

# Willkommen zum Workshop Energieeffiziente Schulen

Thema: zukunftsorientierte Lüftungskonzepte für Schulen

Günter Grabbert

Download der Präsentationen  
des Tages:

[www.exhausto.de/media\(2519,1031\)/schulkongress.pdf](http://www.exhausto.de/media(2519,1031)/schulkongress.pdf)



# Zukunftsorientierte Lüftungskonzepte



2+3

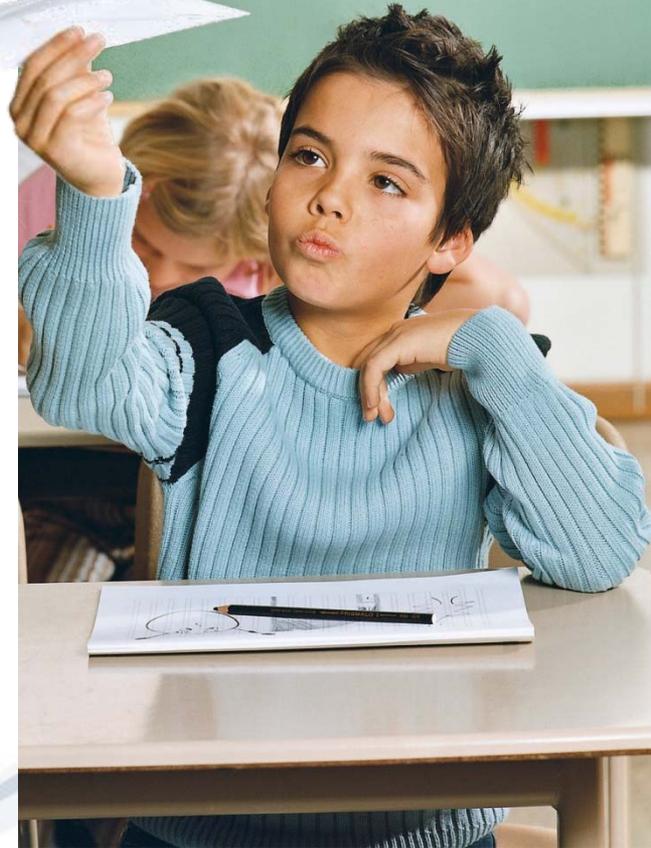
Learning

# Agenda

- Einführung zur Projektierungsanleitung
- DIN EN und VDI Richtlinien
- Komfortlüftung
- Prozesslüftung
- Informationsmaterial

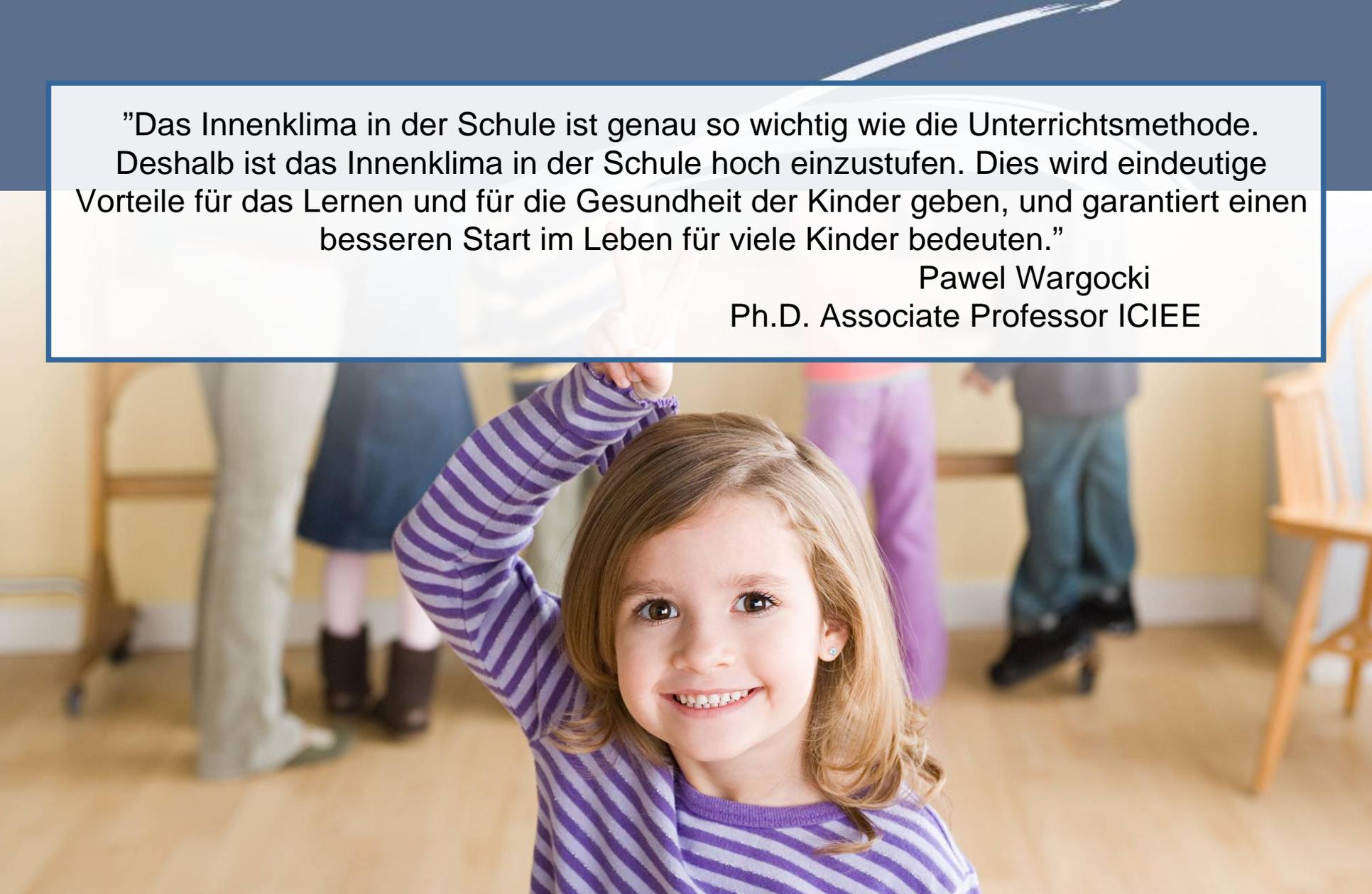
2 + 3

*Learning*



”Das Innenklima in der Schule ist genau so wichtig wie die Unterrichtsmethode. Deshalb ist das Innenklima in der Schule hoch einzustufen. Dies wird eindeutige Vorteile für das Lernen und für die Gesundheit der Kinder geben, und garantiert einen besseren Start im Leben für viele Kinder bedeuten.”

Pawel Wargocki  
Ph.D. Associate Professor ICIEE



# Einführung zur Projektierungsanleitung

## - Forschungsergebnisse



### **Ein gutes Innenklima für erfolgreichere Schüler**

Die ICIEE-Forschung hat Folgendes ergeben:

- Das Innenklima in Schulen ist **schlechter als in Büros**
- Kinder werden in größerem Maße beeinflusst, weil sie **sensitiver** sind
- Eine um 1 °C niedrigere Temperatur im Klassenzimmer erhöht die Leistung der Schüler um ca. 3% im Bereich 20 °C bis 25 °C
- Durch eine Reduzierung der Temperatur und eine Erhöhung der Lüftungsrate lässt sich die **Leistungsfähigkeit der Schüler um 10-30% steigern**

