

## Kongress – Zukunftsraum Schule

---



# Planung und Regelung natürlicher Lüftung



# Planung und Regelung natürlicher Lüftung

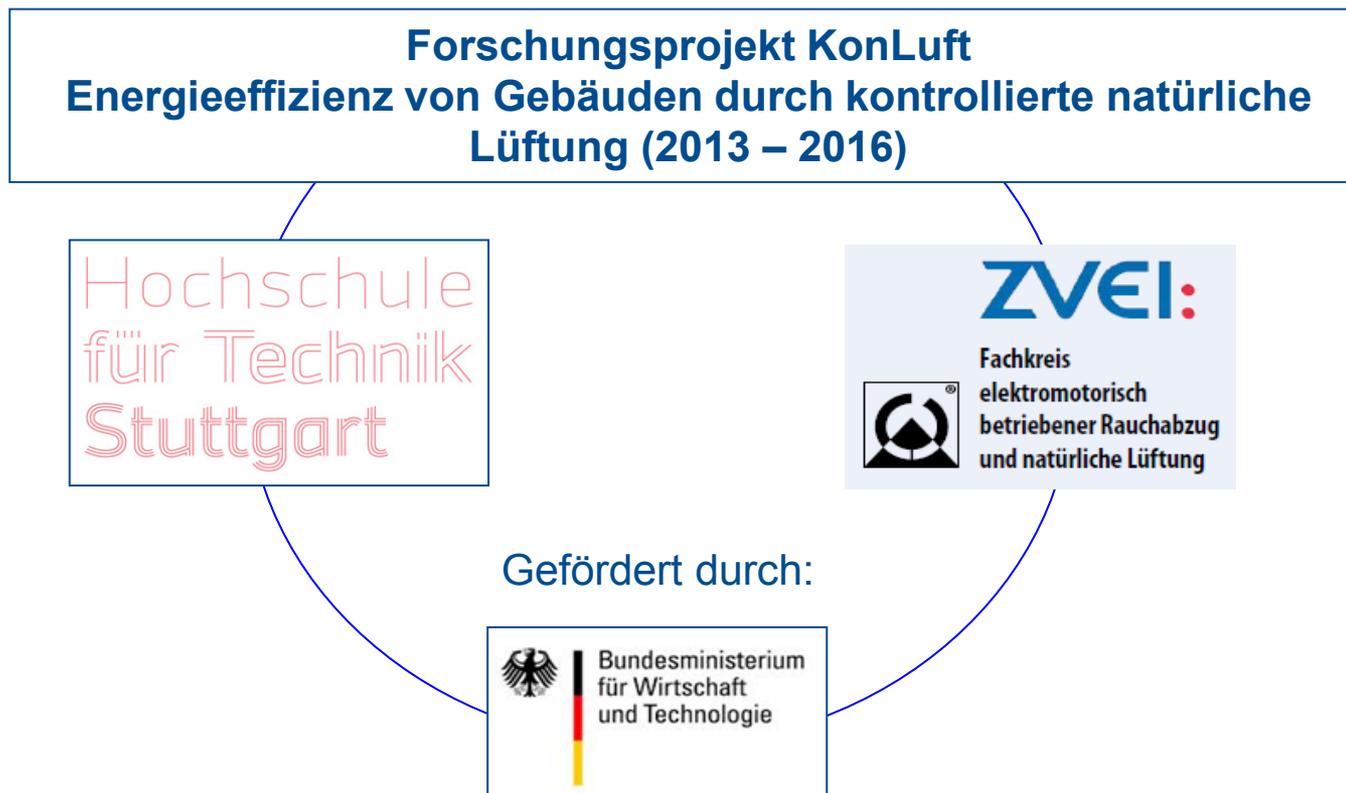
---

## Natürliche Lüftung in Schulen

Das Umweltbundesamt hat wiederholt darauf hingewiesen, dass regelmäßiges Lüften gerade in Schulen unverzichtbar ist. Nur dadurch könne die Anreicherung von CO<sub>2</sub>, Luftfeuchtigkeit und Gerüchen vermieden werden.

Häufig werde die zulässige CO<sub>2</sub>-Konzentration bereits kurz nach Unterrichtsbeginn überschritten. In Deutschland setzen bereits einige Schulen auf eine kontrollierte natürliche Lüftung. In Großbritannien, Dänemark und anderen europäischen Ländern sind solche Lösungen zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Konzentration an Schulen bereits vorgeschrieben.

# Planung und Regelung natürlicher Lüftung



# Planung und Regelung natürlicher Lüftung

---

- Bisherige Forschungsarbeiten befassten sich vor allem mit der Untersuchung von erreichbaren Luftwechselraten bei manueller natürlicher Lüftung und der sich ergebenden Raumluftqualität.
- Dabei wurde gezeigt, dass insbesondere bei Querlüftung hohe Luftwechselraten möglich sind, die jedoch nur selten zu signifikanten Kühlenergieeinsparung führen, da gerade im Nichtwohnungsbau bei manueller Betätigung der Öffnungen die (Regen/Unwetter/Diebstahl)-Sicherheit nicht ausreichend gegeben ist.
- In Zusammenarbeit mit den Mitgliedsunternehmen des Fachkreises RWA / natürliche Lüftung im ZVEI sollen in diesem Vorhaben systematisch die Effizienzpotentiale von motorisch gesteuerter natürlicher Lüftung untersucht werden.

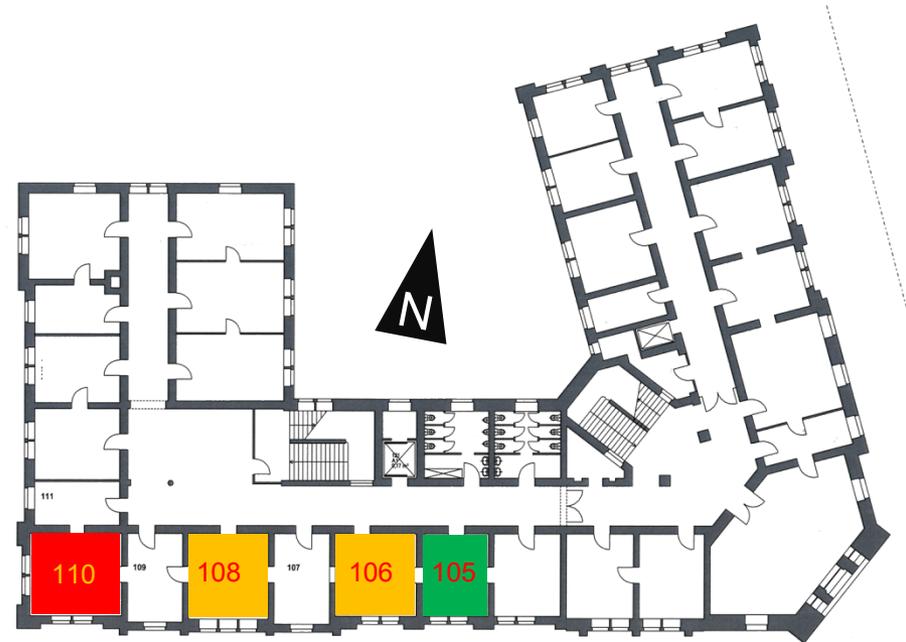
- Kontrollierte natürliche Lüftung – Fallbeispiel (Hoch)schule
- Potential natürlicher Lüftung
  - CO<sub>2</sub>
  - Überhitzungsschutz
  - Nachtlüftung
  - Behaglichkeit/Nutzerzufriedenheit
- Hybride Lüftung – PlusEnergieSchule Rostock

