
- mittlere Schallpegel im Unterricht
  - bei Stillarbeit 50 – 60 dB(A)
  - bei Gesprächen 60 – 80 dB(A)
  - Lehrer(in) spricht 65 – 80 dB(A)
  - ruhige Klasse 60 dB(A)
  - laute Klasse 90 dB(A)
- Bedeutung der Raumbedämpfung, Nachhallzeiten (DIN 18041)
  - gute Hörsamkeit erfordert Nachhallzeiten um 0,4 – 0,6 s
  - ausreichend bedämpfte, leise Räume (mit Akustikdecke)
    - sind um 2 – 4 dB leiser als schallhärtere Räume gleichen Rauminhalts
    - sind um 6 – 8 dB leiser, da aufgrund der besseren Verständlichkeit leiser gesprochen wird
    - als maximaler Hintergrundstörspegel für den Unterricht wird 30 – 45 dB(A) empfohlen
    - „leise“ 60m<sup>2</sup>-Schulräume haben eine mittlere Absorptionsfläche von 50m<sup>2</sup> Sabine entspr. 11dB Raumdämpfung
- maximale Störpegel durch maschinelle Lüftung
  - DIN 18041 30 / 35 / 40 dB(A) abhängig von Unterrichtsart
  - VDI 2081 35 / 40 dB(A) hohe / niedrige Anforderungen
  - DIN EN 15251 30 / 40 / (35) dB(A) von / bis / (Standard)

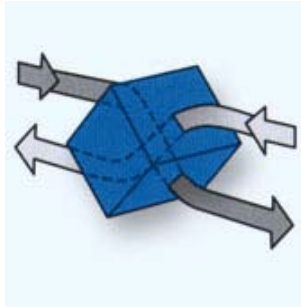
Quellenangaben: [1]: Akustik in Schulen, BGSüd ; [2]: Lärm in Bildungsstätten, 2004, BAUA FB 1030

- Nenn-Außenluft-Volumenstrom
  - 600 m<sup>3</sup>/h
- Schalleistungspegel (Abstrahlung + Durchstrahlung)
  - max. 43 dB(A) bei 600m<sup>3</sup>/h
  - Schalldruck im Raum 32 bis 35 dB(A)
- niedriger Strombedarf der Ventilatoren
  - < 200 W für Zu- u. Abluftventilator
  - spezifische Ventilatorleistung SFP < 1,2 kW/(m<sup>3</sup>/s)
- hohe Wärmerückgewinnung (Rückwärmzahl > 0,8)
- gute Luftfilterung (Feinstaubfilter F7)
- freie Kühlung (WRG-Bypass), Nachtkühlung
- optional Zuluft-Nachheizung und Kühlung (Wasserkreis)
- Luftdurchlässe
  - mit guter Lüftungseffektivität
  - mit hohem thermischen Komfort
- Einhaltung Schall- Wärmeschutz von Fassade

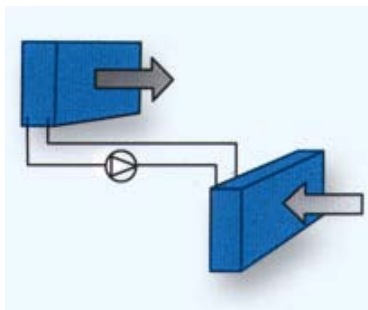
- Gesetzliche, marktpolitische Vorgaben
  - EnEV 2007
    - WRG Referenzwert  $\Phi = 0,45$
  - EnEV 2009
    - ab Herbst 2009 gültig
    - WRG Referenzwert  $\Phi = 0,60$
  - EEWärmeG
    - WRG  $\Phi \geq 0,5$  (Ersatzmaßnahme)
  - VDI 3803 (RLT Geräte)
    - $\Phi > 0,4$ ; Druckverlust  $\Delta p < 175$  Pa (am WRG) (entspr. H3)
  - Passivhaus
    - sehr kleine Wärmeverluste (incl. Lüftungswärme)  $< 15$  kWh/(m<sup>2</sup>a)
    - $\Phi > 0,75$  (trocken)
    - $0,8 \leq \Phi \leq 0,9$  ist Standard
- LTG-Lüftungsgeräte
  - FVS-Gerät  $\Phi = 0,83$



regenerativ:  
Wärmerad  
 $\Phi = 0,7 - 0,8$

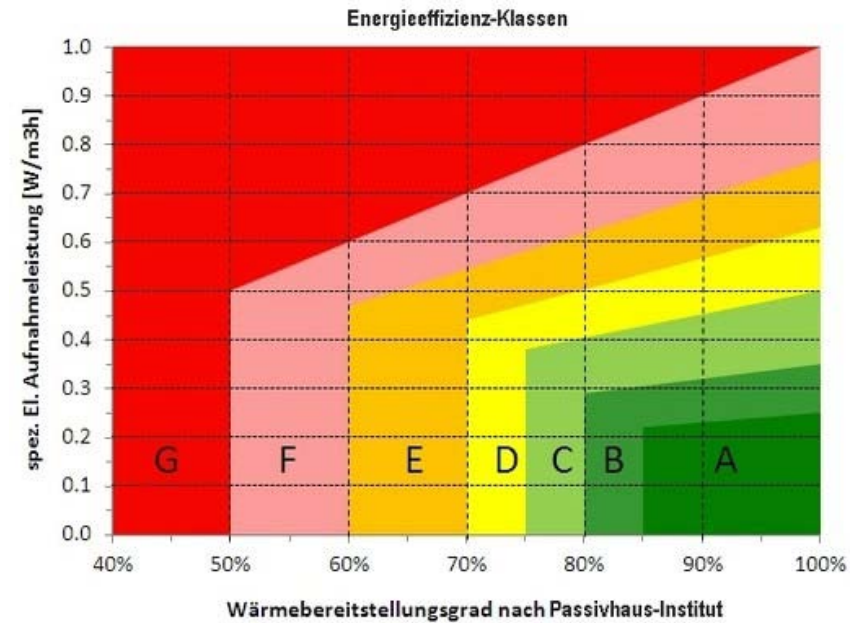


rekuuperativ:  
Kreuzstrom-WRG  
 $\Phi = 0,5 - 0,6$   
Gegenstrom-WRG  
 $\Phi = 0,8 - 0,9$