### **Ein gutes Innenklima ergibt ein besseres Lernumfeld**

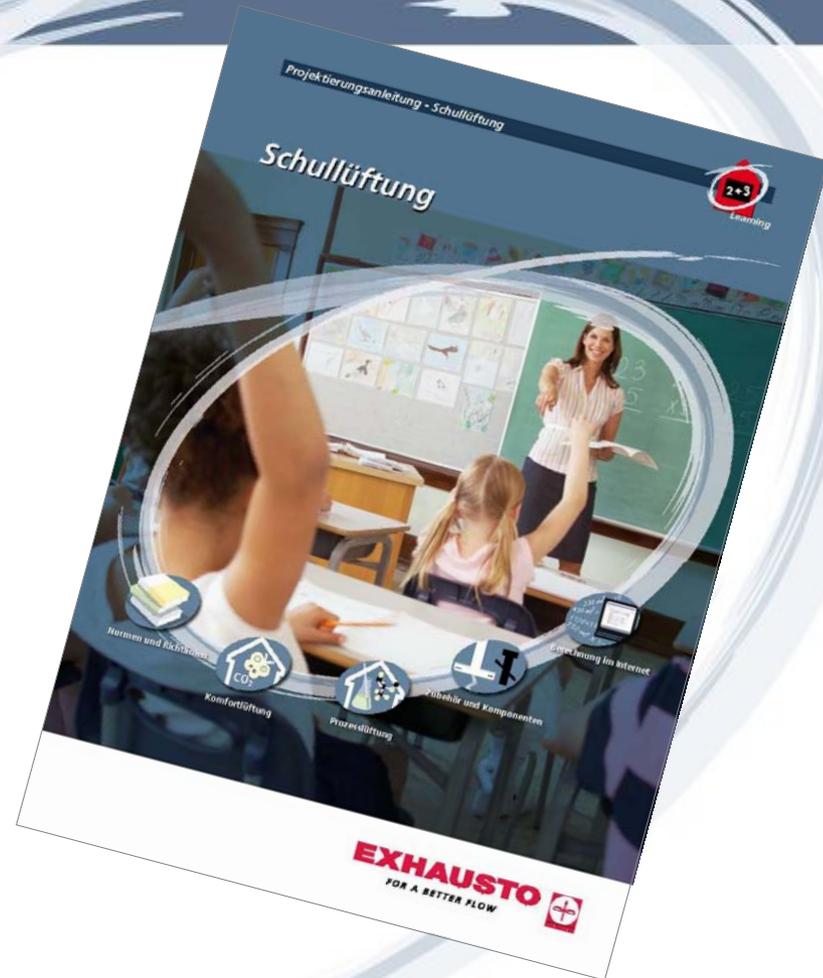
Forschung von der Universität Bremen hat Folgendes ergeben:

- Ein schlechtes Innenklima (zu hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration) gibt **unaufmerksame und unruhige Schüler**
- Unaufmerksame Schüler verursachen eine Änderung der Unterrichtsform vom **Dialog zum Monolog**
- Unruhige Schüler bewirken, dass der Lehrer den Schwerpunkt vom Unterrichten auf **Disziplinierung** verlagert
- Durch unruhige Schüler **steigt der Schallpegel**

# Einführung zur Projektierungsanleitung - Elemente



- Gedruckte Anleitung
- 35 Seiten stark
- Hauptargumente
- Überblick über Regelungsverfahren
- Beispiele vom Inhalt, der im Internet zur Verfügung steht

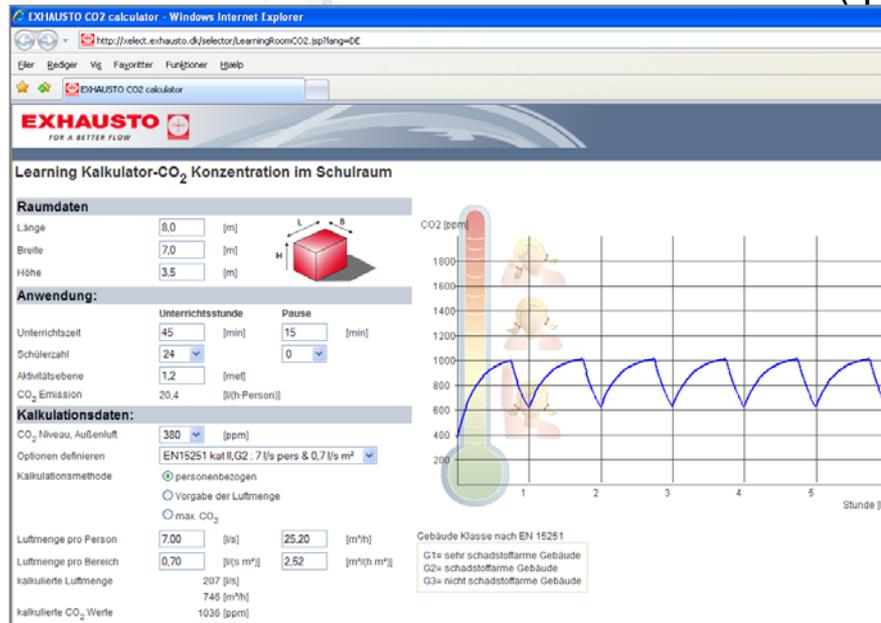


# Einführung zur Projektierungsanleitung - Elemente



- Living - Wohnungslüftung
- Working - Bürolüftung
- Learning - Schullüftung
  - Normen und Richtlinien
  - Berechnen Sie Ihr System
  - Komfortventilation
  - Prozessventilation
  - Beispiel von Energieeinsparung

- Das Internet macht Vieles einfacher:
- Schnelle Aktualisierung (demnächst neue VDI 6040)
  - Interaktiver Inhalt
  - Suchmöglichkeiten
  - Besserer Überblick und Navigation
  - auf Wunsch Ausdruck (.pdf)

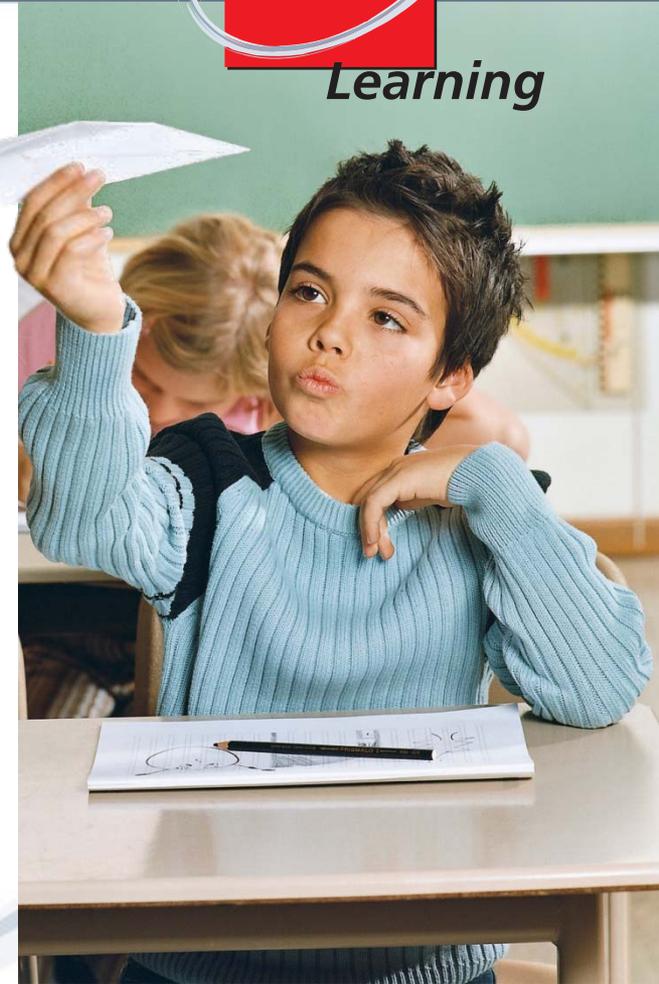


# Agenda

- Einführung zur Projektierungsanleitung
- DIN EN und VDI Richtlinien
- Komfortlüftung
- Prozesslüftung
- Informationsmaterial

2 + 3

*Learning*



# DIN EN und VDI Richtlinien

## Innenklimaklassen



EXHAUSTO empfiehlt die Einbeziehung der Norm prEN15251  
– Criteria for the Indoor Environment including thermal, indoor air quality, light and noise

**Innenklima Kategorien - DIN EN 15251 Tabelle B.1**

Kategorien	Erwarteter Prozentsatz Unzufriedener %	Luftstrom je Person l/s
1	15	10
2	20	7
3	30	4
4	> 30	< 4

**Beispiele für empfohlene CO<sub>2</sub>-Konzentration - DIN EN 15251 Tabelle B.4**

Kategorie	Entspr. CO <sub>2</sub> Konzentration oberhalb der Aussenluftkonzentration ppm	Entspr. CO <sub>2</sub> -Konzentration* ppm
1	350	700
2	500	850
3	800	1150
4	> 800	> 1150

\* Die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Außenluft wird hier mit 350 ppm angenommen, und in dieser Tabelle in der absoluten CO<sub>2</sub>-Raumkonzentration mit eingerechnet.