Prof. Dr. habil. Ursula Eicker  
Zentrum für Nachhaltige Energietechnik - [zafh.net](http://zafh.net)  
Hochschule für Technik Stuttgart

# Hochschule für Technik Stuttgart

## Projekt KonLuft – Fallstudie HFT

- Hochschulgebäude im Stadtzentrum Stuttgarts
- Baujahr 1850, Sandstein-Ziegel-Fassade, hohe thermische Massen (Wandstärke 65 cm)
- 4 Testräume 1. OG: 3 Büros, 1 Besprechungsraum



# Hochschule für Technik Stuttgart

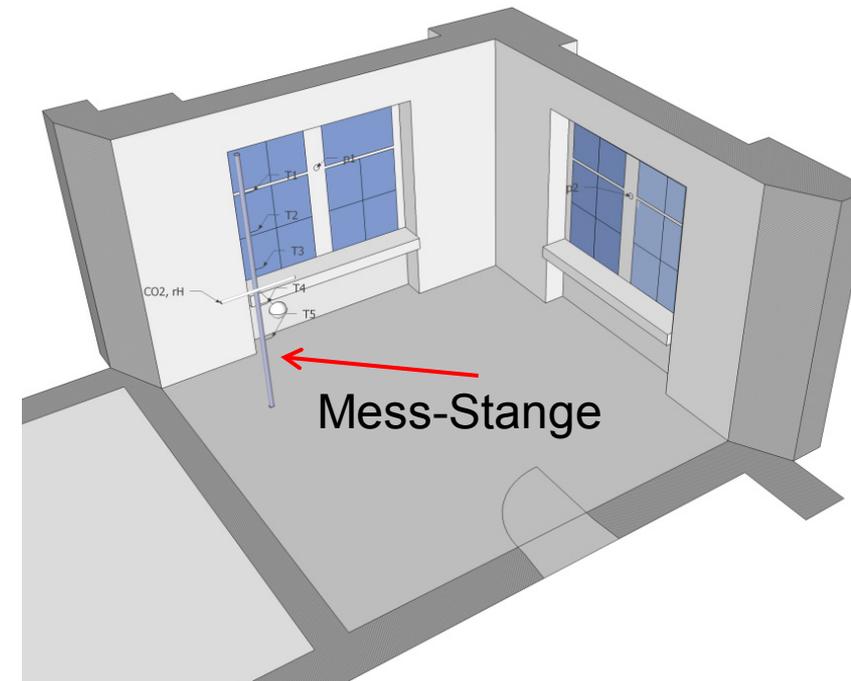
## Projekt KonLuft – Fallstudie HFT

- Testraum Querlüftung: 30m<sup>2</sup>, Höhe 3.5m , 106m<sup>3</sup>
- 4 Kippfenster (1,2,5,6) , 4 Drehflügelfenster (3,4,7,8)

