

---

# Hybride Lüftung von Klassenräumen

---

Simone Steiger, Fraunhofer IBP  
Peter Matthes, RWTH Aachen, EON ERC

Runa T. Hellwig, Fraunhofer IBP / HS Augsburg  
Dirk Müller, RWTH Aachen, EON ERC  
Inga Eggers, RWTH Aachen, EON ERC  
Jürgen Wildeboer, Wildeboer Bauteile GmbH



---

## Verbundprojekt

**„Heizenergieeinsparung, thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“**  
gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, PTJ

### Projektpartner

- Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Verbundprojektleitung):  
**„Hybride Lüftungssysteme für Schulen“**
- E.ON ERC, RWTH Aachen, Wildeboer Bauteile GmbH:  
**„Thermische Behaglichkeit und gute Luftqualität in Schulgebäuden durch hybride Lüftungstechnik“**

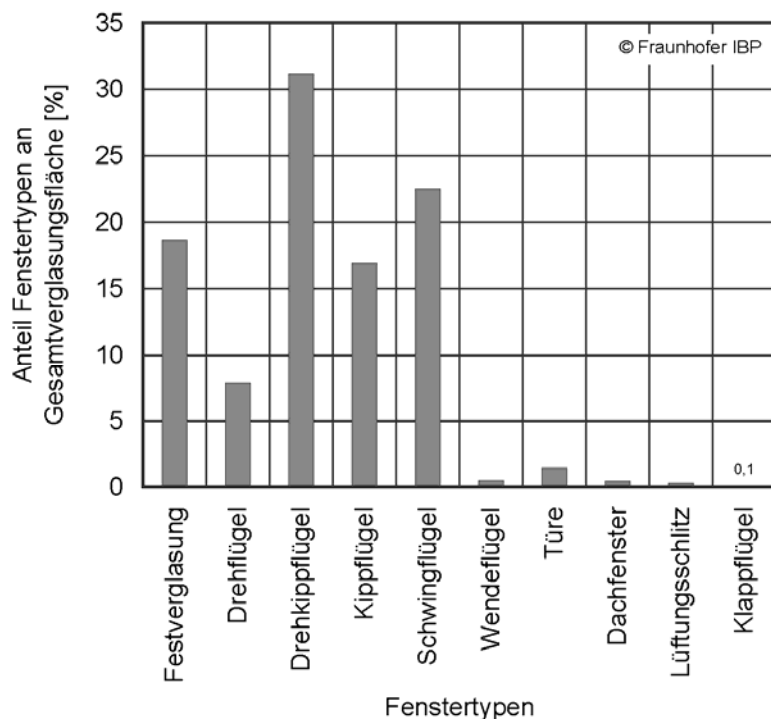


# Teilprojekt Fraunhofer IBP

## Freie Lüftung über automatisierte Fensterlüftung

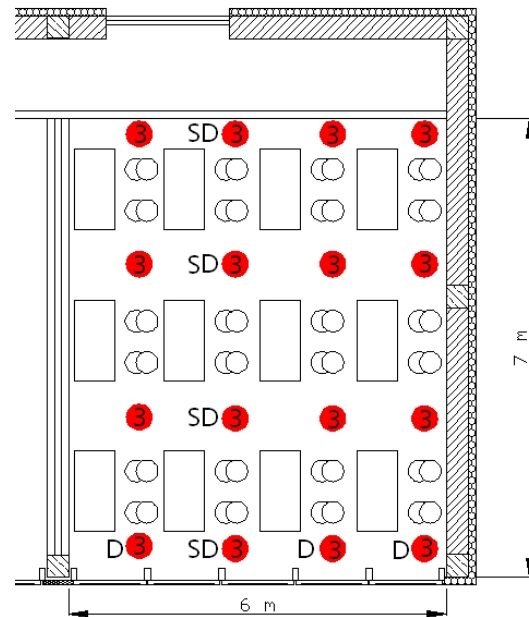
- Aufstellen einer Typologie von Fassaden in Schulgebäuden (Öffnungstypen, Variabilität, Sonnenschutz, Belichtung)
- Optimierte Anordnung der Öffnungen in der Fassade - Untersuchungen in Freilandversuchseinrichtung
- Kombination der optimierten Fassadenkonstruktion mit Komponenten zur automatischen Steuerung/Regelung und Unterstützung einer freien Lüftung

## Fenstertypen



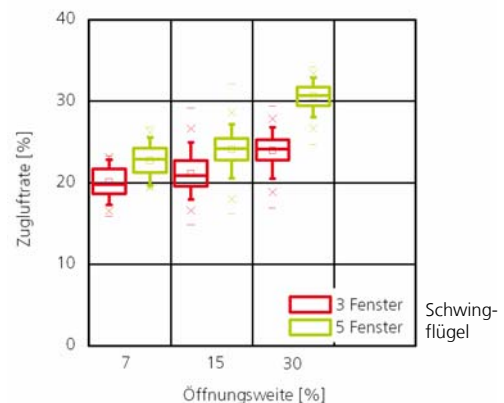
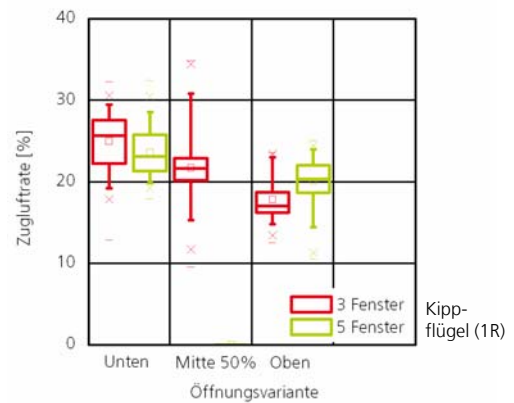
Daten von  
106 Klassenräumen  
im LK Miesbach