# DIN EN und VDI Richtlinien Innenklimaklassen



## Berechnung der Luftmengen

Ferner wurde in der DIN EN 15251 bei der Festlegung der Lüftungsraten auf:

- die obg. Innenklima Kategorien, also Qualitäten
- die Definition der mehr oder minder schadstoffbelasteten Gebäude/Räume
  - bei sehr schadstoffarmen Gebäuden
  - bei schadstoffarmen Gebäuden
  - bei nicht schadstoffarmen Gebäuden bezogen

DIN EN 15251 Tabelle B.3

Kategorie	Luftstrom je Person	Luftstrom für Verunreinigungen durch Gebäudeemissionen		
	l/s	sehr schadstoffarm l/s x m <sup>2</sup>	schadstoffarm l/s x m <sup>2</sup>	nicht schadstoffarm l/s x m <sup>2</sup>
1	10	0,5	1,0	2,0
2	7	0,35	0,7	1,4
3	4	0,2	0,4	0,8

### Beispiel

Gewünschte Innenklimakategorie 2  
Schadstoffarmes Gebäude  
28 Schüler und 2 Lehrer  
Klassenraumgröße 56 m<sup>2</sup>

### Luftmenge pro Klassenraum

Berechnung: 30 Personen x 7 l/s = 210 l/s

56 m<sup>2</sup> x 0,7 l/s = 39 l/s

Berechnete  
Luftmenge pro. Klassenraum = 249 l/s ~ 897 m<sup>3</sup>/h

CO<sub>2</sub>-Niveau ~ 1032 ppm\*

# DIN EN und VDI Richtlinien neue VDI 6040



Diese Richtlinie dient als konkrete Hilfestellung für Architekten und Planer.

Sie legt Anforderungen an die Innenraumkonditionen in Unterrichts- und Aufenthaltsräumen in allgemein- und berufsbildenden Schulen fest, in denen Schüler regelmäßig unterrichtet oder beaufsichtigt werden.

Die Anforderungen umfassen operative Temperatur, Feuchte und stoffliche Zusammensetzung der Raumluft.

## Leitfaden f. D. Innenraumhygiene in Schulgebäuden (Aug. 2008)

Dieser Leitfaden befasst sich neben den hygienischen Aspekten , auch mit den Verunreinigungen der Raumluft, den baulichen und raumklimatischen Anforderungen und spez. Vorgehensweisen in Problemfällen.

Zu beziehen durch das UBA Dessau-Roßlau

## AMEV Hinweise zur Planung (Stand 2004)

\_\_Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung  
AMEV-Geschäftsstelle  
E-Mail: [amev@bmvbs.bund.de](mailto:amev@bmvbs.bund.de)

Krausenstraße 17-20  
10117 Berlin

### Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich der vorliegenden Planungshinweise erstreckt sich auf Neu-, Um- und Erweiterungsbauten sowie auf Instandhaltungsmaßnahmen (Bauunterhaltung) in Gebäuden staatlicher und kommunaler Verwaltungen. Besondere Richtlinien und Festlegungen einzelner Verwaltungen bleiben davon unberührt.

# Berechnung der Belastung - CO<sub>2</sub>-Kalkulator



EXHAUSTO CO2 calculator - Windows Internet Explorer

http://select.exhausto.dk/selector/LearningRoomCO2.jsp?lang=DE

EXHAUSTO CO2 calculator

**EXHAUSTO**  
FOR A BETTER FLOW

### Learning Kalkulator-CO<sub>2</sub> Konzentration im Schulraum

**Raumdaten**

Länge: 8,0 [m]  
 Breite: 7,0 [m]  
 Höhe: 3,5 [m]

**Anwendung:**

Unterrichtsstunde: 45 [min]  
 Pause: 15 [min]  
 Schülerzahl: 24  
 Aktivitätsebene: 1,2 [met]  
 CO<sub>2</sub> Emission: 20,4 [l/(h·Person)]

**Kalkulationsdaten:**

CO<sub>2</sub> Niveau, Außenluft: 380 [ppm]  
 Optionen definieren: EN15251 kat II, G2 : 7 l/s pers & 0.7 l/s m<sup>2</sup>  
 Kalkulationsmethode:  
 personenbezogen  
 Vorgabe der Luftmenge  
 max. CO<sub>2</sub>

Luftmenge pro Person: 7,00 [l/s]    25,20 [m<sup>3</sup>/h]  
 Luftmenge pro Bereich: 0,70 [l/(s m<sup>2</sup>)]    2,52 [m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>)]  
 kalkulierte Luftmenge: 207 [l/s]  
                                   746 [m<sup>3</sup>/h]  
 kalkulierte CO<sub>2</sub> Werte: 1036 [ppm]

Gebäude Klasse nach EN 15251  
 G1= sehr schadstoffarme Gebäude  
 G2= schadstoffarme Gebäude  
 G3= nicht schadstoffarme Gebäude

# Berechnung der Belastung - CO<sub>2</sub>-Kalkulator

Wie groß ist der Luftaustausch ohne Lüftung?

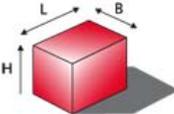
Vielleicht 0,5 h<sup>-1</sup> wie bei Wohnungen?



### Learning Kalkulator-CO<sub>2</sub> Konzentration im Schulraum

**Raumdaten**

Länge: 8,0 [m]  
Breite: 7,0 [m]  
Höhe: 3,5 [m]



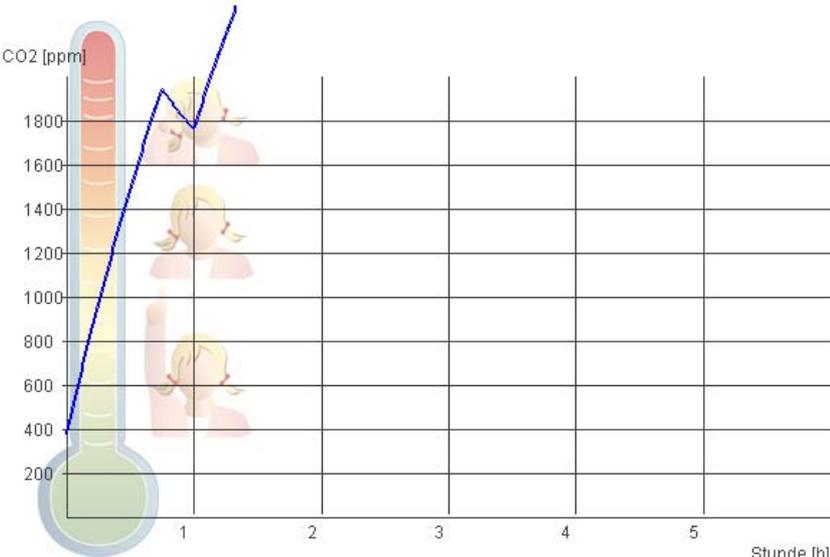
**Anwendung:**

Unterrichtsstunde: 45 [min]  
Pause: 15 [min]  
Schülerzahl: 24  
Aktivitätsebene: 1,2 [met]  
CO<sub>2</sub> Emission: 20,4 [l/(h·Person)]

**Kalkulationsdaten:**

CO<sub>2</sub> Niveau, Außenluft: 380 [ppm]  
Optionen definieren: Eigen Design  
Kalkulationsmethode:  
 personenbezogen  
 Vorgabe der Luftmenge  
 max. CO<sub>2</sub>

Luftmenge: 27 [l/s]    98 [m³/h]  
kalkulierte CO<sub>2</sub> Werte: 5417 [ppm]



CO<sub>2</sub> [ppm]

Stunde [h]

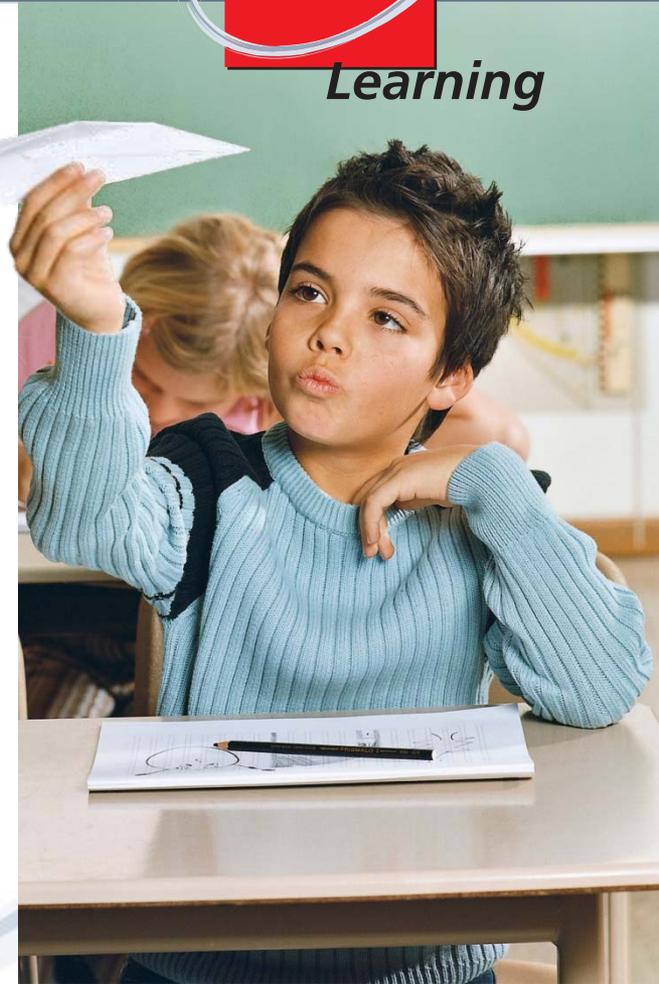
Gebäude Klasse nach EN 15251  
G1= sehr schadstoffarme Gebäude  
G2= schadstoffarme Gebäude  
G3= nicht schadstoffarme Gebäude