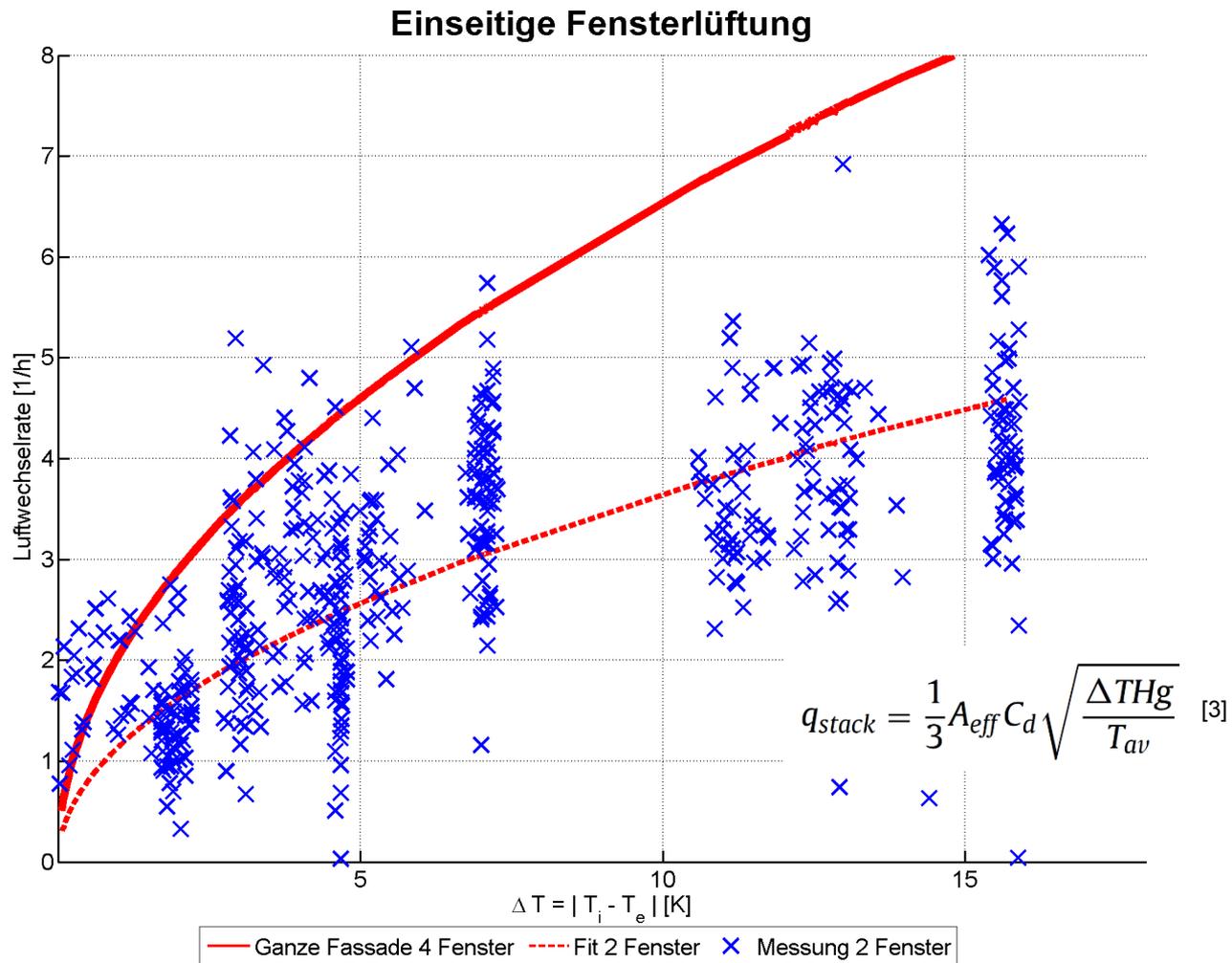


### Außenbedingungen:

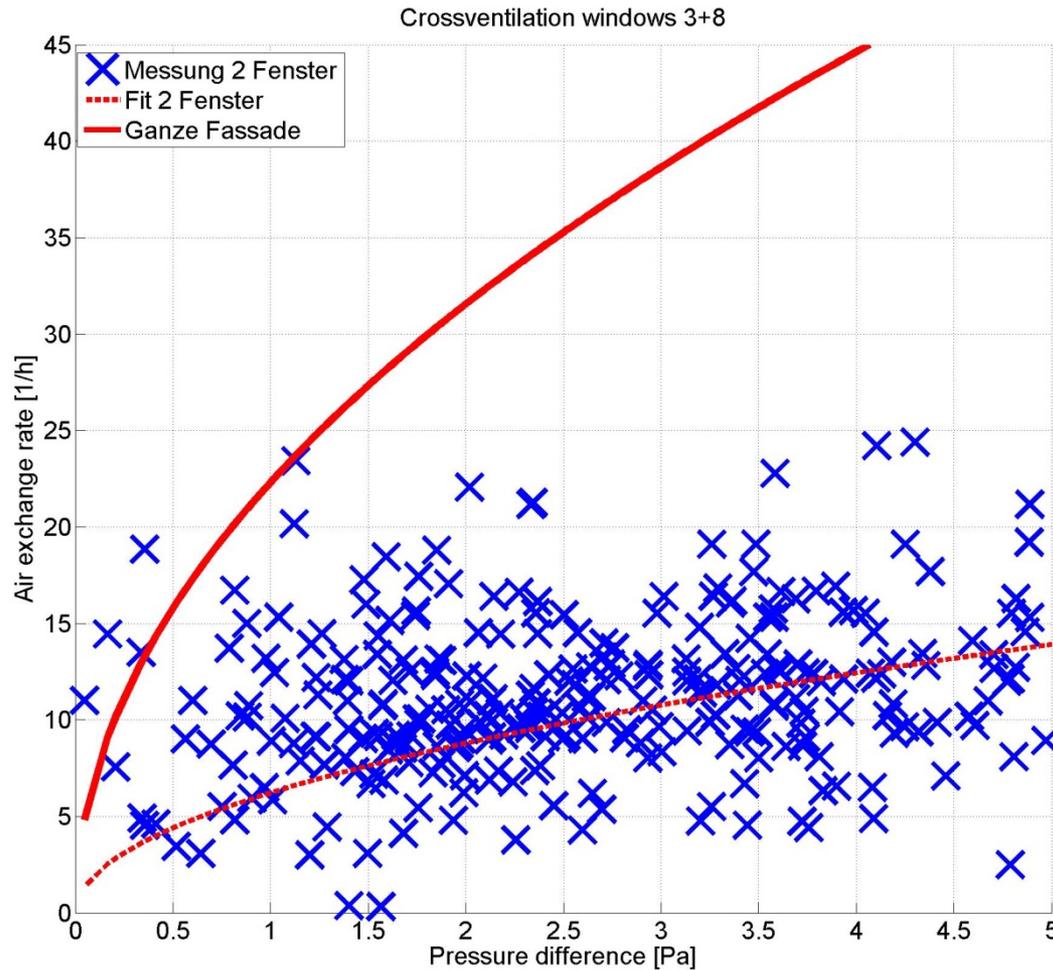
- Windrichtung und -geschwindigkeit
- Aussenfeuchte
- Aussentemperatur
- Barometrischer Druck
- Globalstrahlung in Fassadenebene



- CO<sub>2</sub>-Konzentration (1 MP in 1,8m)
- Temperaturschichtung (5 Messpunkte)
- Differenzdruck je Fassade
- Feuchtigkeit, Strahlungstemperatur (1 MP)

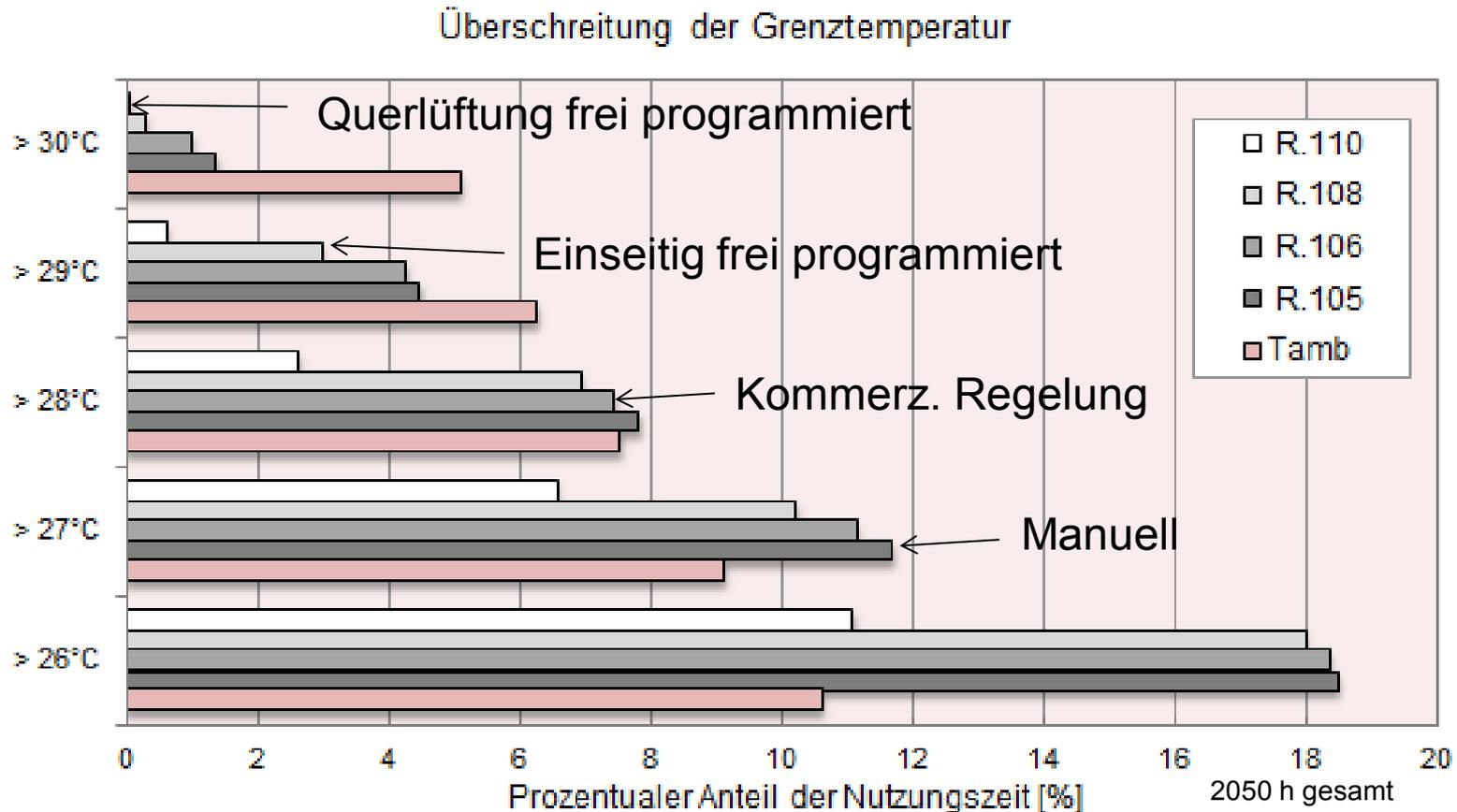


## Querlüftung - Messergebnisse



$$Q_w = C_d \cdot A_w \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |\Delta p_w|}{\rho_{\text{air}}}} \quad [1]$$

