

**TROX<sup>®</sup> TECHNIK**

The art of handling air

## Besseres Lernen in energieeffizienten Schulen

### 2 Beispiele aus der Praxis

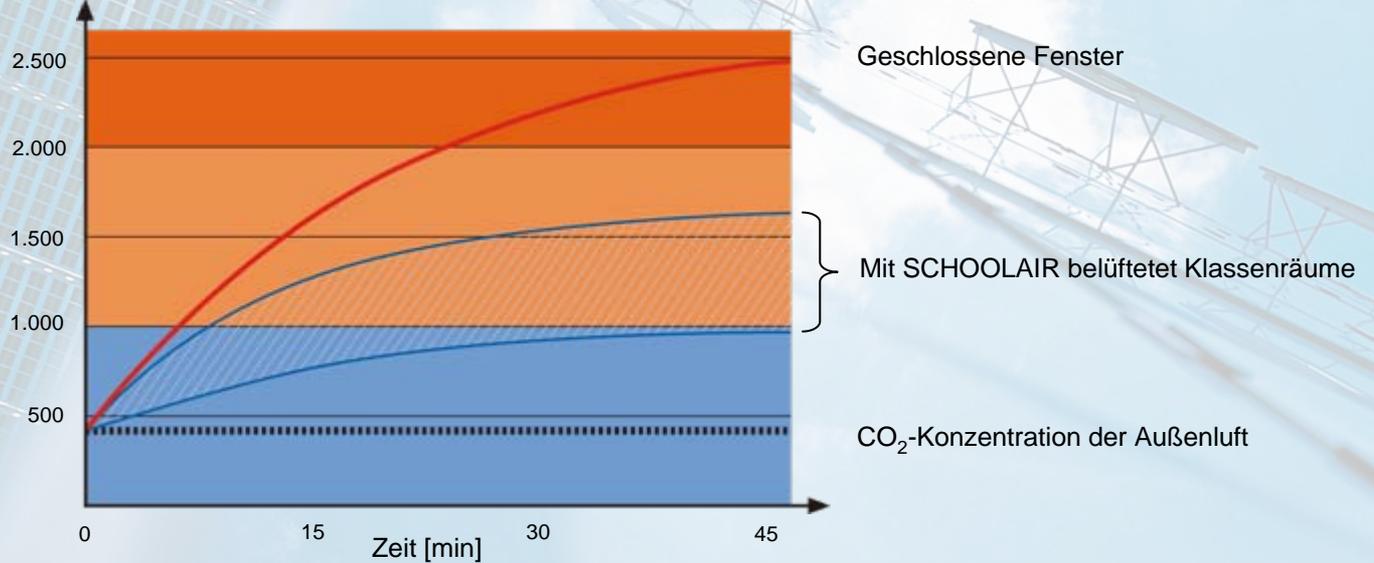
F. Schießer

Vertriebsleiter Systeme



## Luftqualität im Klassenzimmer

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



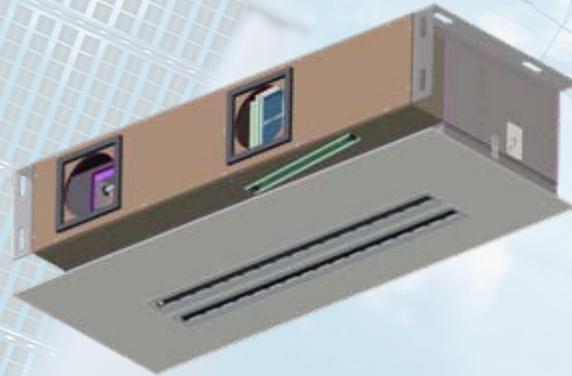
Geschlossene Fenster

Mit SCHOOLAIR belüftete Klassenräume

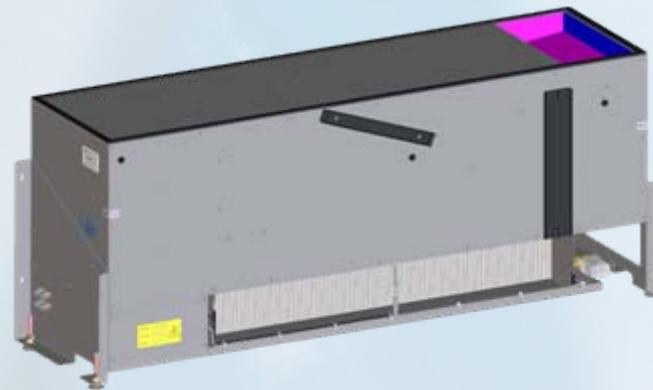
CO<sub>2</sub>-Konzentration der Außenluft

Leitwerte für die Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Innenraumluft		