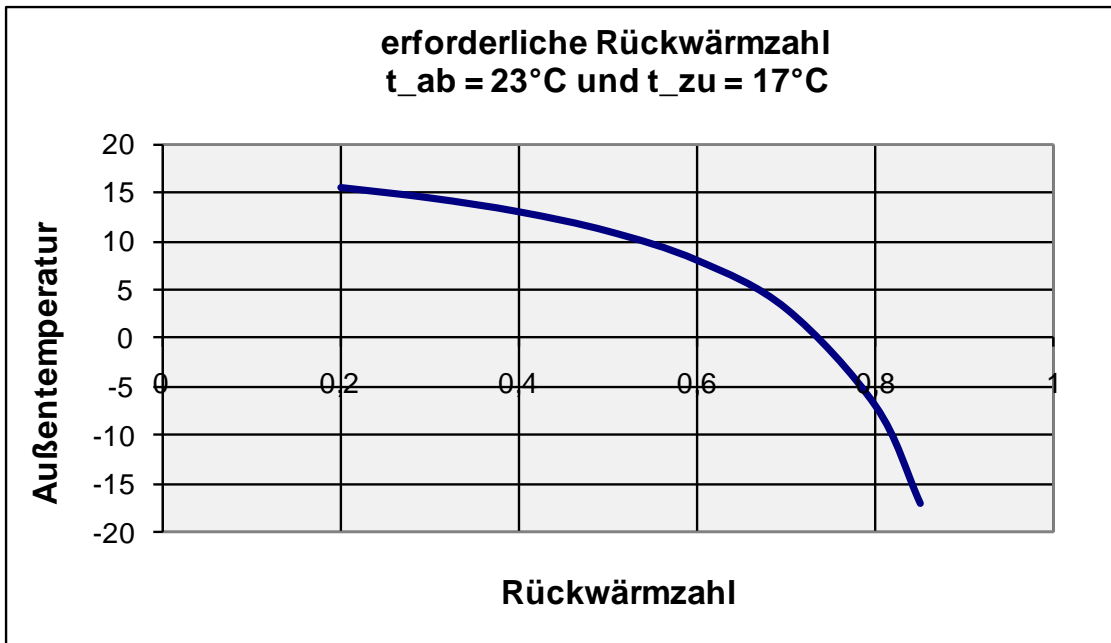


rekuuperativ:  
Kreislauf-Verbund-System  
 $\Phi = 0,3 - 0,5$

## Klassifizierung der Wärmerückgewinnung



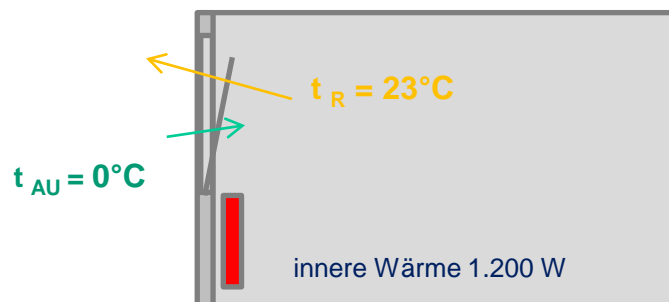
- bei WRG mit  $\Phi \geq 0.83$  ist Nacherhitzer nicht erforderlich
  - wenn statische Heizung bei nicht ausreichenden Wärmegewinnen Lüftungswärme bereitstellt
  - wenn hochinduktive Luftauslässe bei niedrigen Zulufttemperaturen guten thermischen Komfort ermöglichen
  - wenn bei sehr niedrigen Außentemperaturen Außenluft durch Beimischen von Raumluft (Sekundärluft) aufgewärmt wird (z.B. durch Zulufttemperatur-Regelung)



- Ausgangslage
  - hoher Heizwärmeverbrauch im Mittel 200 kWh/m<sup>2</sup>/a
    - im Rahmen der Standardabweichung bis 400 kWh/m<sup>2</sup>/a
    - undichte Fassade mit schlechtem Wärmeschutz
  - Fensterlüftung
    - schlechte Raumluftqualität
- Ziele
  - Verbesserung der Raumluftqualität (Faktor 3)
    - von z. B. max. 3600ppm auf max. 1.200ppm
  - Minderung des Heizwärmebedarfs auf 20 – 60 kWh/m<sup>2</sup>/a (Faktor 3- 20)
    - jährliche Einsparung pro Raum 350 bis 1.140€
  - Einhaltung / Unterschreitung der EnEV- Mindestanforderungen
    - z.B.  $U_{\max}$  nach EnEV 2009
  - akzeptable Finanzierung der Sanierung
    - z.B. KfW-Kommunalkredit bis 550€/m<sup>2</sup> bei -40% unter EnEV 2007
- Lösungswege
  - Sanierung Fassade, Fenster
  - Erneuerung Heizung
  - dezentrale maschinelle Lüftung mit Wärmerückgewinnung

- Stoßlüftung über Fenster

- 45 Min. Unterricht bei geschl. Fenstern
- 15 Min. Stoßlüftung mit  $L_W=1$  1/h und Erwärmung durch Heizung auf 23°C
- mittlerer Volumenstrom mit 180m<sup>3</sup>  
Raumvolumen:  $V = 180\text{m}^3/1\text{h} = 180\text{m}^3/\text{h}$
- statische Heizung im Raum, für schnelle Nachheizung ausgelegt
- Heizung während Unterricht aus
- Fugenlüftung 30m<sup>3</sup>/h (0,17 1/h)
- konvektive Wärmegewinne durch 30 Schüler  
 $Q = 1.200\text{W}$



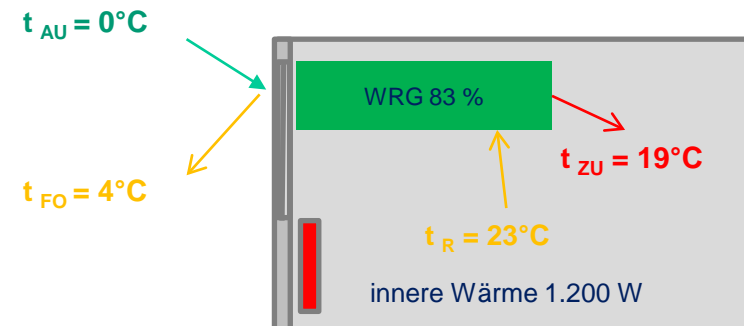
180m<sup>3</sup> Raumvolumen; 60m<sup>2</sup> Grundfläche; 30 Schüler