### Überhitzungsschutz – Testräume im Vergleich



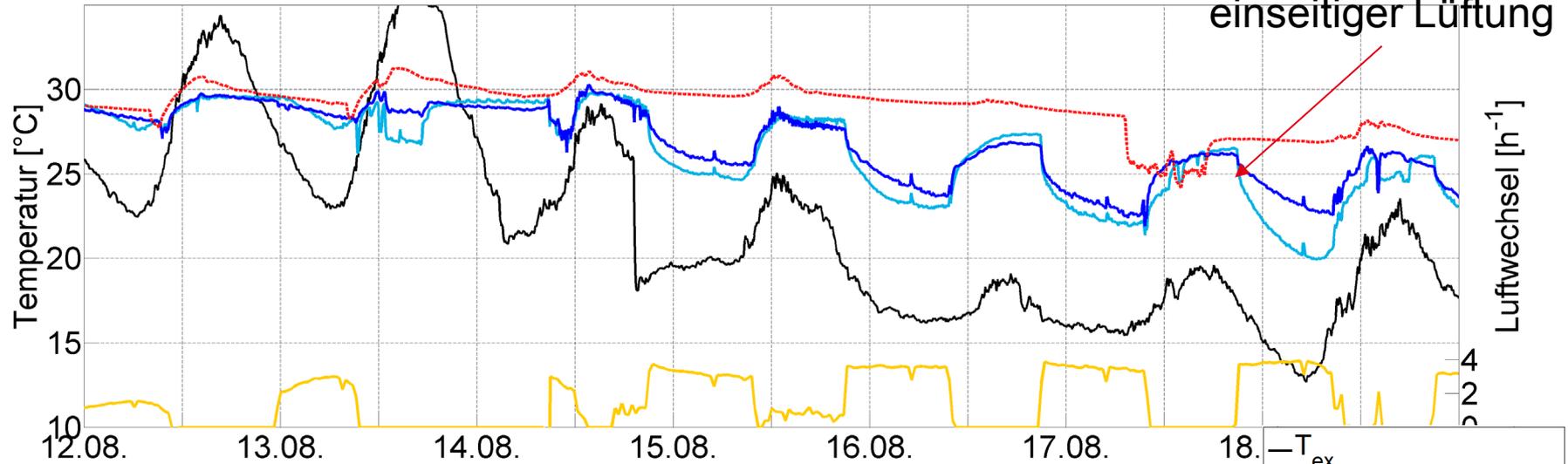
# Hochschule für Technik Stuttgart

## Temperaturmessungen in Sommerwoche

Einseitige Lüftung:

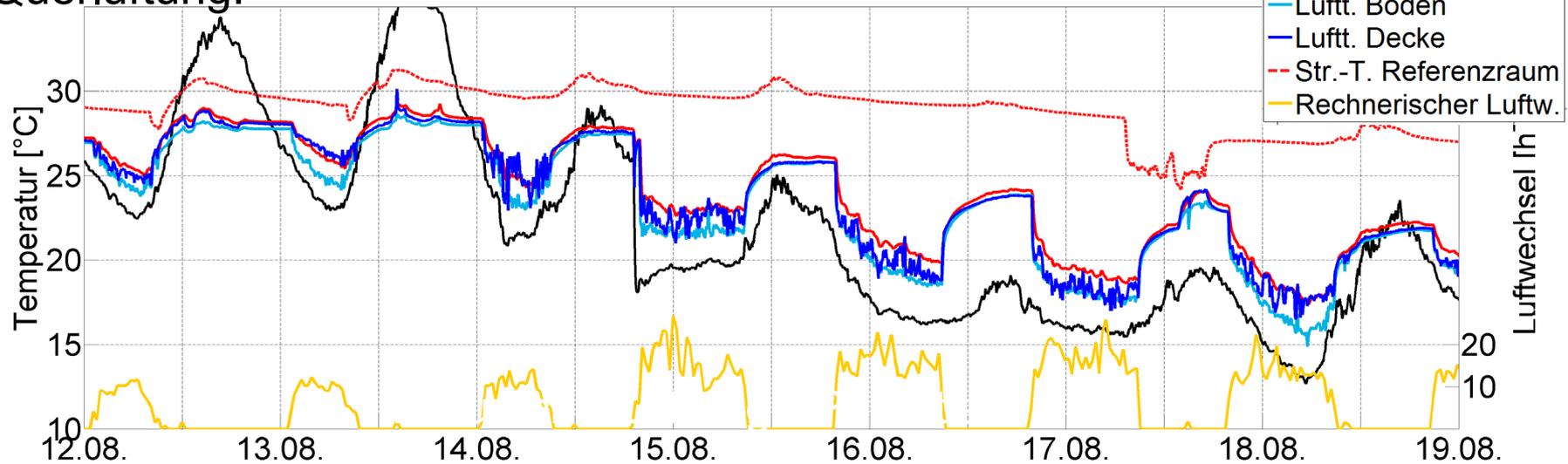
R108 einseitige Lüftung

Temperaturschichtung bei einseitiger Lüftung

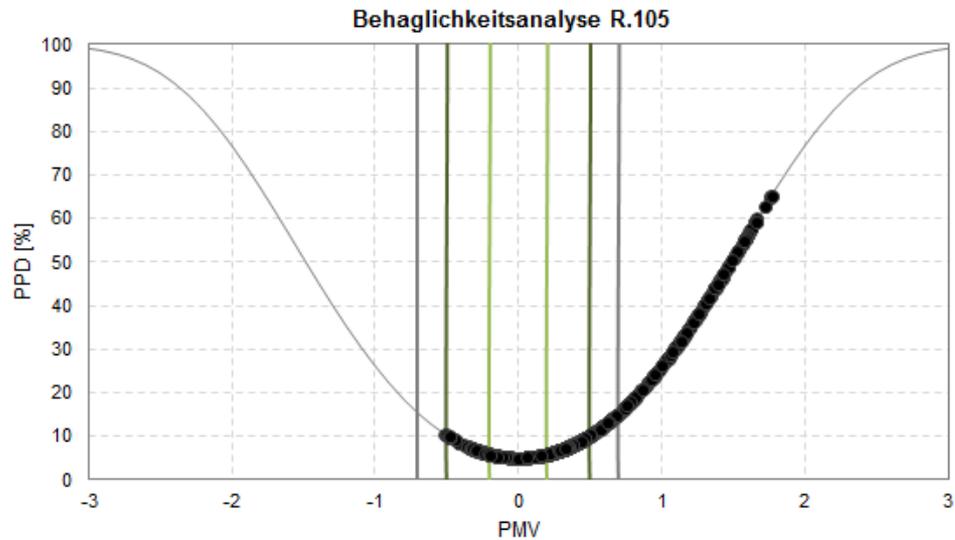


Querlüftung:

R110 Querlüftung

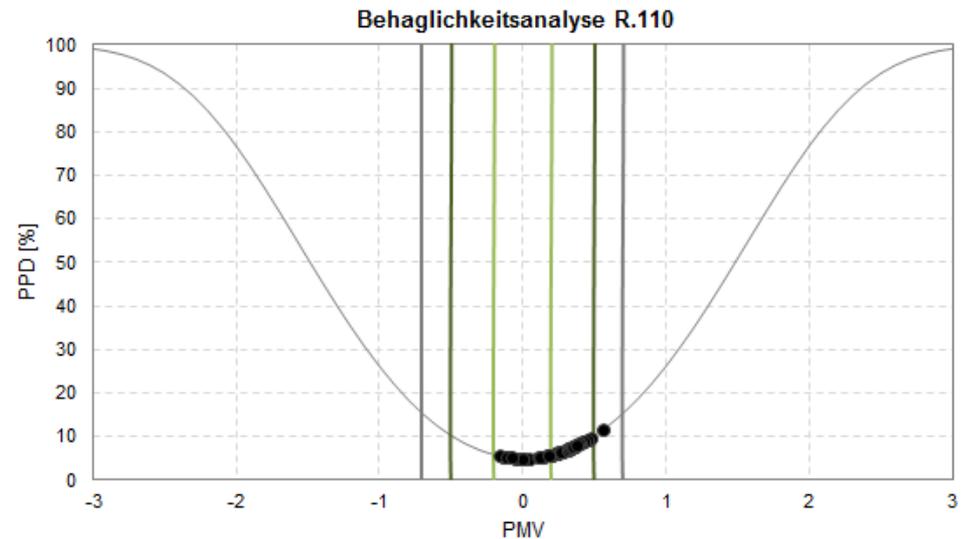


## Behaglichkeit mit geregelter Fensterlüftung



Manuell gelüfteter Raum zu warm  
Maximal 65% Unzufriedenen PPD  
Median 6% ,  $\sigma$ 9.3%

Quergelüfteter Raum komfortabel  
(Kat.2)  
<10% Unzufriedene, Median 5%,  $\sigma$ 6,9%



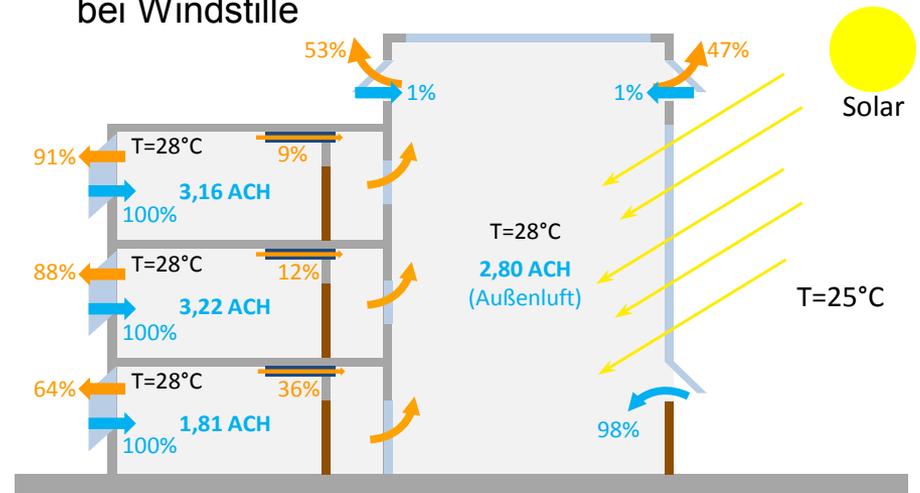


Innovatives Demonstrationsobjekt  
Inkl. Hybridlüftung

Energieoptimiertes Bauen  
EnEff-Schule: PLUS-Energie-Schule Rostock  
Wissenschaftliche Begleitung des  
Modellprojektes Gymnasium NORD

Förderkennzeichen: 0327430 N

Lüftungspotenziale der natürlichen Lüftung  
bei Windstille



Ein Systemvergleich soll Vor- und Nachteile aufzeigen

## HYBRIDE LÜFTUNG

1

Bestehend aus manueller Fensterlüftung und Lüftungsanlage

- hohe Luftwechselraten tagsüber
- geringere Luftwechselraten nachts
- Ventilatorstromverbrauch
- höhere Kosten
- abhängig vom Nutzerverhalten
- evtl. Störung des Unterrichts
- kein Zugluftrisiko im Winter

## KONTROLLIERTE NATÜRLICHE LÜFTUNG

2

Bestehend aus automatisiert gesteuerten Fenstern

- hohe Luftwechselraten
- vernachlässigbarer Stromverbrauch
- geringen Kosten
- evtl. Störung des Unterrichts
- erhöhtes Zugluftrisiko im Winter

Zielsetzung: Im Winter gute Luftqualität (EN 13779) bei Vermeidung von unnötiger kalten Zugluft  
Im Sommer guter Komfort für natürlich belüftete Gebäude ohne Klimaanlage (EN



15251)

# Hochschule für Technik Stuttgart

Die ursprüngliche Öffnungsfläche der Drehfenster wurde vergrößert

## Natürliche Lüftung

- Die beiden Drehfenster der Klassen- und Gruppenräume sind 2,0m hoch und 1,0m breit
- **bisheriger Öffnungsspalt** → wirksame **Öffnungsfläche ca. 0,30 m<sup>2</sup>**
- **neuer Öffnungsspalt** → wirksame **Öffnungsfläche ca. 0,84 m<sup>2</sup>**