CO <sub>2</sub> -Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	· keine weiteren Maßnahmen
1000 - 2000	Hygienisch auffällig	· Lüftungsmaßnahmen intensivieren · Lüftungsverhalten überprüfen
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	· Belüftbarkeit des Raumes prüfen · ggf. weitgehende Maßnahmen prüfen

## Systeme für jede Einbausituation



SCHOOLAIR-D zum Einbau in die Decke



SCHOOLAIR-B zum Einbau vor die Brüstung

SCHOOLAIR-V zum vertikalen Einbau



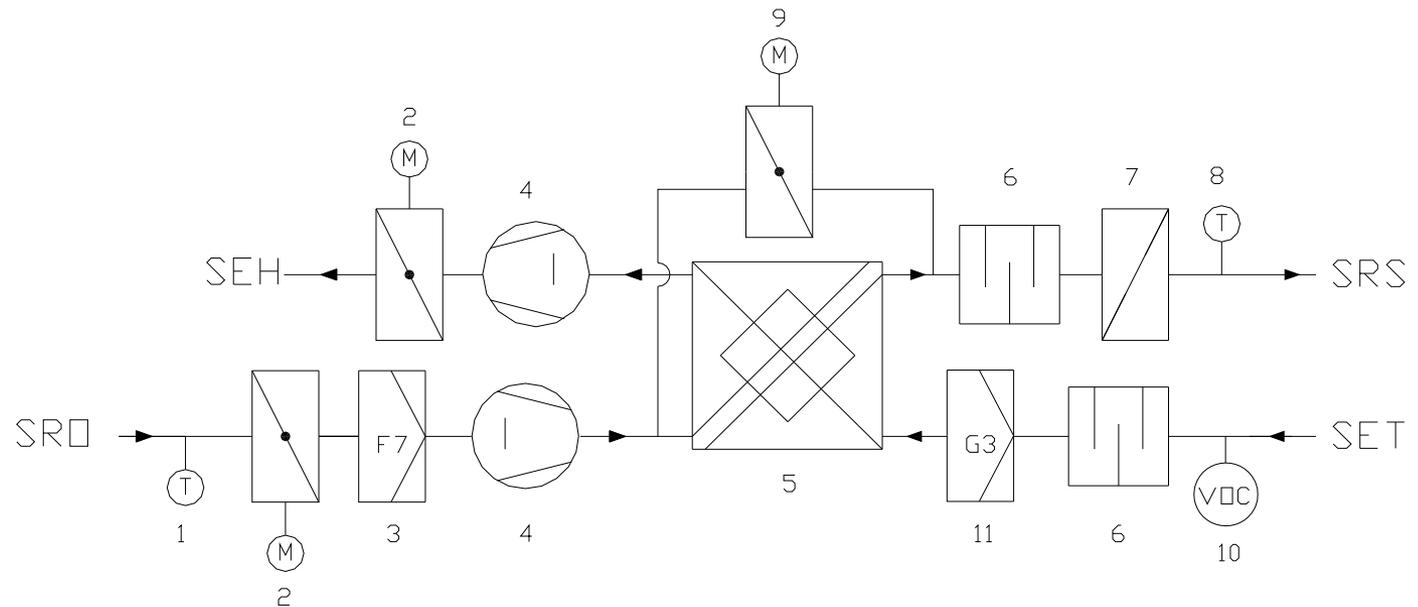
SCHOOLAIR-Regelung,  
optimal auf die Geräte /  
Klassenraumlüftung  
abgestimmte  
Einzelraumregelung