CO<sub>2</sub> - Verlauf s. S. 19

Ausgangswerte bei Stoßlüftung in Praxis innerhalb von 15 Min. nicht erreichbar

- dezentrale maschinelle Lüftung mit Wärmerückgewinnung

- Volumenstrom 180 und 600 m<sup>3</sup>/h konstant
- Rückwärmzahl 83%
- keine Heizung im Lüftungsgerät
  
- statische Heizung im Raum
- Fugenlüftung 30m<sup>3</sup>/h (0,17 1/h)
- konvektive Wärmegewinne durch 30 Schüler  
 $Q = 1.200\text{W}$

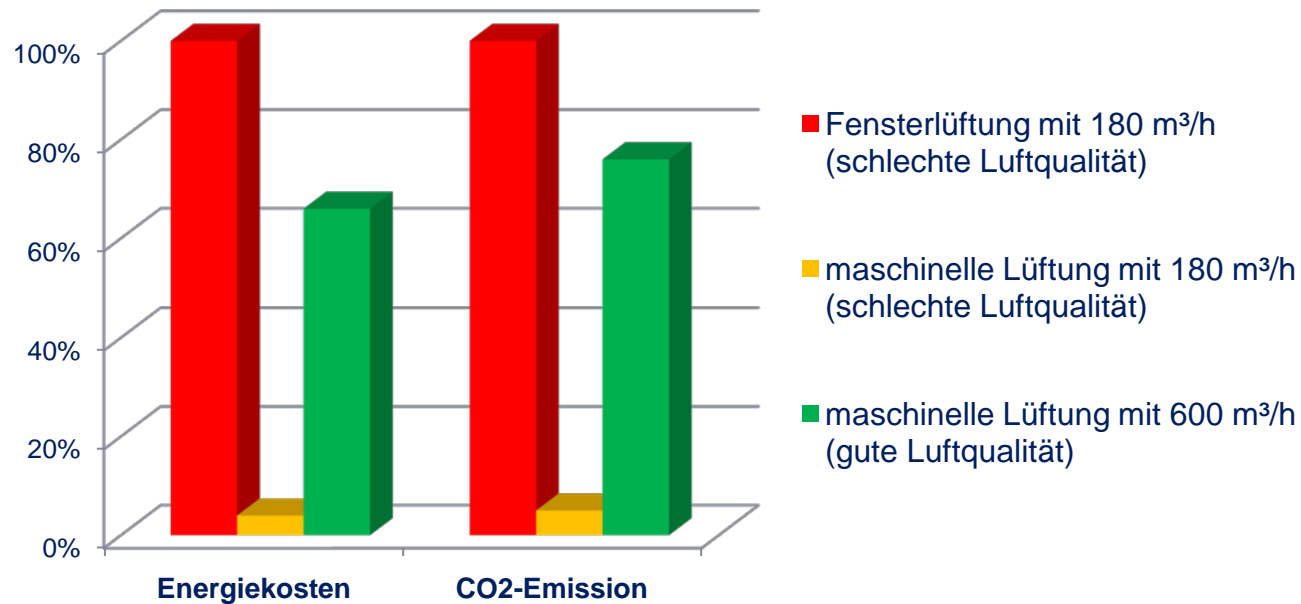


	Fensterlüftung	Masch. Lüftung Wie bei Fensterlüftung	Masch. Lüftung Mit optimalem Luftwechsel
AU-Volumenstrom	180 m <sup>3</sup> /h	180 m <sup>3</sup> /h	600 m <sup>3</sup> /h
Transmissionswärme	- 690 W	- 690 W	- 690 W
Lüftungswärme Fugen	- 230 W	- 230 W	- 230 W
Lüftungswärme	-1.380 W	- 240 W	- 800 W
Wärmegewinne	1.200 W	1.200 W	1.200 W
Wärmebilanzierung	- 1.380 W h *)	+ 40 W x 1h	- 520 W x 1h
Strombilanzierung	0 W	20 W x 1h	140 W x 1h
Energiekosten / h	9,9 Cts/h	0,4 Cts/h	7 Cts/h
% Kosten	100 %	4 %	66 %
CO <sub>2</sub> - Emission	330 g / h	18 g / h	250 g / h
% CO <sub>2</sub> - Emission	100 %	5 %	76 %

Anlagenaufwandszahl 1,2  
 Erdgas: 0,2 kg CO<sub>2</sub> / kWh    Strom: 0,9 kg CO<sub>2</sub> / kWh  
 Gas: 0,06 €/kWh                Strom: 0,2 €/kWh

)\* Wärmegewinne bei Stoßlüftung nicht nutzbar

## Vergleich zwischen freier und maschineller Lüftung eines Klassenraums bei 0°C Außentemperatur



- da Schulen an 75% der Jahreszeit nicht zum Unterricht genutzt werden ist zu beachten
  - luftdichte Gebäudehülle mit guter Wärmedämmung
  - gleitende Raumtemperaturen mit Überwachung Mindesttemperatur
  - Nutzung von variablem Sonnenschutz
- während des Unterrichts dominieren die Lüftungswärmeverluste
  - in Heizperiode maschinelle Lüftung für notwendigen Luftaustausch erforderlich
  - hohe innere Wärmegewinne nur durch Wärmerückgewinnung nutzbar
  - zugluftfreie Raumlüftung bei Zulufttemperaturen bis 16°C erforderlich
- niedrige Energieverbrauchskennwerte
  - sind bei guter Raumlufqualität nur mit maschineller Lüftung erreichbar
  - sind bei Fensterlüftung nur mit schlechter Raumlufqualität erreichbar
- Wirtschaftlichkeit einer dezentralen maschinellen Lüftung
  - Investitionen für maschinelle Lüftung werden teilweise durch Einsparungen an Lüftungswärme ausgeglichen
  - niedriger Jahres-Strombedarf der Ventilatoren für niedrige Betriebskosten
    - Ventilatoren mit gutem Wirkungsgrad
    - nutzungsabhängiges Lüften
    - Beispiel: 150W mit 1.500Bh= 225 kWh/Raum = 3,8 kWh/m<sup>2</sup>/a = 0,76 €/m<sup>2</sup> = 46€/Raum

# Dezentrales Lüftungsgerät LTG Typ FVS

## für Schulräume



- Anschluss von Außenluft und Fortluft
  - über ein gemeinsames, aerodynamisch optimiertes Wetterschutzgitter im Oberlichtbereich
  - minimaler Eingriff in die Fassade



- Das LTG System FVS wird installiert
  - in einem bauseitigen Deckenkoffer an der Decke (Schutz vor Vandalismus)
  - als frei aufgehängtes Gerät (Sichtmontage)