# Agenda

- Einführung zur Projektierungsanleitung
- DIN EN und VDI Richtlinien
- Komfortlüftung
- Prozesslüftung
- Informationsmaterial

2 + 3

*Learning*



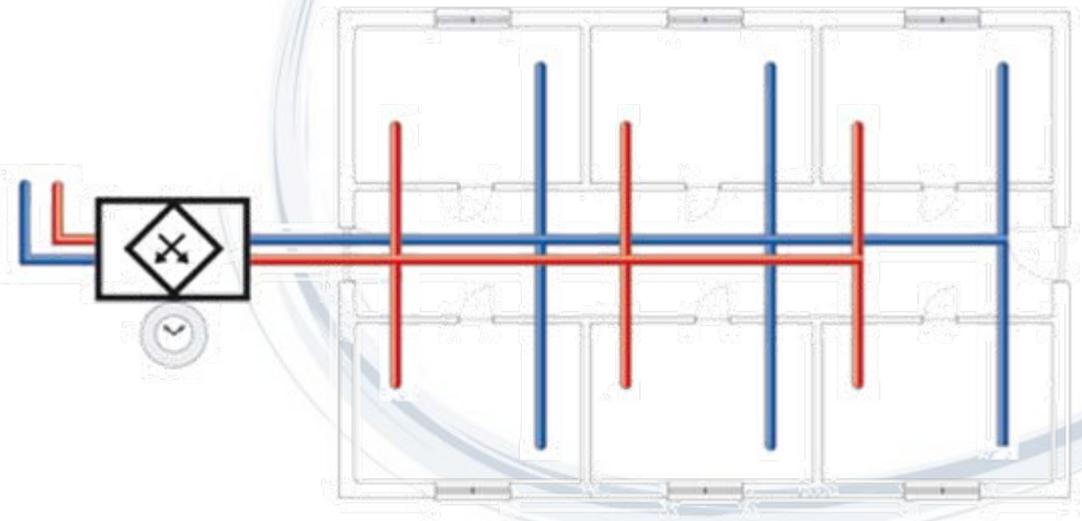
# Komfortlüftung - Regelungsverfahren

## CAV-Prinzip (Constant Air Volume)

Konstante Luftmenge in der Zone	Wird eingesetzt bei:
 <p><b>Betriebszeit:</b> Eine CAV-Anlage läuft mit 100% Luftmenge während der Betriebszeit und mit einer sehr kleinen Luftmenge oder 'stop' außerhalb der Betriebszeit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• einheitlichem Bedarf von Lüftung</li> <li>• geringer Schwankung der Personenbelastung</li> <li>• geringer Schwankung der Wärmebelastung</li> </ul> <p><b>Beispiel:</b>  <b>Kopierraum</b>  <b>Flure</b>  <b>Toiletten</b>  <b>Aufwärmküchen/Mensen</b></p>

### CAV-Prinzip - Funktion der Steuerung

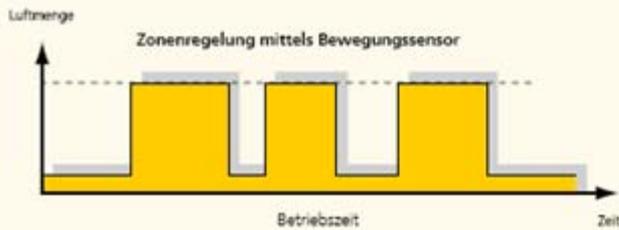
-  **Wochenplan:** Umschalten zwischen Stop, Economy, Standby und Comfort beim täglichen Betrieb
-  **Übersteuerung des Wochenplans:** Außerhalb der normalen Arbeitszeit lässt sich der Wochenplan manuell auf Komfortniveau übersteuern.
-  **Übersteuerung des Wochenplans:** Außerhalb der normalen Arbeitszeit lässt sich der Wochenplan automatisch auf Komfortniveau übersteuern.
-  Gilt auch VEX300



# Komfortlüftung - Regelungsverfahren

## VAV-Prinzip (Variable Air Volume)

### Regelung der Luftmenge in zwei Stufen in Zonen



**Betriebszeit:** Verschiedene Untersuchungen der Betriebszeit haben gezeigt, dass die Räume typisch nur ca. 60% der Zeit benutzt werden.

### Wird eingesetzt bei:

- zeitweise benutzten Räumen
- einheitlicher Personenbelastung während der Nutzung
- einheitlicher Wärmebelastung während der Nutzung

### Beispiel:

**Klassenraum (Ost)**  
**Einpersonenbüro ohne Sonneneinstrahlung**

### VAV-Prinzip - Funktion der Steuerung



#### Wochenplan:

Umschalten zwischen Stop, Economy, Standby und Comfort beim täglichen Betrieb



#### Übersteuerung des Wochenplans:

Außerhalb der normalen Arbeitszeit lässt sich der Wochenplan manuell auf Komfortniveau übersteuern.



#### Übersteuerung des Wochenplans:

Außerhalb der normalen Arbeitszeit lässt sich der Wochenplan automatisch auf Komfortniveau übersteuern.



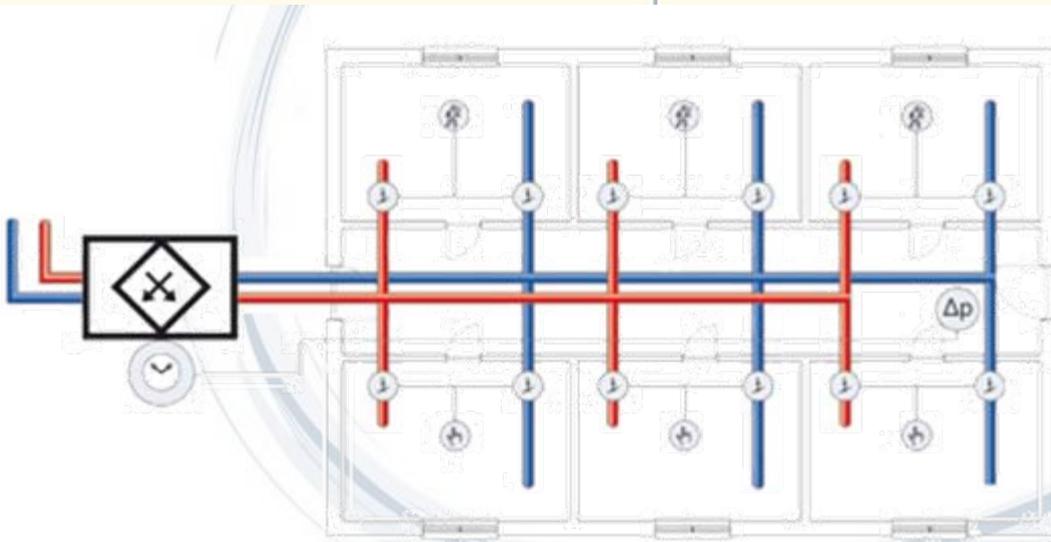
#### Konstantdruckregelung:

Das VAV-System funktioniert bei konstantem Druck im Hauptkanal.



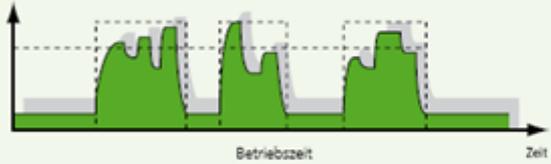
#### VAV-Steuerung der Zonenklappe:

Die einzelnen Räume haben eine Zonenklappe, die in 2 Stufen gesteuert werden kann.