## Systeme für jede Einbausituation



SCHOOLAIR-Geräte			
	SCHOOLAIR-B	SCHOOLAIR-V	SCHOOLAIR-D
Volumenstrom (Betrieb)	150 - 250 m <sup>3</sup> /h	150 - 250 m <sup>3</sup> /h	80 - 160 m <sup>3</sup> /h
Volumenstrom (BOOST)	320 m <sup>3</sup> /h	320 m <sup>3</sup> /h	200 m <sup>3</sup> /h
Heizleistung (Betrieb)	2490 - 4095 W	2490 - 4095 W	1400 - 2314 W
Schalldruckpegel im Betrieb bei 8 db Raumdämpfung	22 - 31 dB (A)	27 - 35 dB (A)	24 - 38 dB (A)

## Komponenten und Geräteschema SCHOOLAIR



1 Außenluft Temperatur Fühler  
 2 motorische Außen- bzw. Fortluftklappe  
 3 Feinstaub Außenluft Filter F7  
 4 EC-Radial Ventilatoren  
 5 Rekuperative Wärmerückgewinnung  
 7 Lufterhitzer  
 9 motorische Bypass Klappe

6 Schalldämpfermodule  
 8 Zuluft Temperatur Fühler  
 10 Luft Qualitäts Sensor (VOC)  
 11 Abluffilter G3

## Wärmerückgewinnung

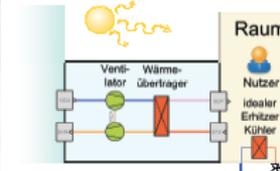
**Max. 60% WRG in Schulen reichen weil:**

- keine bzw. geringe Mengen Kondensat anfallen
- somit keine Kondensatableitung notwendig ist
- Nutzung auch im Winter bei Minustemperaturen möglich ist
- Die WRG Bypasssteuerung nur in extrem Situationen erforderlich ist
- Lange Einsatzzeiten der WRG einen energetischen Vorteil in der Gesamtenergiebilanz ergeben
- Keine Vorerwärmung der Außenluft notwendig wird
- Im Unterrichtsbetrieb hohe innere Wärmeleistungen zur Verfügung stehen.

E.ON Energy Research Center

EBC | Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate

## Studie zur Wärmerückgewinnung in Unterrichtsräumen



### Motivation

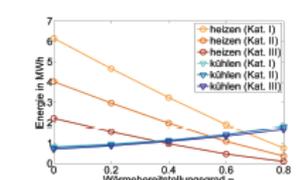
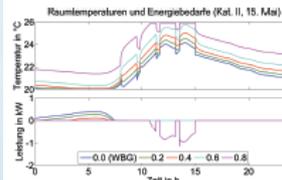
Eine Möglichkeit zur Energieeinsparung in Unterrichtsräumen ist die Verringerung des Lüftungswärmebedarfs durch hohe Wärmebereitstellungsgrade (WBG) bei einer maschinellen Belüftung. Es soll untersucht werden, ob bei hohen internen Lasten, wie sie in Klassenräumen vorkommen, durch zu hohe WBG Überhitzungszustände entstehen können. Mit Hilfe von dynamischen Berechnungen eines Lüftungssystems mit Wärmerückgewinnung, wird für verschiedene Wärmebereitstellungsgrade und Frischluftmengen analysiert, welcher Heiz- und Kühlenergiebedarf sich ergibt.

### Methoden

DIN EN 15251 definiert verschiedene Komfortbereiche für Temperatur- und Luftqualität, wobei Kategorie I die höchsten Anforderungen stellt. Für drei Kategorien und jeweils fünf WBG (0,0...0,8) wurden die Energiebedarfe für Heizen und Kühlen ausgewertet. Aus dem vorgegebenen Fortluftvolumenstrom wird entsprechend des WBG Wärme an den Außenluftstrom übertragen. In den Berechnungen wurde ein Belegungsprofil mit 25 Personen bei 4 Unterrichtsböcken pro Tag (ohne Berücksichtigung von Schulferien und Feiertagen) angenommen. Wetterdaten lieferte ein Test-Referenzjahr für Berlin.