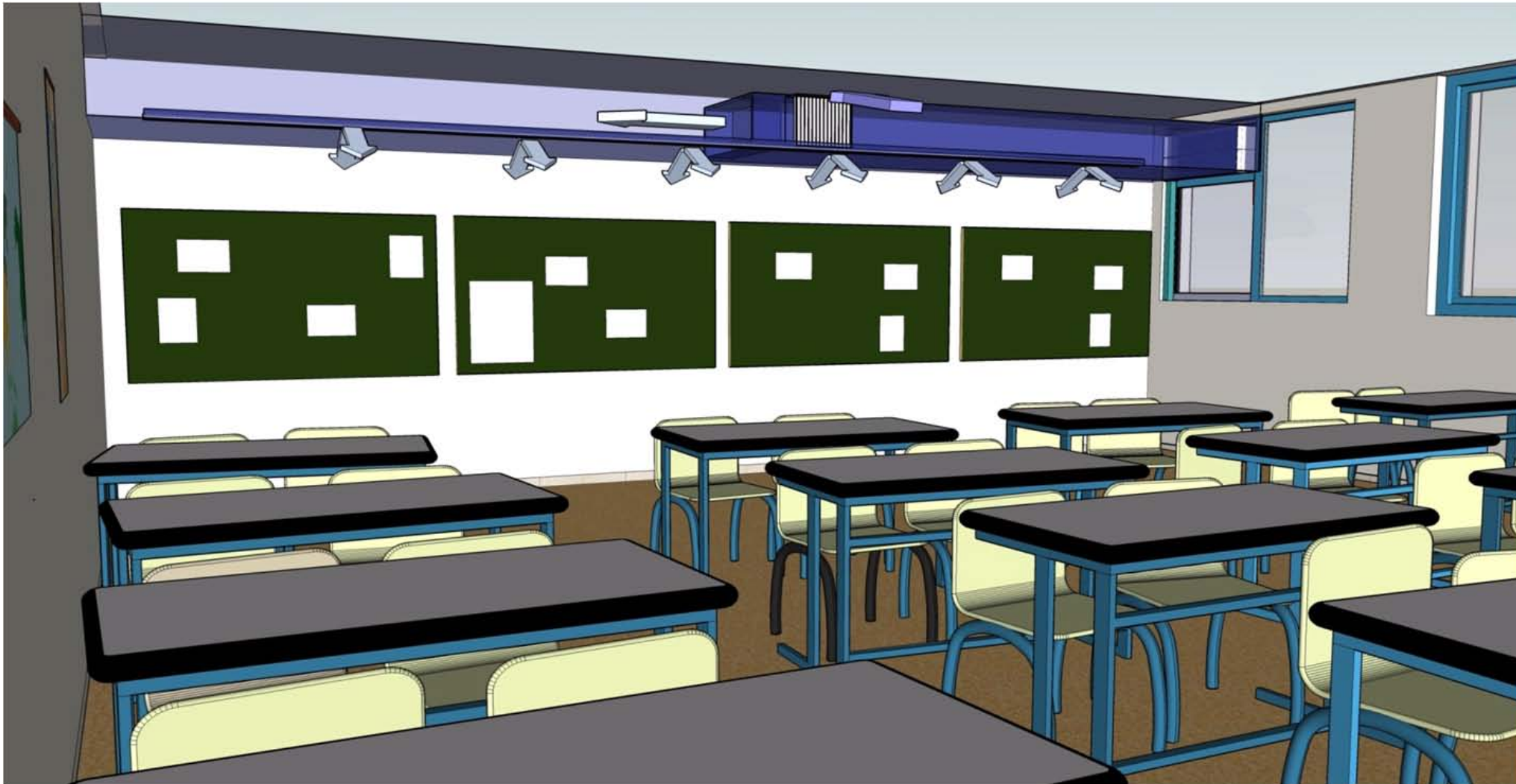


- Deckenkoffer als Zuluftplenum
- im Deckenkoffer hochinduktive Schlitzauslässe
- Abluftgitter mit Abluffilter in vertikaler Deckenverkleidung