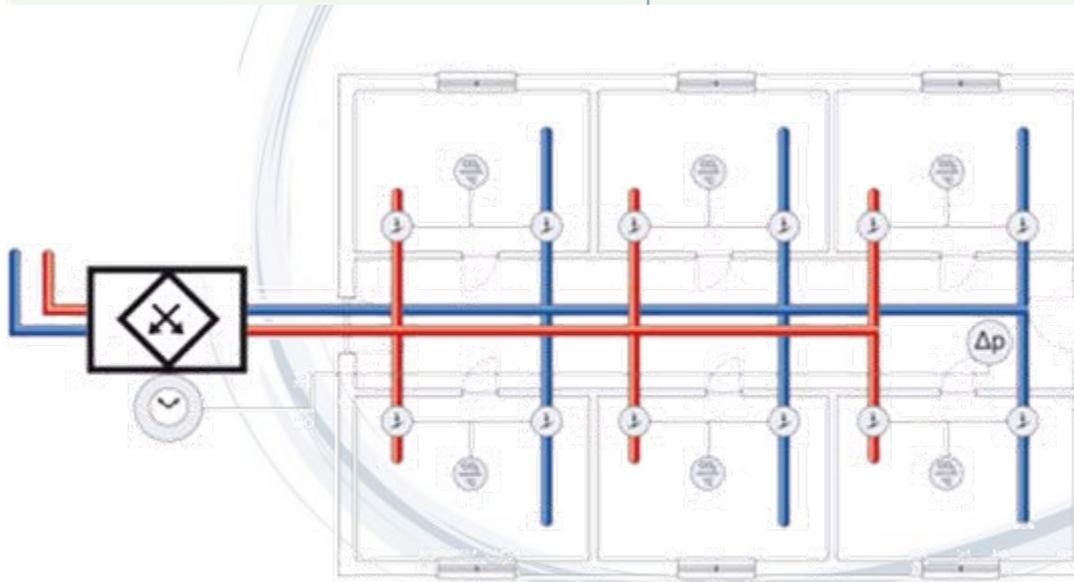
# Komfortlüftung - Regelungsverfahren

## DCV-Prinzip (Demand Controlled Ventilation)

Regelung der Luftmenge in zwei Stufen in Zonen	Wird eingesetzt bei:
<p>Luftmenge</p> <p>Belastungsregelung mittels CO<sub>2</sub>-Temperatursensor</p>  <p>Betriebszeit</p> <p>Zeit</p> <p><b>Betriebszeit:</b> Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass während dieser 60% der Zeit, in denen die Räume benutzt werden, die tatsächliche Belastung nur ca. 75% der projektierten Belastung beträgt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>großer Schwankung der Personenbelastung</li> <li>großer Schwankung der Wärmebelastung</li> </ul> <p><b>Beispiel:</b>  <b>Lehrerzimmer</b>  <b>Klassenraum</b>  <b>EDV-Räume</b>  <b>Aufenthaltsräume</b>  <b>Turnhalle</b>  <b>Dusch- und Umkleieräume</b>  <b>Sitzungsräume und Büroräume mit Südlage</b></p>

## DCV-Prinzip - Funktion der Steuerung

-  **Wochenplan:** Umschalten zwischen Stop, Economy, Standby und Comfort beim täglichen Betrieb
-  **Übersteuerung des Wochenplans:** Außerhalb der normalen Arbeitszeit lässt sich der Wochenplan auf Komfortniveau übersteuern.
-  **Übersteuerung des Wochenplans:** Außerhalb der normalen Arbeitszeit lässt sich der Wochenplan auf Komfortniveau übersteuern.
-  **Konstantdruckregelung:** Das DCV-System funktioniert bei konstantem Druck im Hauptkanal.
-  **DCV-Steuerung der Zonenklappe:** Die einzelnen Räume haben eine Zonenklappe, die vom CO<sub>2</sub>-Temperatursensor gesteuert werden kann. Die Klappe muss modulierend sein.