Kategorie I	Kategorie II	Kategorie III
$q_{p,1} = 10 \text{ l/(sP)}$	$q_{p,2} = 7 \text{ l/(sP)}$	$q_{p,3} = 4 \text{ l/(sP)}$
$q_{g,1} = 0,5 \text{ l/(sm}^2\text{)}$	$q_{g,2} = 0,5 \text{ l/(sm}^2\text{)}$	$q_{g,3} = 0,5 \text{ l/(sm}^2\text{)}$
$T \geq 21^\circ\text{C}$	$T \geq 20^\circ\text{C}$	$T \geq 19^\circ\text{C}$
$T \leq 25^\circ\text{C}$	$T \leq 26^\circ\text{C}$	$T \leq 27^\circ\text{C}$

**Legende:**  $q_p$ : Personenlasten,  $q_g$ : Lüftungswärme,  $T$ : Raumtemperatur

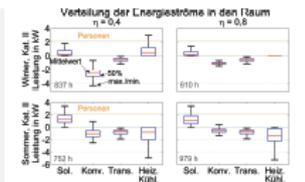


### Ergebnisse

Mit zunehmender Größe des WBG sinkt der Heiz- und steigt der Kühlenergiebedarf. Minderungen des Gesamtenergiebedarfs ergeben sich über 60% kaum noch. Die Leistungsanforderungen sind im Sommer und Winter vergleichbar.

### Diskussion

Ohne Kühlung sind Überschreitungen der Raumtemperatur im Sommer unvermeidlich. Da die Aufheizung der Außenluft in der Fassadengrenzschicht nicht berücksichtigt wurde, werden bei Brüstungsgeräten die tatsächlichen Kühlenergiebedarfe höher und die Heizenergiebedarfe niedriger sein. Damit verschieben sich günstige WBG zu geringeren Werten. Bei hohen Ansaugtemperaturen würden große WBG zwar zur Kühlung beitragen, allerdings ist dieser Effekt nicht wesentlich, wie nebenstehender Grafik entnommen werden kann. Die Personenlasten liegen selbst im Sommer über den solaren Lasten.



**Projekt:** „Heizenergieeinsparung, thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“  
**Förderkennzeichen:** 0327387B

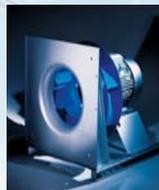
### Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass sehr hohe Wärmebereitstellungsgrade für Unterrichtsräume nicht immer zweckmäßig sind. Gerade bei hohen internen Lasten sollte das Kühlpotential der Außenluft auch in der Übergangszeit nutzbar bleiben. Da eine Bypassregelung technisch nicht immer möglich ist, sollte gerade in solchen Fällen auf eine sinnvolle Wahl des Wärmebereitstellungsgrades geachtet werden. Durch eine ausreichende Lüftung und eine Kühlung im Sommer können gute Lernbedingungen in Unterrichtsräumen sichergestellt werden.

**Kontakt:** Dipl.-Ing. Peter Matthes, pmatthes@eonerc.rwth-aachen.de

## Primärenergiebedarf der Gerätetechnik

SFP 1500 - 3000W/(m<sup>3</sup>/s)

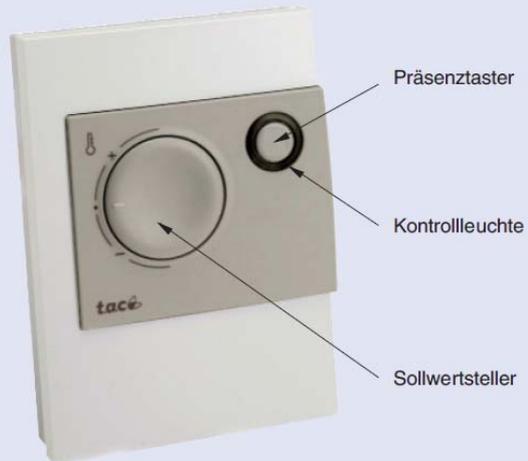


SFP Aktuell:  
250...600 W/(m<sup>3</sup>/s)