- Zuluftverteilung über die Schlitzauslässe nach dem INDIVENT-Strömungsprinzip

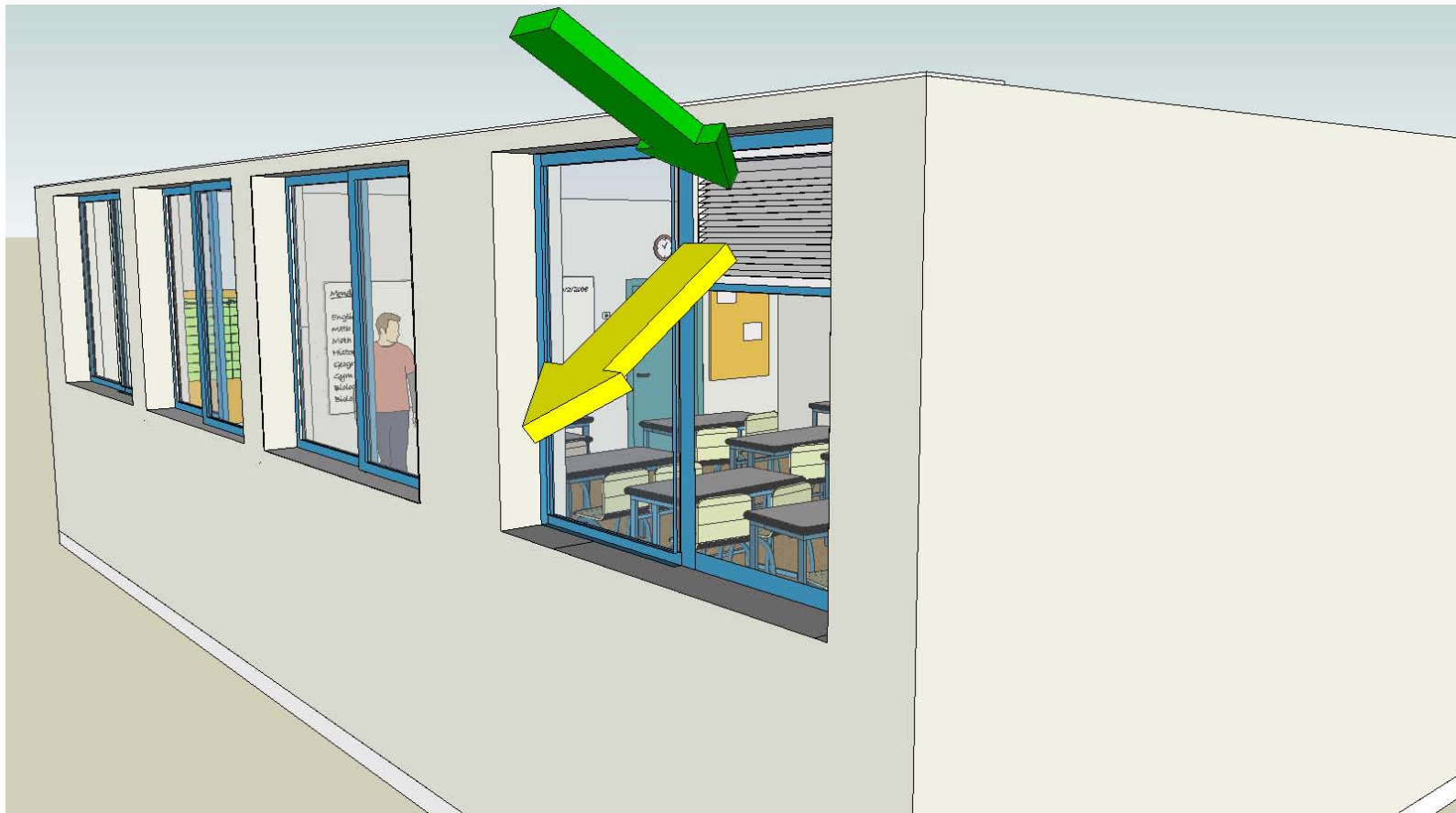


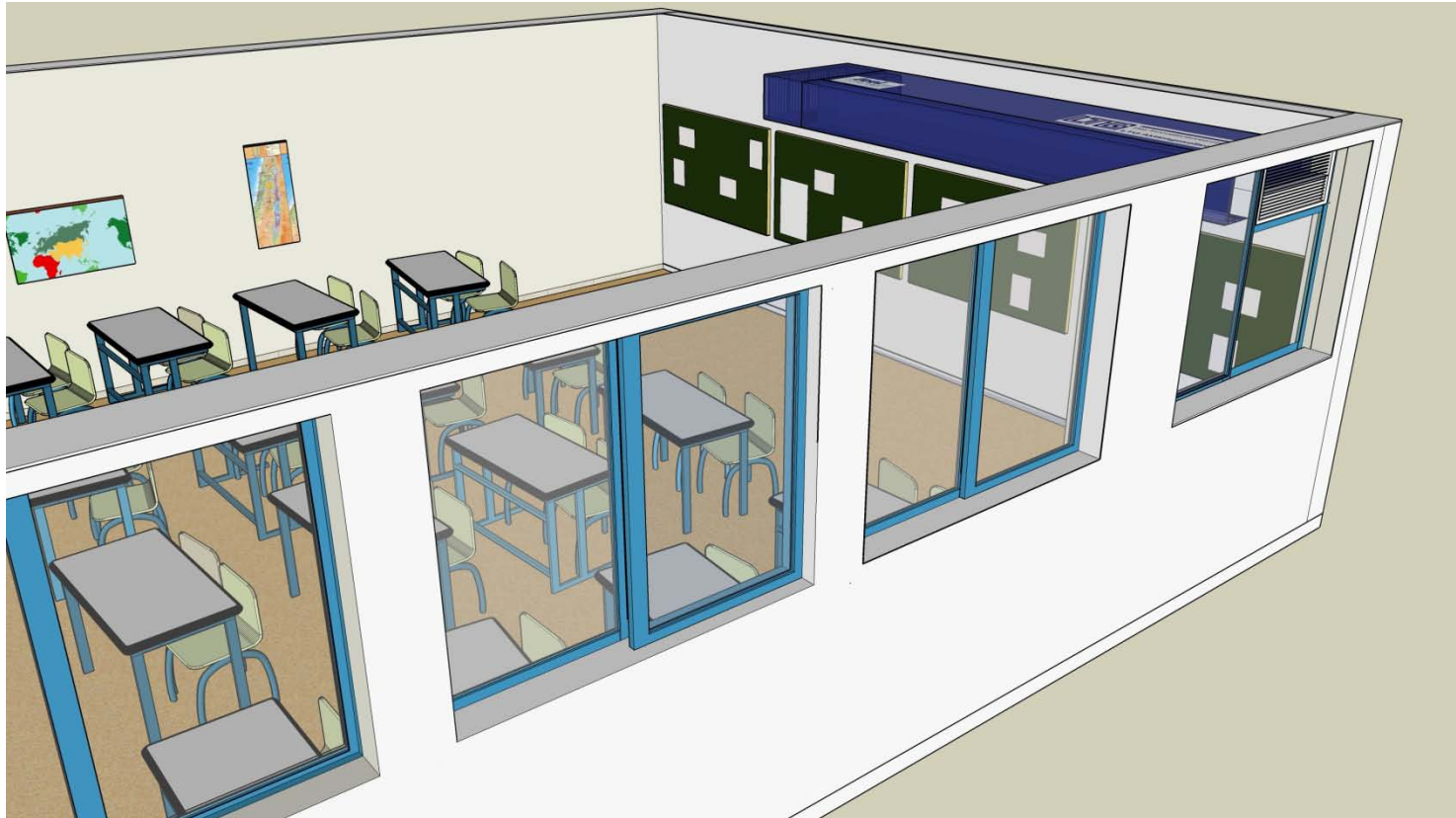


- Misch-Quell-Lüftung
  - Schlitzauslass in Deckenkoffer
  - hochinduktive **Misch**lüftung im Bereich Luftauslass
  - impulsarme **Quell**lüftung im Aufenthaltsbereich



- Trennung von Fortluft und Außenluft
  - durch eine besondere aerodynamische Gestaltung des Wetterschutzgitters
  - Verfahren zur Abschirmung der Fassadengrenzschicht (Schutzrechte angem.)