### Stufe 1



Spalt 4 cm

### Stufe 2



Spalt 7 cm

### Stufe 3



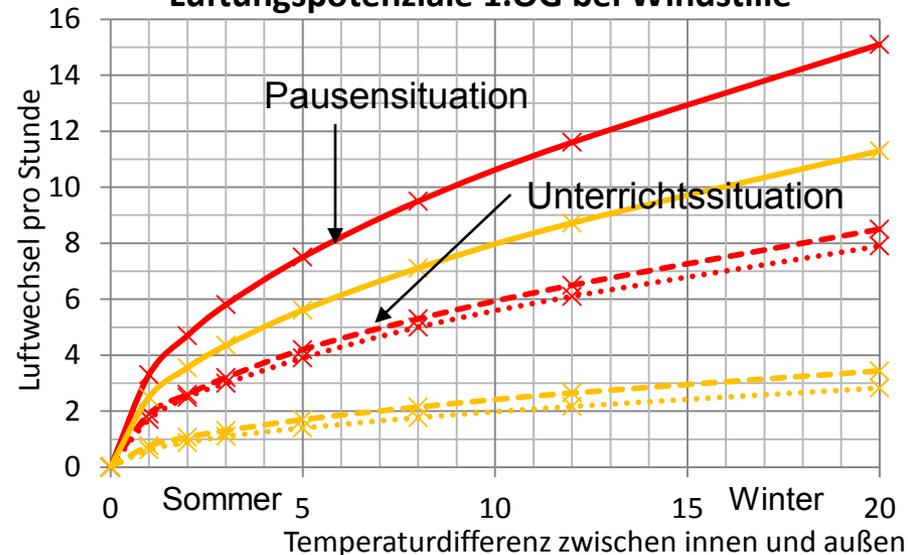
Spalt 10 cm

### NEU Stufe 4



Spalt 28cm

### Lüftungspotenziale 1.OG bei Windstille

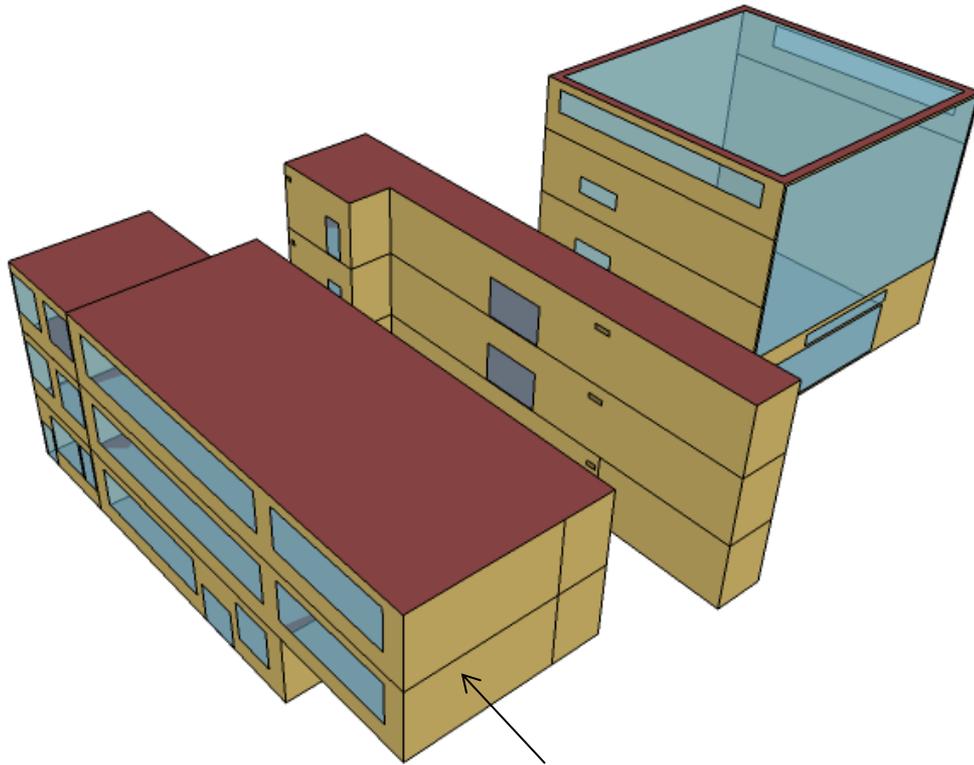


- ×·· Stufe 4 - Einseitige Lüftung
- - × - - Stufe 4 - Querlüftung über Kulissenschalldämpfer
- × — Stufe 4 - Querlüftung über Klassentüren
- ×·· Stufe 3 - Einseitige Lüftung
- - × - - Stufe 3 - Querlüftung über Kulissenschalldämpfer
- × — Stufe 3 - Querlüftung über Klassentüren

# Hochschule für Technik Stuttgart

Der thermische Komfort wird mit einem Simulationsmodell berechnet

vereinfachte Zonierung



KR 10G  
Testreferenzraum

**Hohe thermische Masse für  
Nachtabkühlung**

**Interne Wärmegewinne**

- Belegung 25 Schüler pro Klassenraum
- Beleuchtung  $5\text{W}/\text{m}^2$  bis  $15\text{W}/\text{m}^2$
- Geräte  $3\text{W}/\text{m}^2$

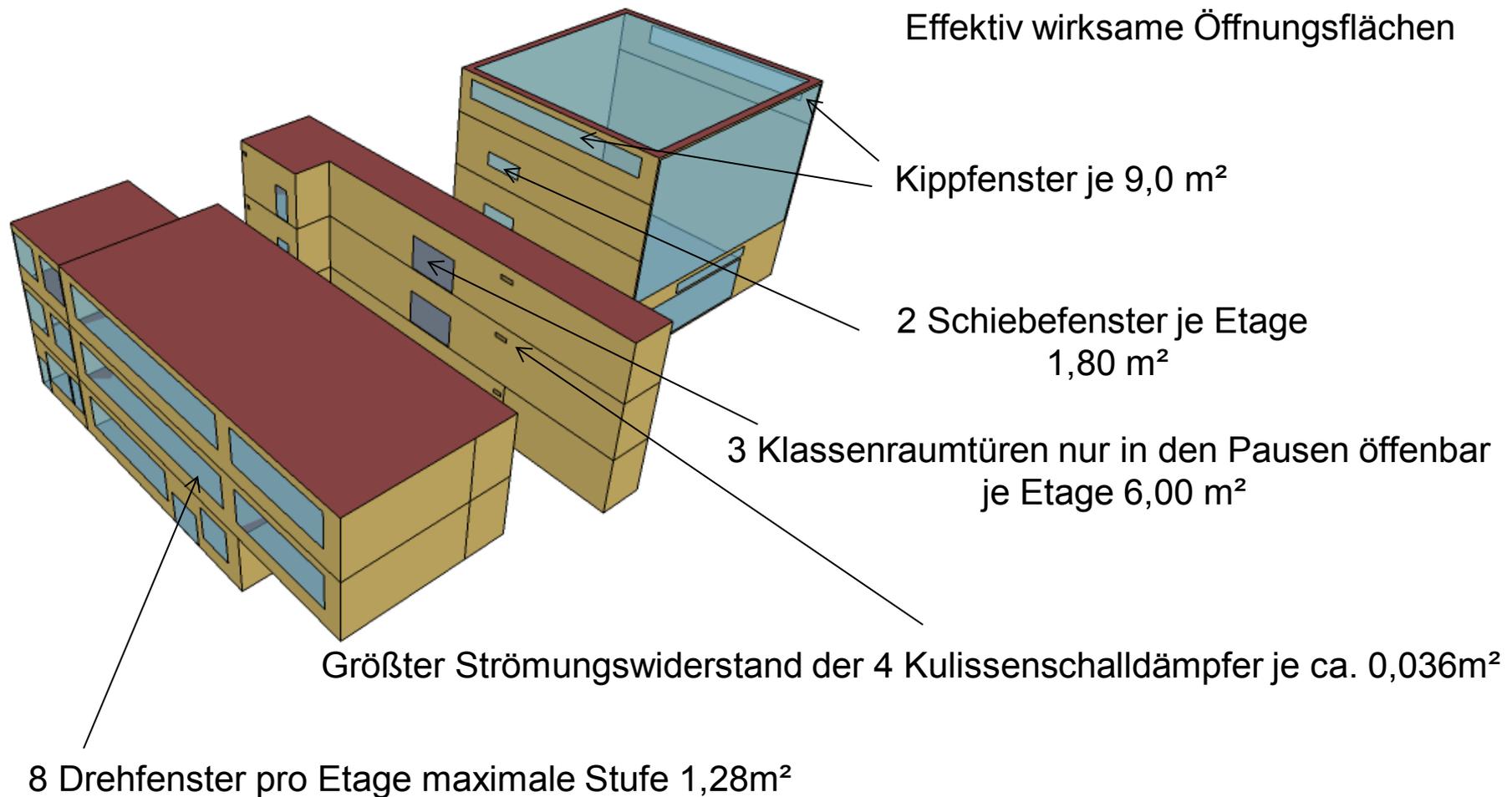
**Solare Wärmegewinne**

- Fenster g-Wert = 0,5

# Hochschule für Technik Stuttgart

Das Simulationsmodell beinhaltet auch ein Strömungsnetzwerk

Modell zur Bestimmung der Luftwechselraten



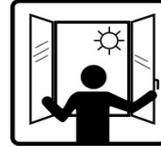
## Die Systemvariante Hybridlüftung bedarf aktiver Nutzer