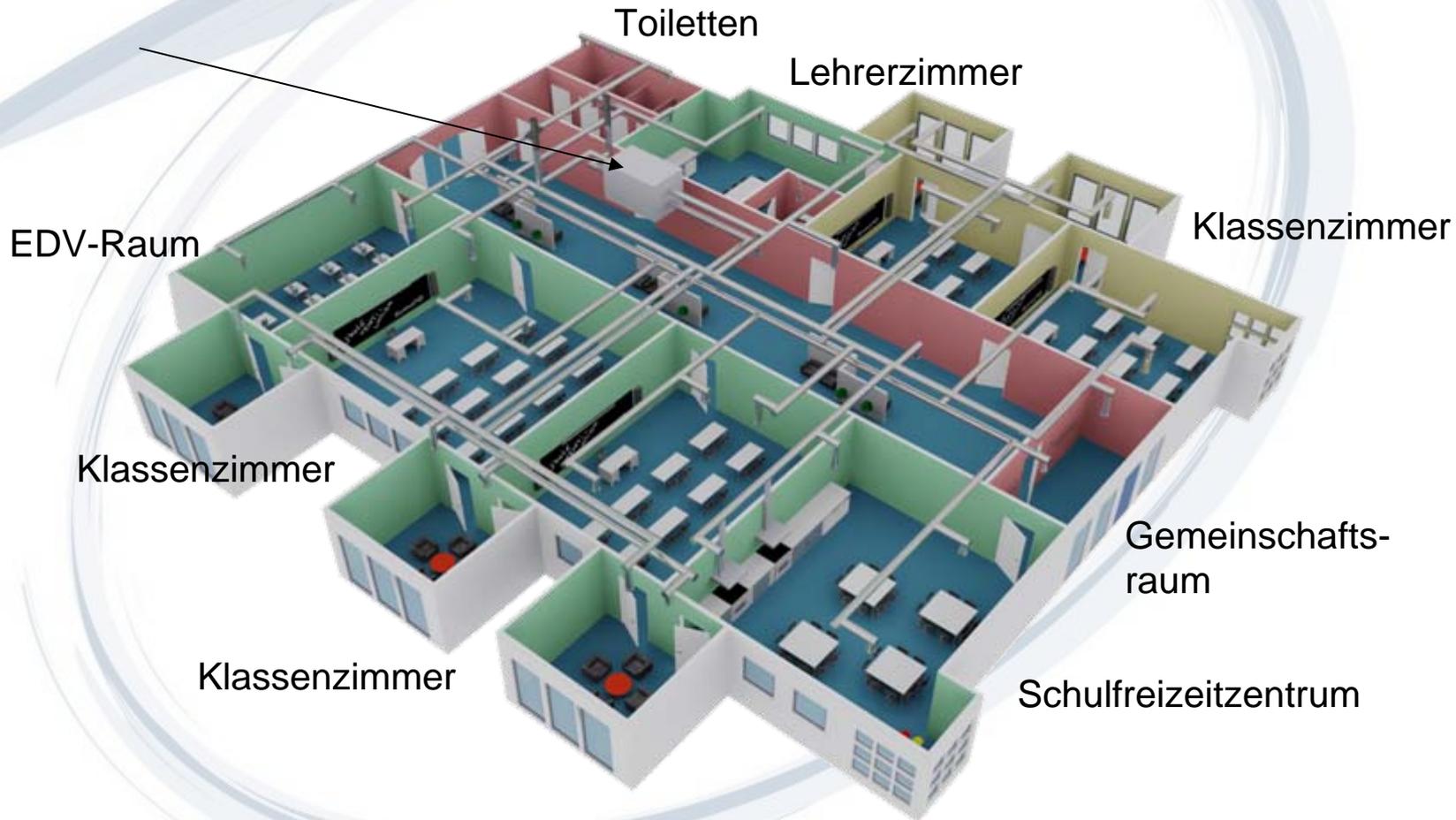


# Komfortlüftung

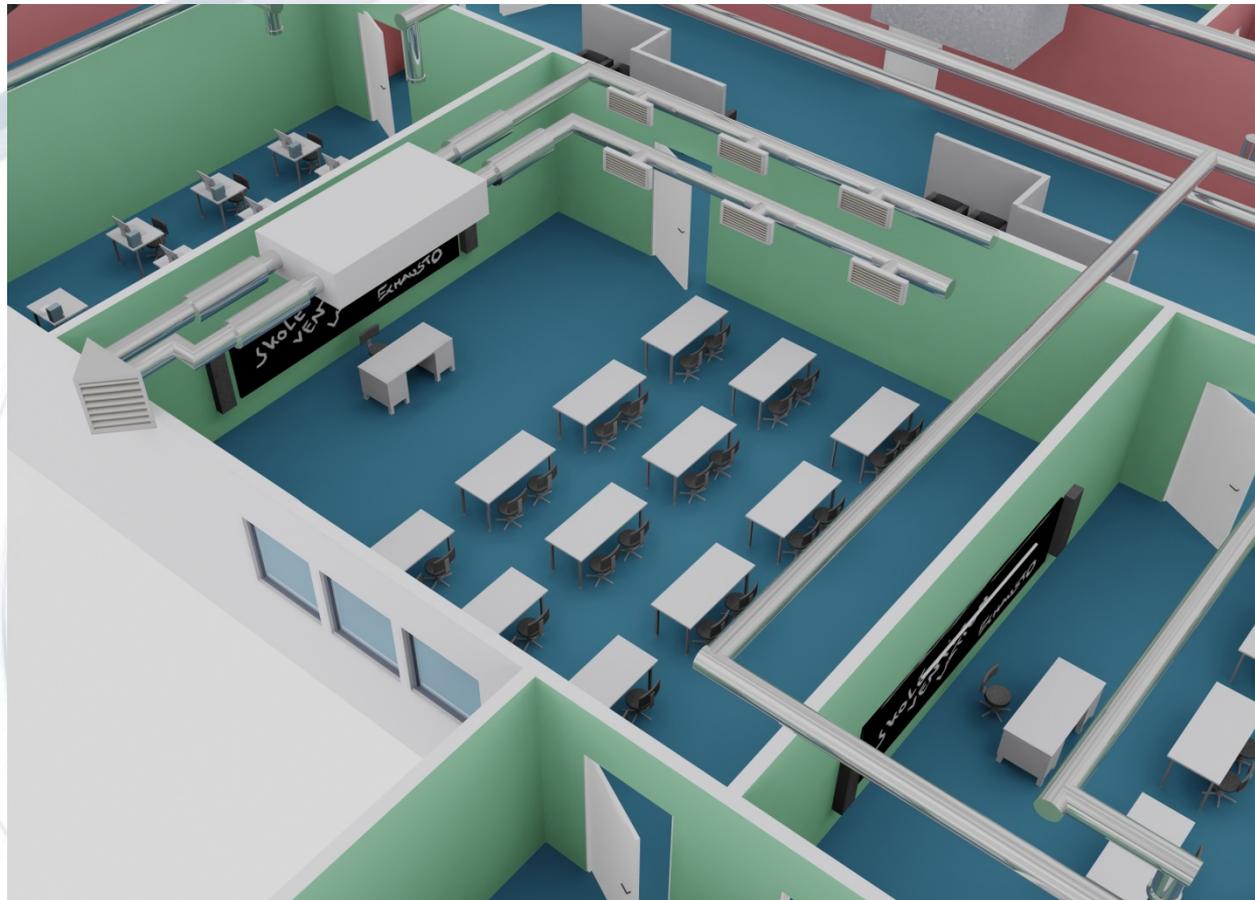
## - Übersicht über Räume und Produkte



VEX200 Lüftungsgerät

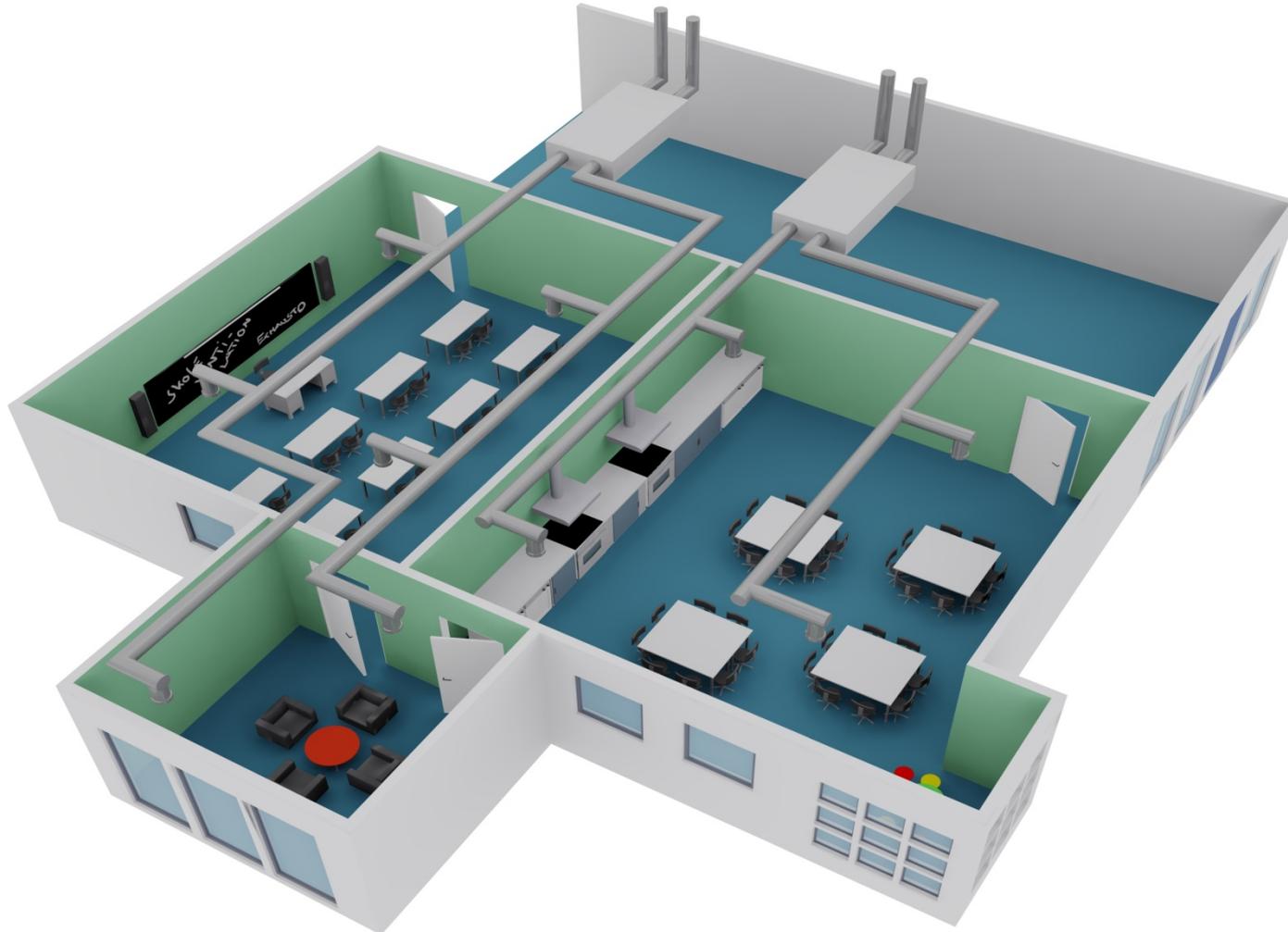


# Komfortlüftung - dezentrale Klassenraumlüftung VEX320/330C



# Komfortlüftung

- semi-zentrale Klassenraumlüftung VEX320/330



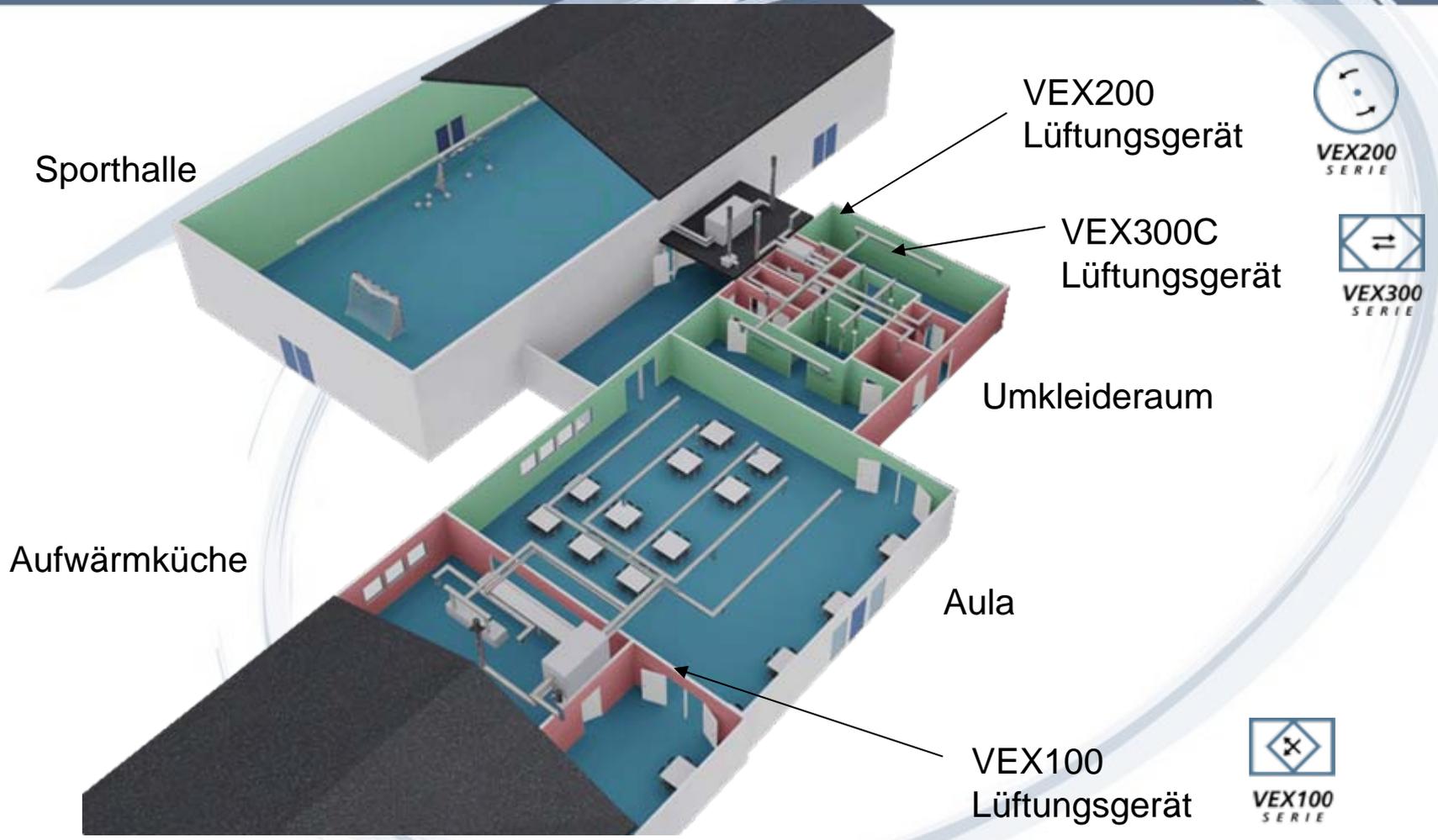