		SCHOOLAIR-B		Klassische Lösung		
		Zukunft	Abluft	Zuluft	Abluft	
Gesamtvolumenstrom	m <sup>3</sup> /h	12500		12500		Ventilatoren
Geräteanzahl	Stck.	50		1		
SFP	Ws/m <sup>3</sup>	216	216	2000	1250	
elektrische Leistungsaufnahme	kW	0,75	0,75	6,94	4,34	
Primärenergiebedarf	kWh/a	<b>6480</b>		<b>48384</b>		WRG
WRG-Grad	%	50		80		
Lüftungswärmeverlust ohne WRG	kWh/a	14212		14212		
Lüftungswärmeverlust mit WRG	kWh/a	7106		2842,4		
Primärenergiebedarf	kWh/a	<b>7817</b>		<b>3127</b>		
Gesamtprimärenergiebedarf	kWh/a	<b><u>14297</u></b>		<b><u>51511</u></b>		

**Primärenergiebedarf nur ca. 30 % im Vergleich zur klassischen Lösung!**

## Regelstrategie Klassenzimmerlüftung



Unterricht Min. Lüftung: **Stufe 1**  
CO<sub>2</sub>-Konzentration

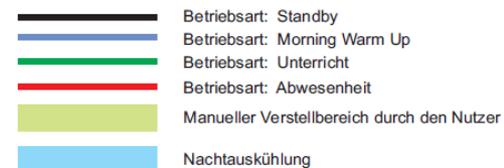
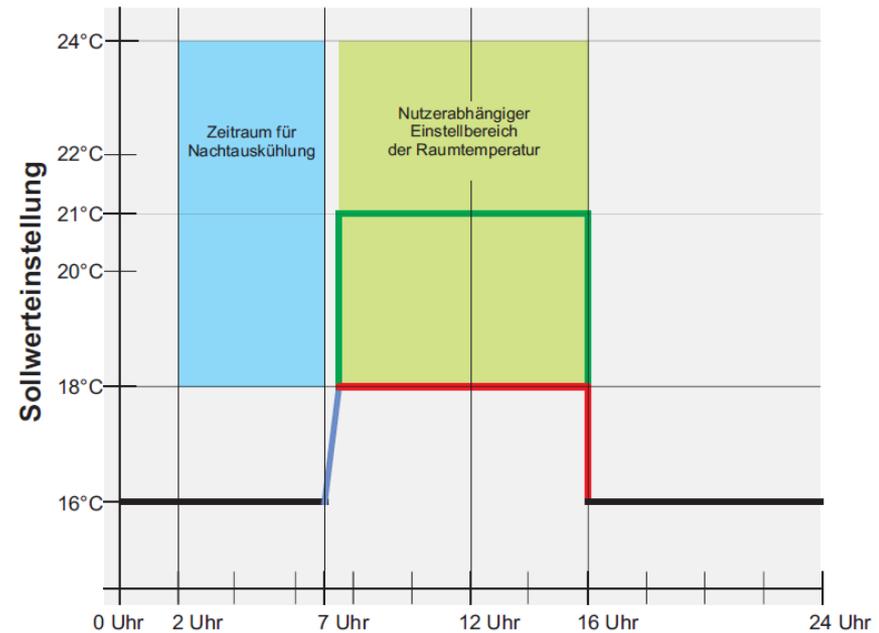
>1000 ppm: **Stufe 2**

längerfristig >1000 ppm: **Stufe 3**

### Vorteile:

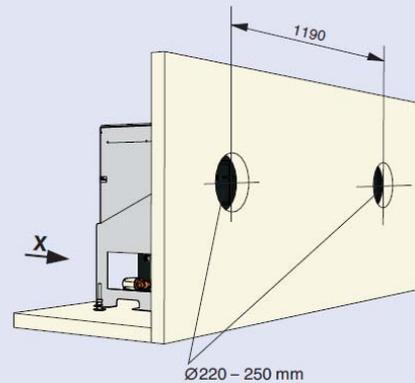
- Bedarfsabhängige Volumenströme
- Reduzierung der planerischen Außenluftvolumenströme
- Energieeffizienter Betrieb