### Pausenampel

- Rot** Stufe 4 = 100% öffnen
- Gelb** Stufe 3 = 36% öffnen
- Grün** Stufe 0 = 0% öffnen



### Manuelle Fensterlüftung



### Lüftungsanlage



3 Luftwechsel pro Stunde

### Winter



**PRIMÄRE AUFGABE**  
Frischluftzufuhr



geschlossen ⚡  
Zugluftrisiko

**LÖSUNG TAG:**  
Mechanische Lüftung



CO<sub>2</sub>-Sensor gesteuert  
AN: 1175 ppm AUS: 775 ppm

### Sommer



**PRIMÄRE AUFGABE**  
Wärmeabfuhr



Nutzereingriff benötigt ⚡

**LÖSUNG TAG:**  
Natürliche Lüftung



- Rot**  $T_{in} > 22.5^{\circ}\text{C}$
- Gelb**  $T_{in} > 22.5^{\circ}\text{C}$  &  $\Delta T > 7^{\circ}\text{C}$
- Grün**  $T_{in} < 21.5^{\circ}\text{C}$



**LÖSUNG NACHT:**  
Mechanische Lüftung



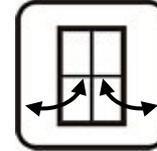
Temperatur gesteuert über  
Wettervorhersage nächster Tag

# Hochschule für Technik Stuttgart

Die Systemvariante Kontrollierte natürliche Lüftung hat einen Motorantrieb

Ein manueller Nutzereingriff ist nicht notwendig

## kontrollierte natürliche Fensterlüftung



### Winter



PRIMÄRE AUFGABE  
Frischluftezufuhr



### Zugluftrisiko



LÖSUNG TAG PRIMÄR:  
Stoßlüften in Pausen



CO<sub>2</sub>-Sensor gesteuert  
AUF: 800ppm

LÖSUNG TAG BACKUP:  
Stoßlüften im Unterricht



CO<sub>2</sub>-Sensor gesteuert  
AUF: 2000 ppm

### Sommer



PRIMÄRE AUFGABE  
Wärmeabfuhr



LÖSUNG TAG:  
Natürliche Lüftung



Stufe 4  $T_{in} > 22.5^{\circ}\text{C}$   
Stufe 3  $T_{in} > 22.5^{\circ}\text{C} \ \& \ \Delta T > 7^{\circ}\text{C}$   
Stufe 0  $T_{in} < 21.5^{\circ}\text{C}$

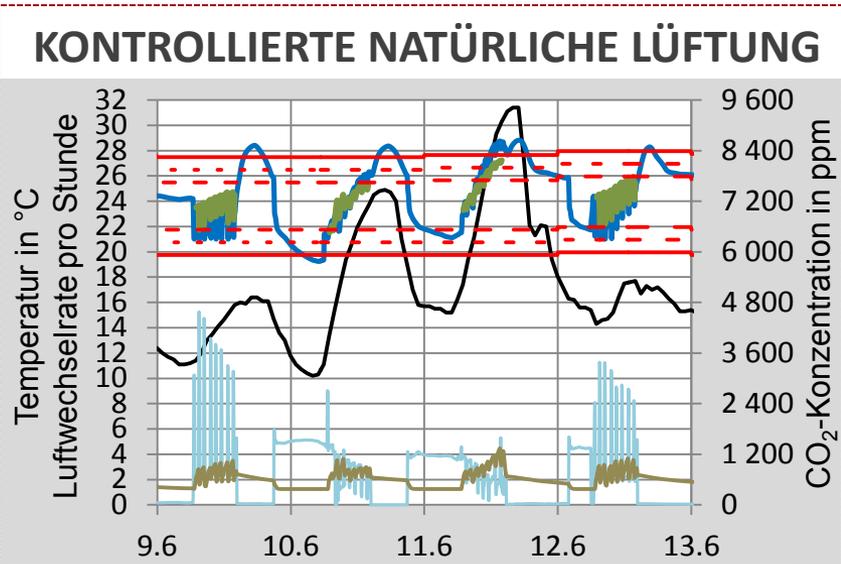
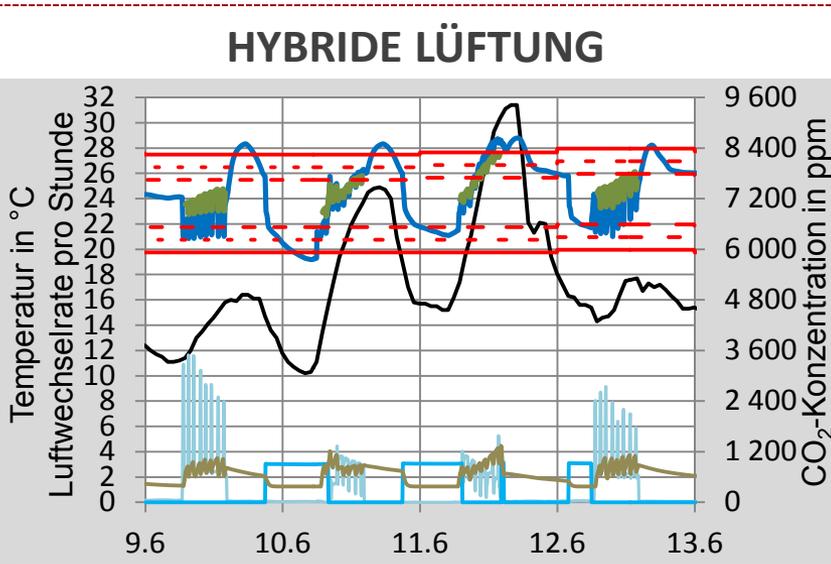
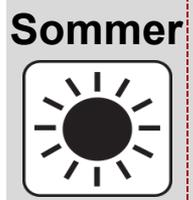
LÖSUNG NACHT:  
Natürliche Lüftung