# Komfortlüftung

- semi-zentrale Klassenraumlüftung VEX320/330



# Komfortlüftung

## - Übersicht über Räume und Produkte



Sporthalle

VEX200  
Lüftungsgerät



VEX300C  
Lüftungsgerät



Umkleideraum

Aufwärmküche

Aula

VEX100  
Lüftungsgerät

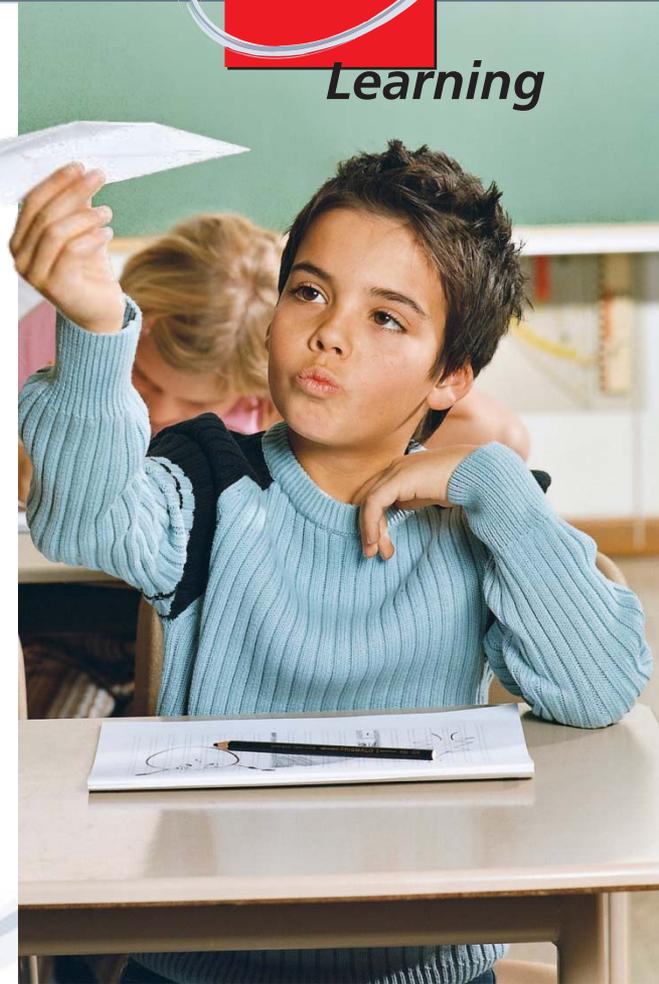


# Agenda

- Einführung zur Projektierungsanleitung
- DIN EN und VDI Richtlinien
- Komfortlüftung
- Prozesslüftung
- Informationsmaterial