**SCHOOLAIR Regelung**  
temperaturabhängiger Tagesverlauf



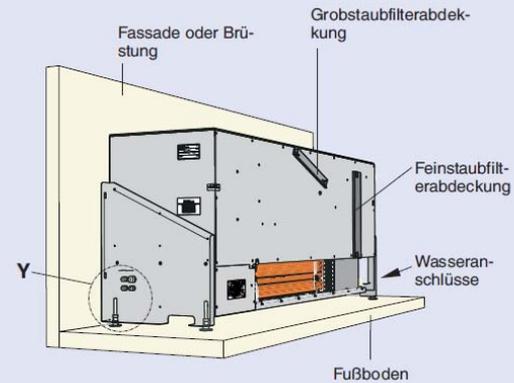
## Einbau - Installation SCHOOLAIR Geräte

### Öffnungen für Außenluft und Fortluft

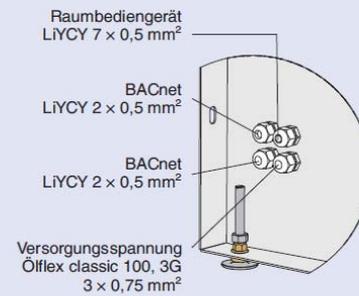
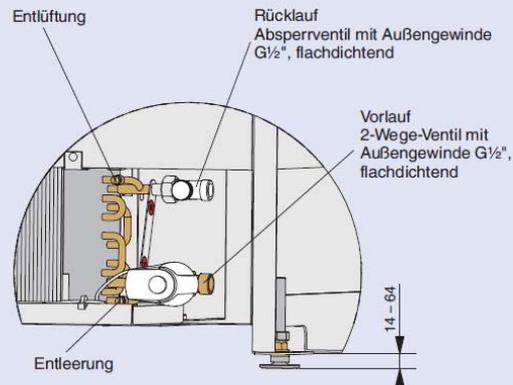


**Ansicht X**

### Elektroanschluss



**Detail Y**



# Gymnasium Fallersleben, Wolfsburg

# Bauablauf

.....



## Franziska Hagerschule in Prien am Chiemsee





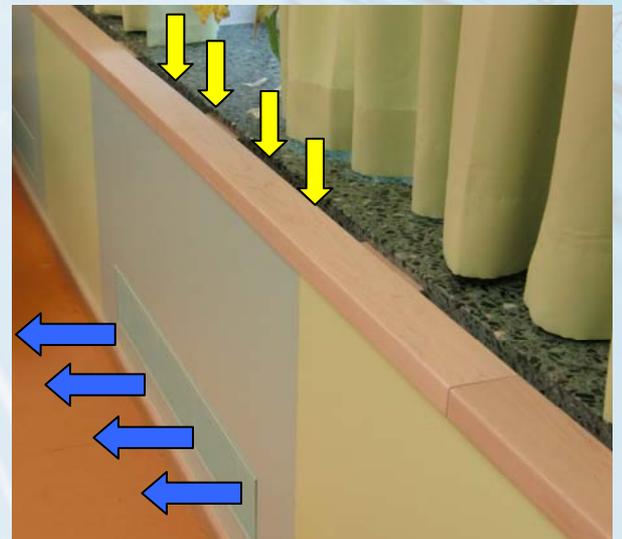
## Franziska Hagerschule in Prien

32 Geräte SCHOOLAIR-D



## Franziska Hagerschule in Prien

135 Geräte SCHOOLAIR-B





**Schönen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**