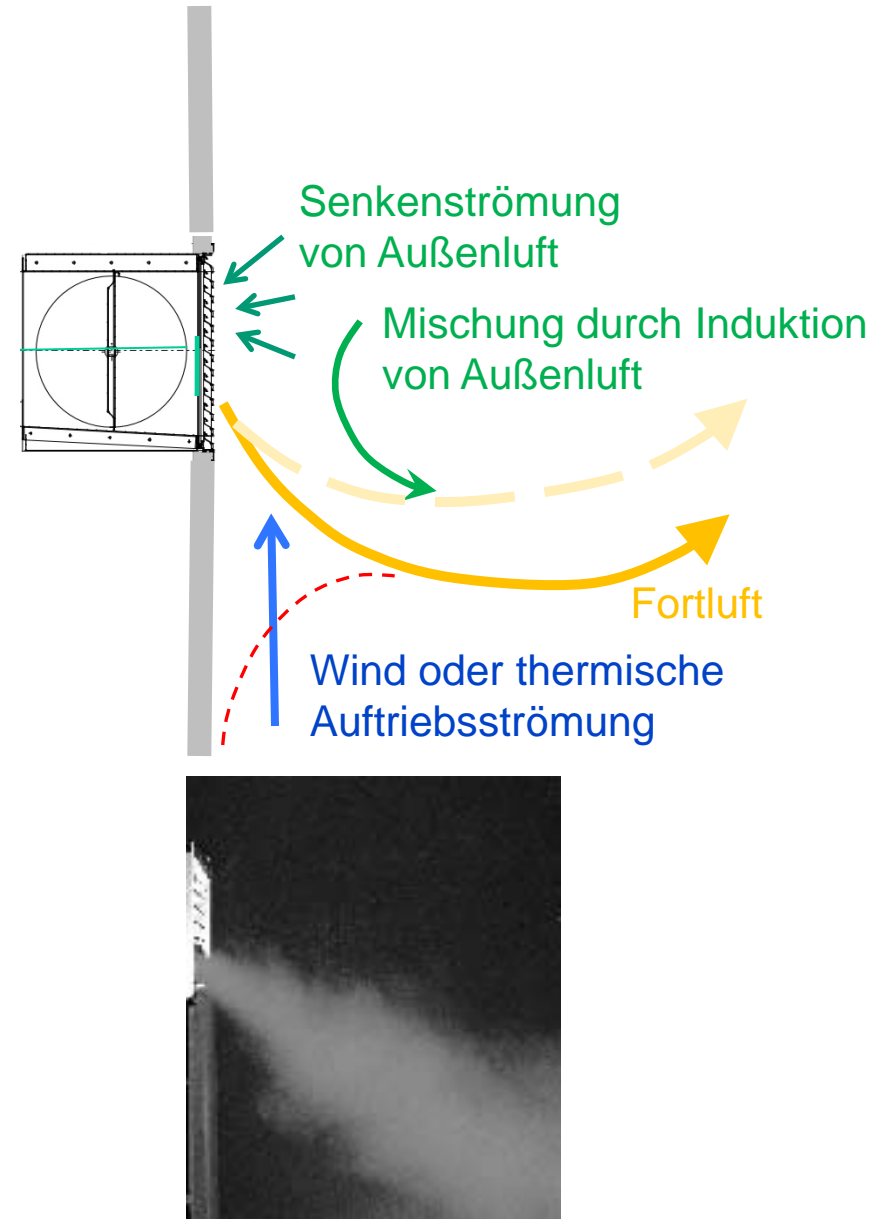








- Vorteile bei Fortluft unterhalb Außenluftansaugung
  - Einsatz von bewährten Wetterschutzgittern
  - stabile Trennung des Fortluftstrahls von Ansaugöffnung
    - auch bei Aufwärtsströmung durch Thermik und Wind
    - kein Einfluss der Übertemperatur, diese wird durch WRG auf 4-8K begrenzt
  - kein Strömungskurzschluss zwischen Fortluft und Außenluftansaugung im Raum darüber
  - thermische Grenzschicht an Fassade wird vom Fortluftstrahl von der Fassade weggeblasen
    - thermische Auftriebsgeschwindigkeit < Ausblasgeschwindigkeit
    - dadurch keine überhöhte Ansaugtemperatur