2 + 3

*Learning*

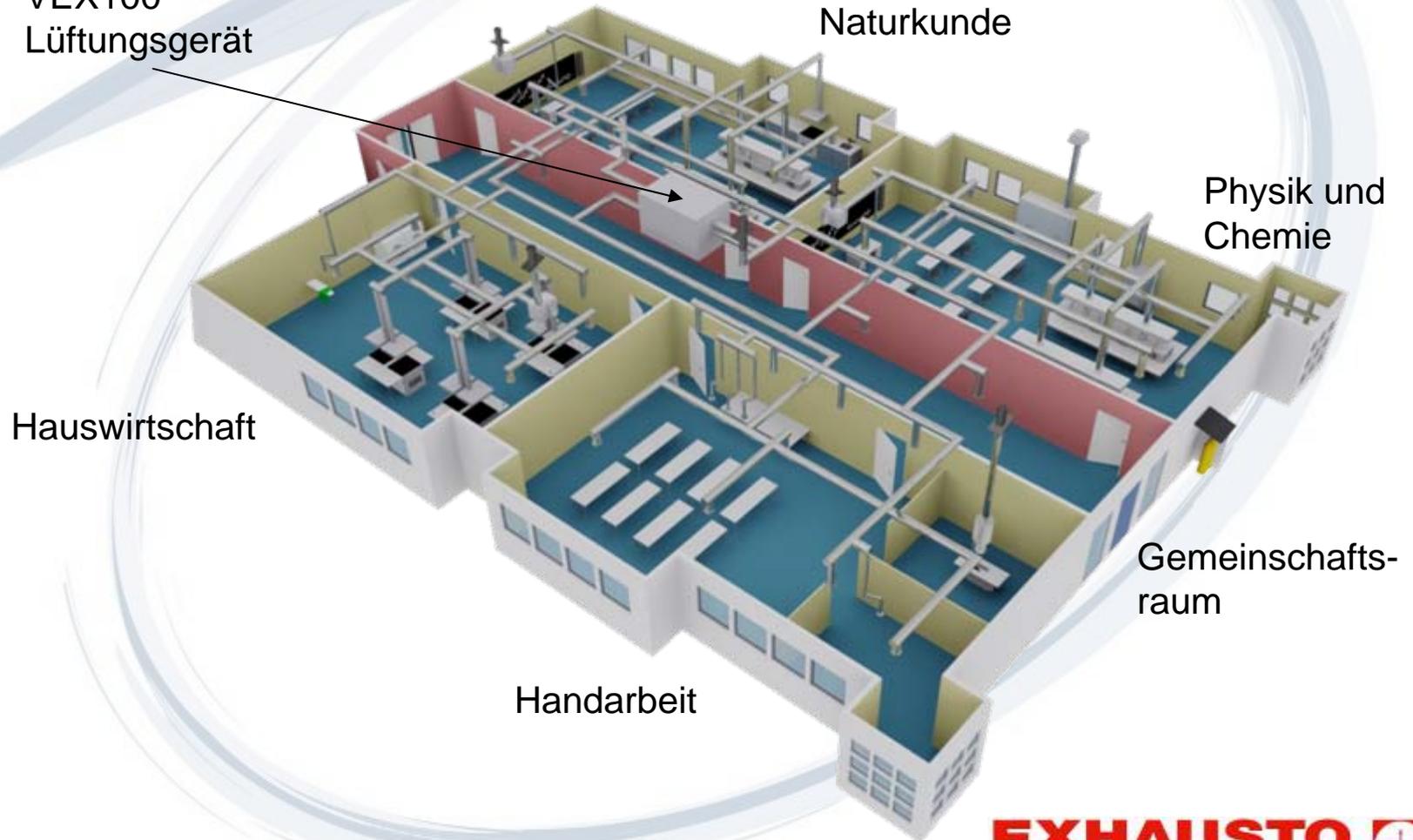


# Prozesslüftung

## - Übersicht über Produkte



VEX100  
Lüftungsgerät

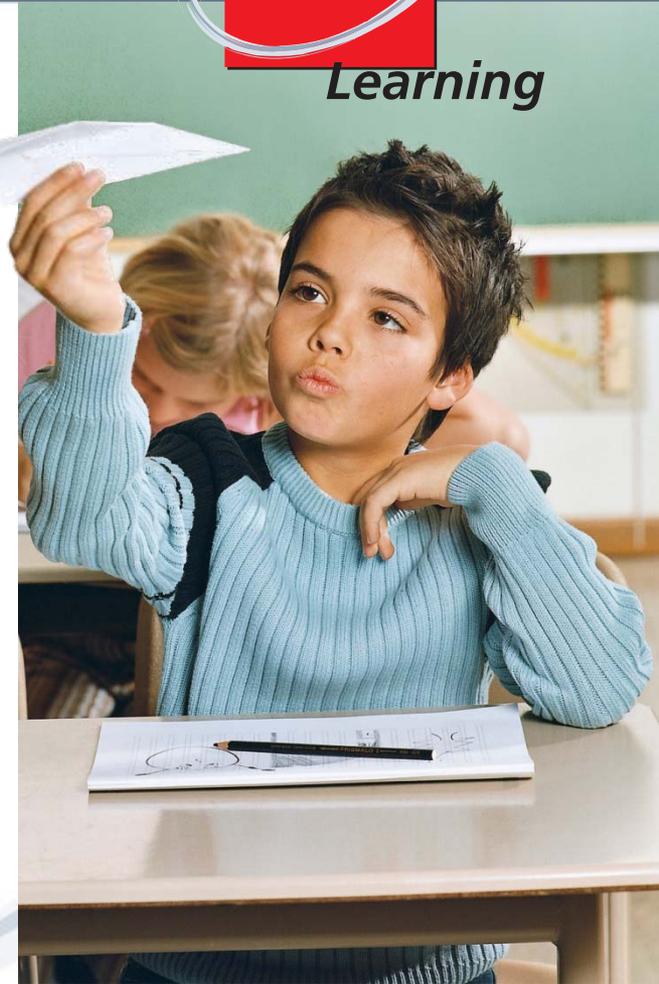


# Agenda

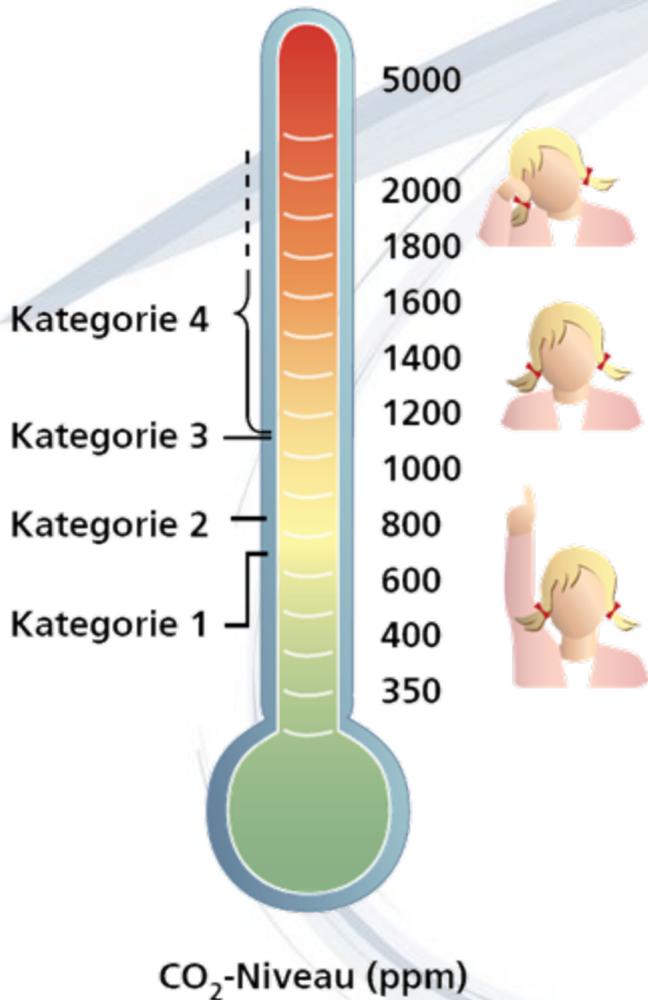
- Einführung zur Projektierungsanleitung
- DIN EN und VDI Richtlinien
- Komfortlüftung
- Prozesslüftung
- Informationsmaterial

2 + 3

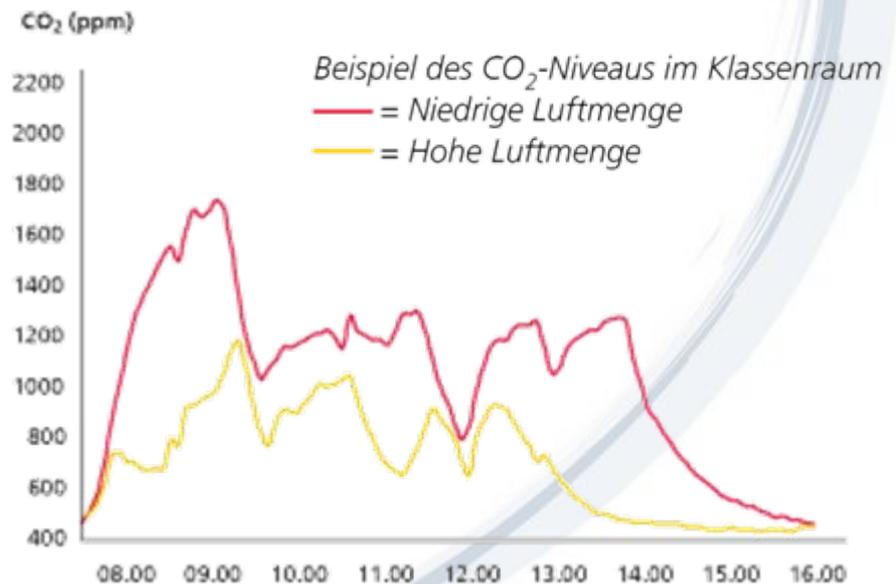
*Learning*



# Prozesslüftung - Learn-o-Meter



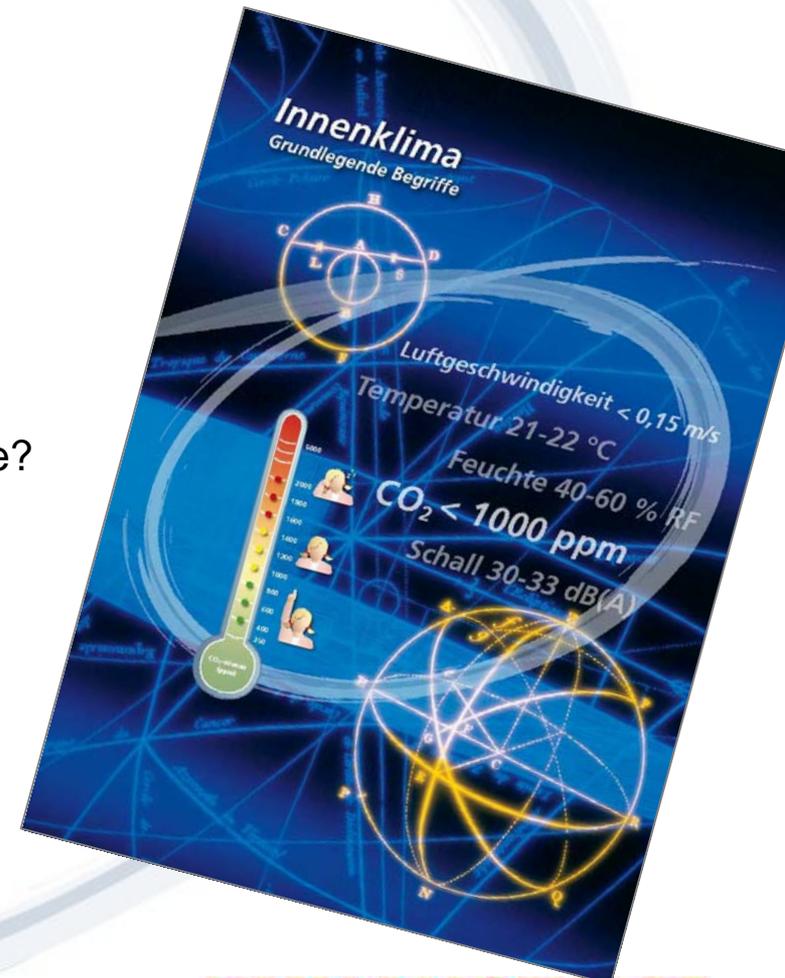
- Pädagogische Abbildung des Innenklimas
- Möglichkeit für Logging von Daten
- "Heranziehen" der Schüler zu einem guten Verhalten



# Prozesslüftung

## - Unterrichtsmaterial

- 8seitige Broschüre/Heft
- Zielgruppe: Schüler der 7.-10. Klasse in Physik oder Naturkunde
- Inhalt:
  - Was ist ein Innenklima
  - Erläuterung der Begriffe Temperatur, Zug, Licht, Schall, Feuchte und Reinheit/Verschmutzung
  - Aufgabe: Wie ist das Innenklima in deiner Klasse?



 $2+3$

Learning

Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit  
Günter Grabbert

Fragen?