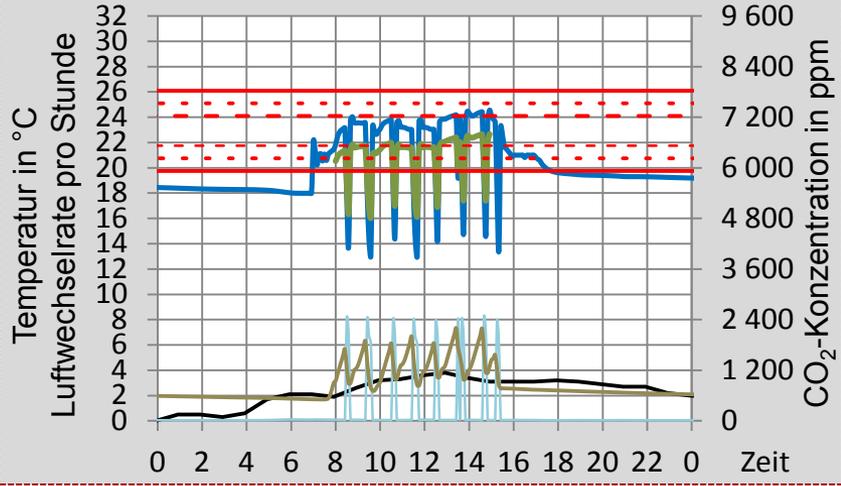
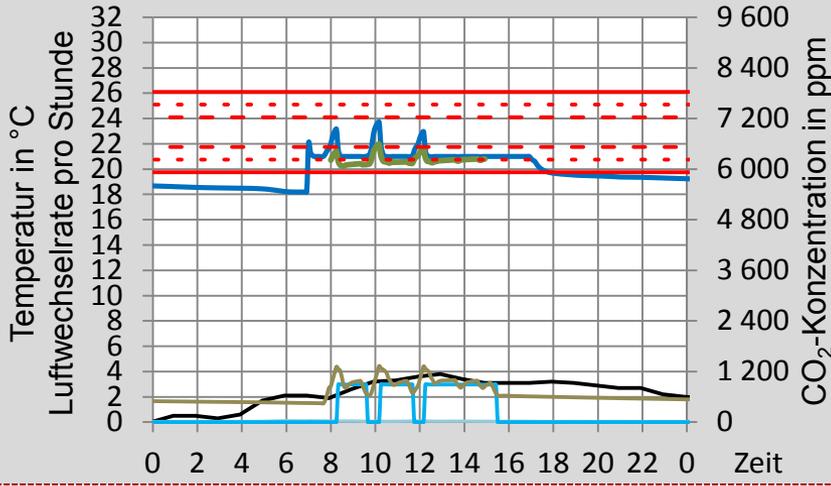
Temperatur gesteuert über  
Wettervorhersage nächster Tag

# Hochschule für Technik Stuttgart

## Kontrollierte Fensterlüftung im Winter verursacht Temperaturschwankungen



- Außenlufttemperatur
- Raumlufttemperatur
- Operative Raumtemperatur
- EN 15251 Kategorie I
- EN 15251 Kategorie II
- EN 15251 Kategorie III
- Luftwechselrate natürliche Lüftung
- Luftwechselrate mechanische Lüftung
- CO2

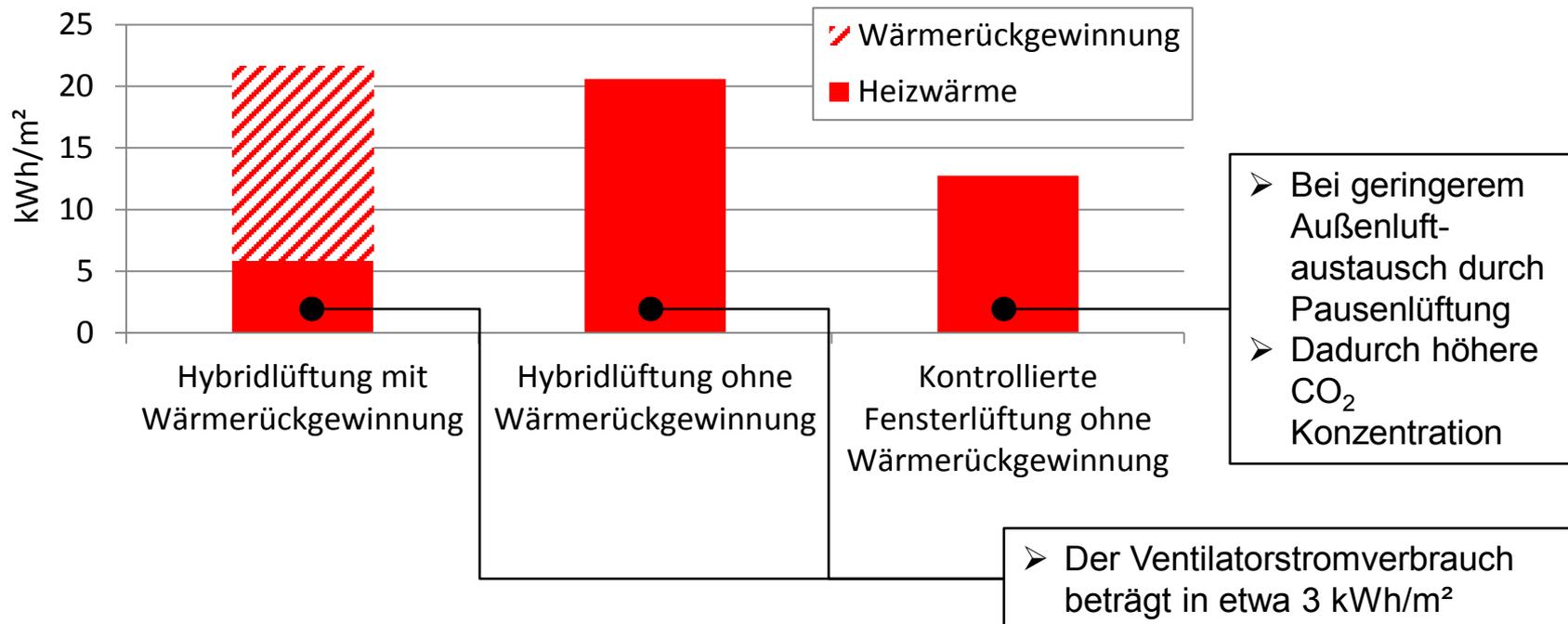


Der Heizwärmebedarf wäre mit beiden Systemen relativ gering

## Heizung

- Wirkungsgrad Wärmerückgewinnung 70%
- Sollwert Lufttemperatur 21°C werktags 7:00 bis 17:00 Uhr  
Sollwert Lufttemperatur 17:00 bis 7:00 Uhr 16°C

Jährlicher Heizenergiebedarf der Klassenräume



## Fazit

- Querlüftung erreicht deutlich höhere Luftwechselraten als einseitige Lüftung ( $>10$  verglichen mit  $2-3 \text{ h}^{-1}$ )
- Selbst mit einseitiger Lüftung werden Temperaturextreme deutlich reduziert und schnellere Abkühlung nach Hitzeperioden ist möglich
- Luftqualität ( $\text{CO}_2$ ) kann mit natürlicher Lüftung immer sichergestellt werden, im Winter allerdings Zugluftrisiko
- Sommerlicher Komfort mit kontrollierter natürlicher Lüftung vergleichbar oder besser als Hybridlüftung
- Zusätzlicher Heizwärmebedarf ohne WRG relativ gering ( $8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) bei gleichzeitiger Ventilatorstromeinsparung ( $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )
- Dabei etwas schlechtere Luftqualität und Komfort im Vergleich zur mechanischen Lüftung mit WRG