© Rechte allein bei LTG Aktiengesellschaft 2009/05, Projekt: FVS

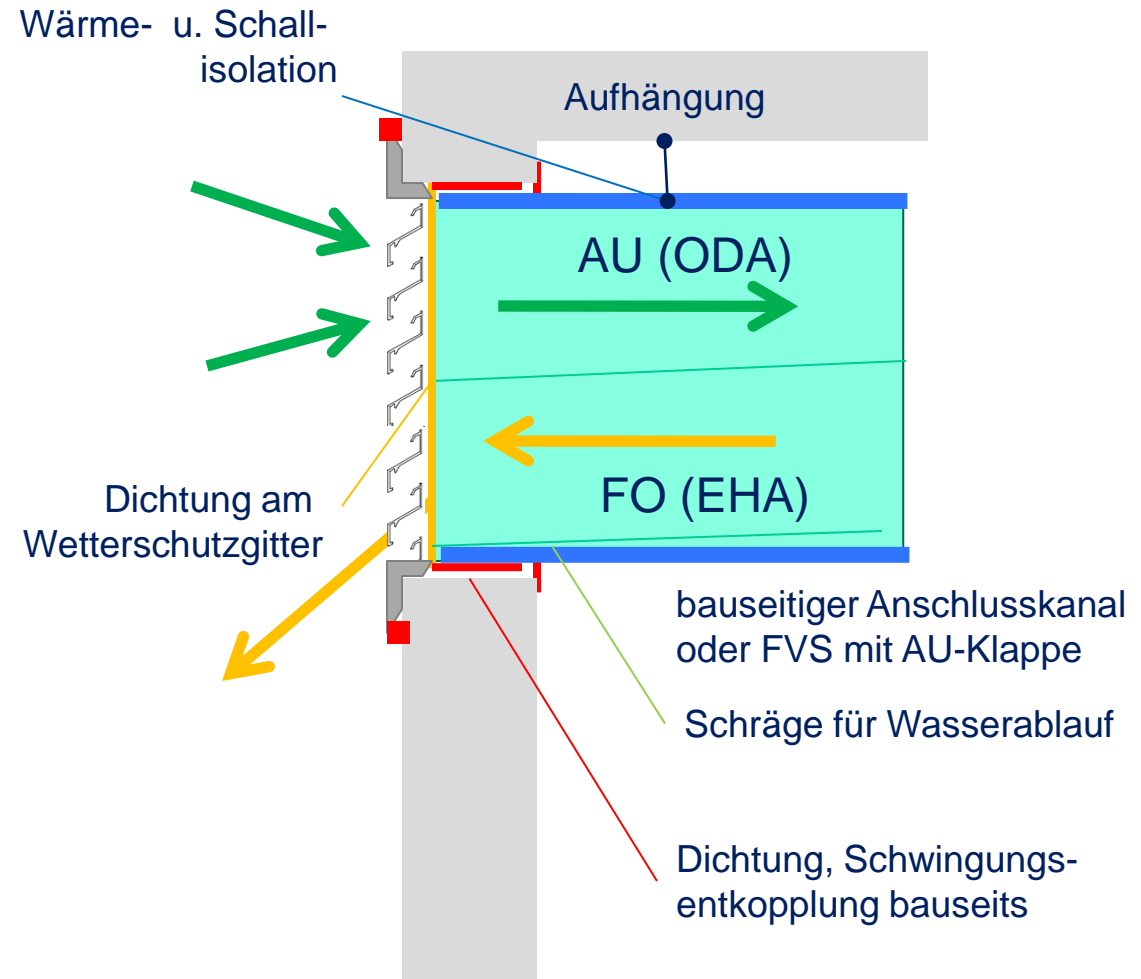
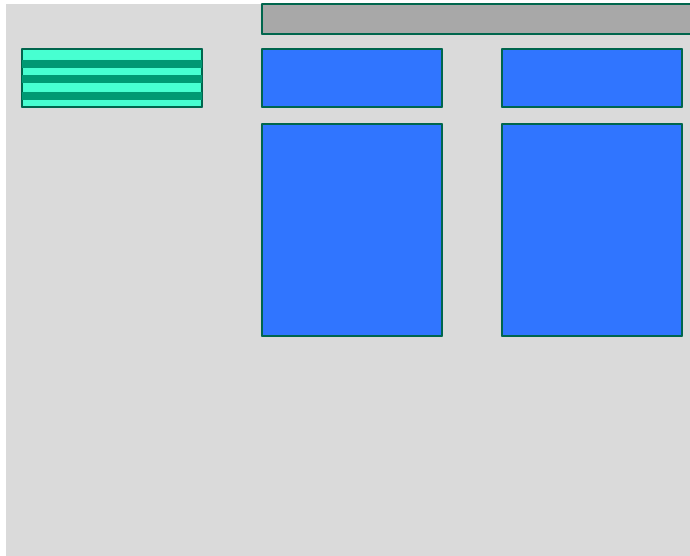
- $L_{W,A}$  Gesamt- Schalleistungspegel von Durch- u. Abstrahlgeräusch
- $Q_K$  sensible Kühlleistung in W (optional)
- $\Delta t$  Differenz zwischen Lufttemperatur vor Wärmetauscher und Wasservorlauftemperatur
- $Q_H$  Heizleistung in W (optional)
- $P_{el}$  elektrische Leistung von Zu- und Abluftventilator
  - entspricht einer spezifischen Ventilatorleistung von Zu- und Abluft von 0,23 W/(m<sup>3</sup>/h)
  - entspricht einer spezifischen Ventilatorleistung von Zu- oder Abluft von 420W/(m<sup>3</sup>/s)
  - entspricht SFP 1 nach DIN EN 13779

V	$L_{WA}$	$Q_K / \Delta t$	$w_{ok}$	$Q_H / \Delta t$	$w_{oh}$	$P_{el}$
[m <sup>3</sup> /h]	[dB(A)]	[W/K]	[kg/h]	[W/K]	[kg/h]	[W]
600	43	170	250	80	100	140

- ohne Personen im Raum
  - Lüftung bleibt ausgeschaltet
  - kurze Lüftung vor Nutzungsbeginn (empfohlen)
  - Grundlüftung nach Freigabe durch Zeitplan (optional)
    - z.B.  $3\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  (nicht schadstoffarm, Kat.3)
- mit Personen im Raum
  - konstanter Volumenstrom
    - z. B.  $10\text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  (nicht schadstoffarm, Kat.3)
    - durch PIR-Präsenzmelder geschaltet
    - durch  $\text{CO}_2$ -Sensor geschaltet
    - mit Einschaltverzögerung (bei PIR empfohlen)
    - mit Nachlaufbetrieb bzw. Mindestlaufzeit (empfohlen)
- maschinelle Lüftung sperren (optional)
  - außerhalb vorgegebener Nutzungszeit
  - bei Witterung, die freies Lüften ermöglicht
  - beim Öffnen eines Fensters

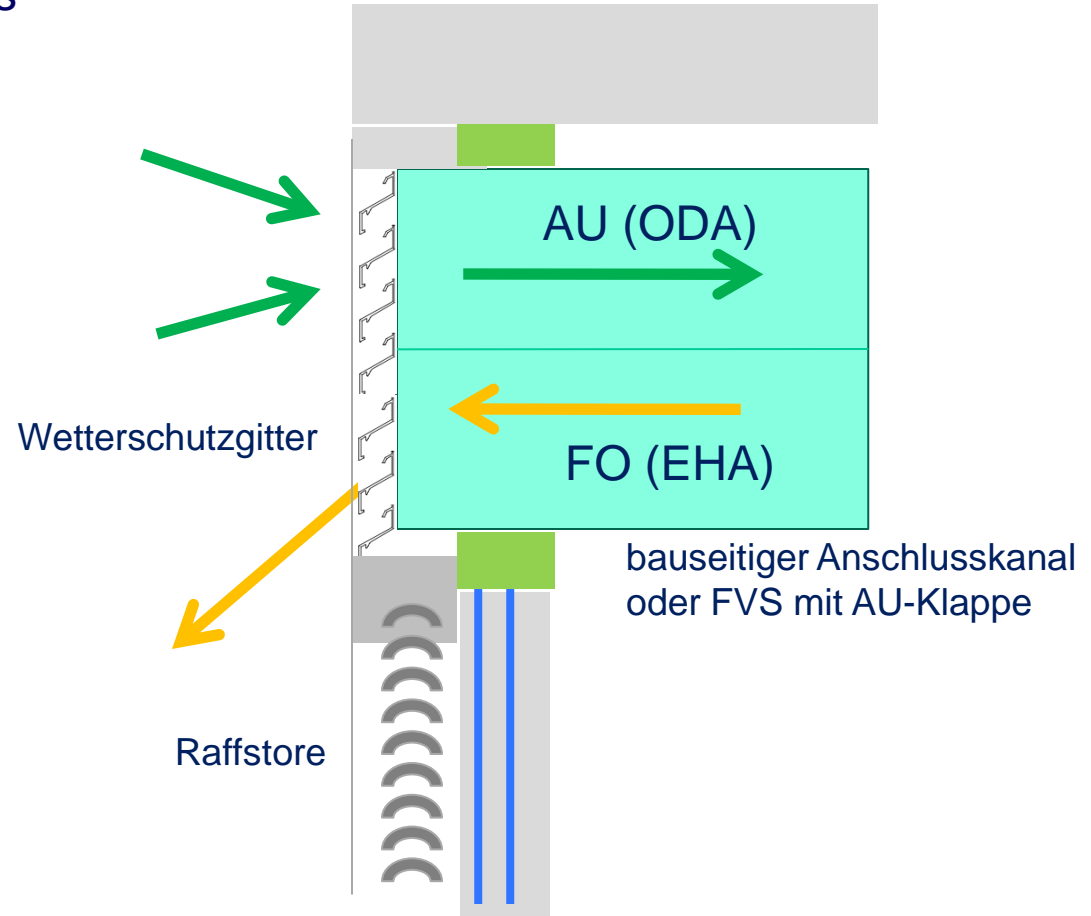
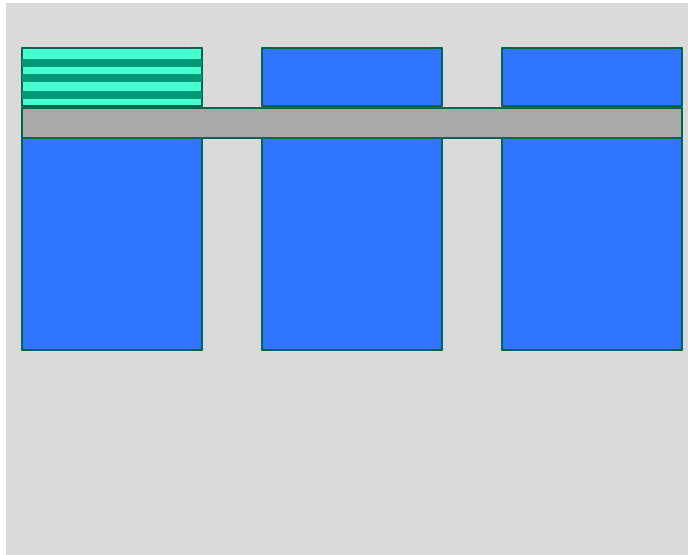
- Beispiel für Integration in eine Außenwand

- Durchsteck-Lösung
- Wärmedämmung in Luftleitung
- Wanddicken ca. 36 – 170mm

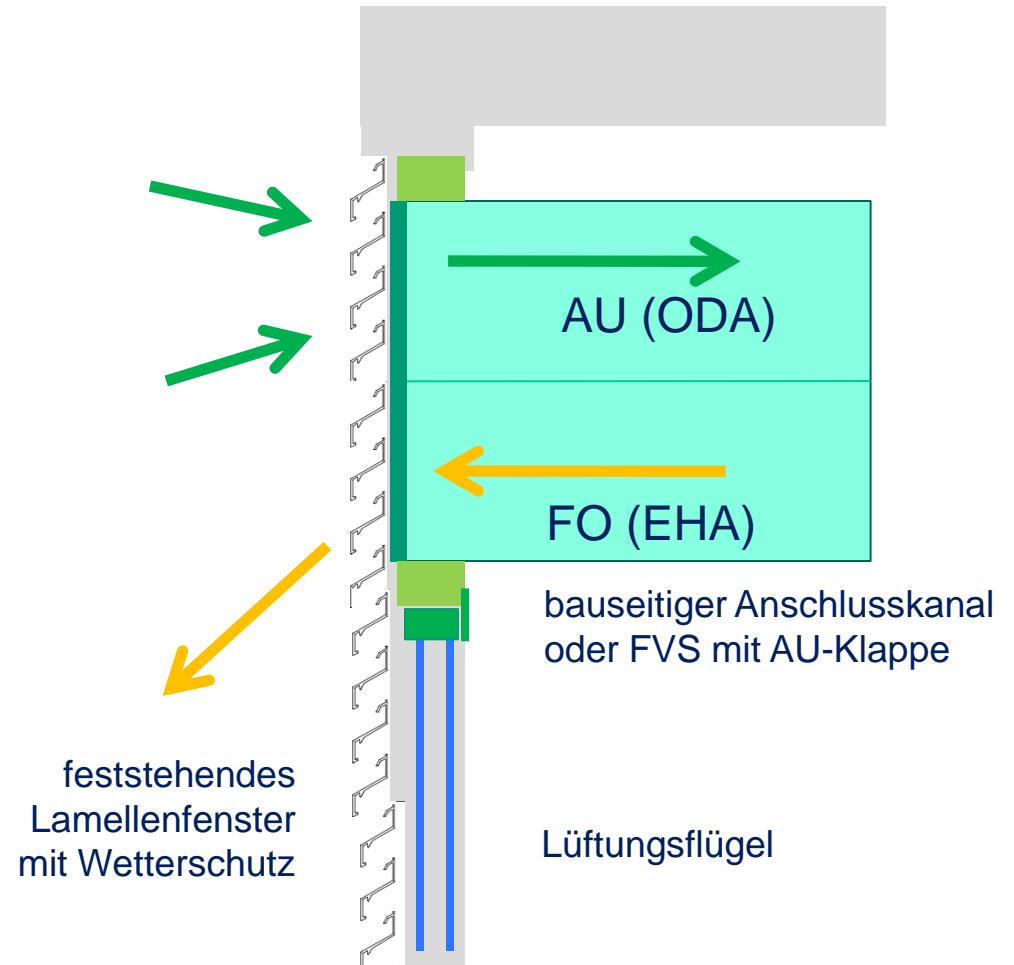


- Beispiel für Integration in ein Oberlicht

- außenliegender Sonnenschutzjalousie unterhalb des Wetterschutzgitters
- Wetterschutzgitter etwa in Ebene von Raffstore



- Beispiel für Integration in ein Lüftungs-Kastenfenster
  - außen feste Jalousie als Wetterschutz
  - innen öffentlicher Lüftungsflügel



LTG Aktiengesellschaft  
Grenzstrasse 7  
D - 70435 Stuttgart

Tel: +49 (711) 8201-0  
Fax: +49 (711) 8201-720

E-Mail: [raumluft@LTG-AG.de](mailto:raumluft@LTG-AG.de)  
E-Mail: [prozessluft@LTG-AG.de](mailto:prozessluft@LTG-AG.de)  
E-Mail: [ingenieurdienstleistungen@LTG-AG.de](mailto:ingenieurdienstleistungen@LTG-AG.de)

Internet: [www.LTG-AG.de](http://www.LTG-AG.de)