# Freilandversuchseinrichtung „Schulhaus“



## Raumklima im Winter

- Raumlufttemperaturen bis etwa 4-fachen Luftwechsel in akzeptablen Bereich
- Zugluft rate niedriger, je höher die die Unterkante der Fenster liegt und bei Schwingflügeln (<-> LW)
- Luftwechsel bei fast allen Öffnungskombinationen ausreichend



Außentemperaturen von -6°C bis 4°C, Windgeschwindigkeit bis 4 m/s

# Eignung zur Automatisierung

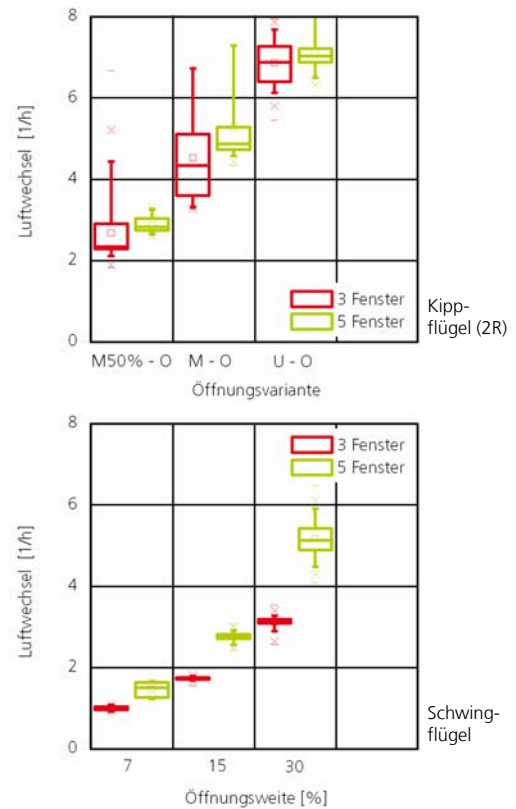
Voraussetzungen:

- gute Einflussmöglichkeit auf den Luftwechsel durch die Öffnungsweite
- möglichst geringer Einfluss durch Wind

Ergebnis:

- Schwingflügel am besten geeignet
- Kippflügel in zwei Reihen bedingt geeignet
- Kippflügel in einer Reihe nicht geeignet

Statistisches Verfahren zur Messdatenauswertung (Entscheidungsbaumverfahren)



# Herausforderungen bei der Automatisierung

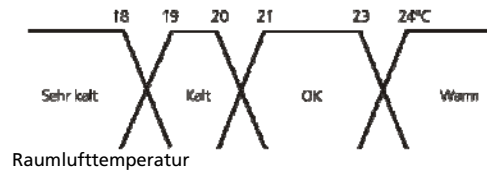
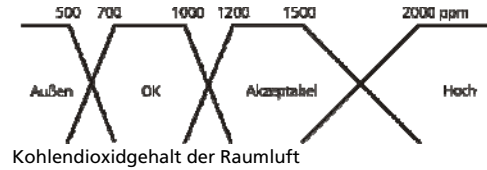
- Variable Lasten im Raum (Stundenpläne)
- Zwei Regelgrößen (Raumtemperatur, Luftqualität)
- Störgrößen (Außentemperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung)
- Variable Eigenschaften der Raumluftrömung (je nach Zuluftmenge und Zulufttemperatur)

→ mit mathematischen Modellen schwer zu beschreiben

# Fuzzy-Control

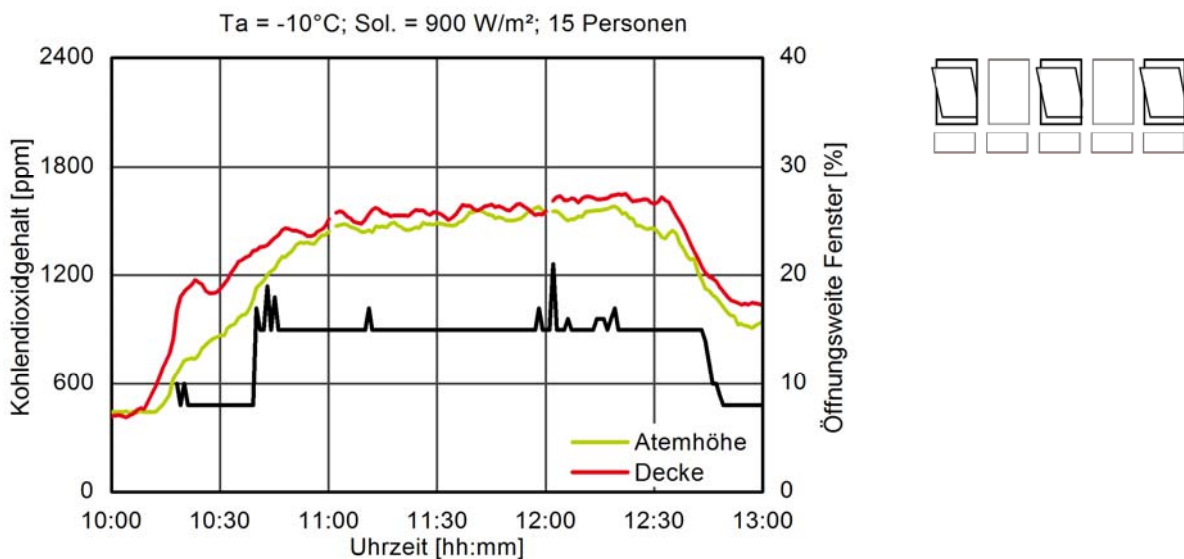
Vorteile:

- empirische Methodik
- effektive Nachbildung menschlichen Verhaltens
- aufwandsarm
- tendenziell robust

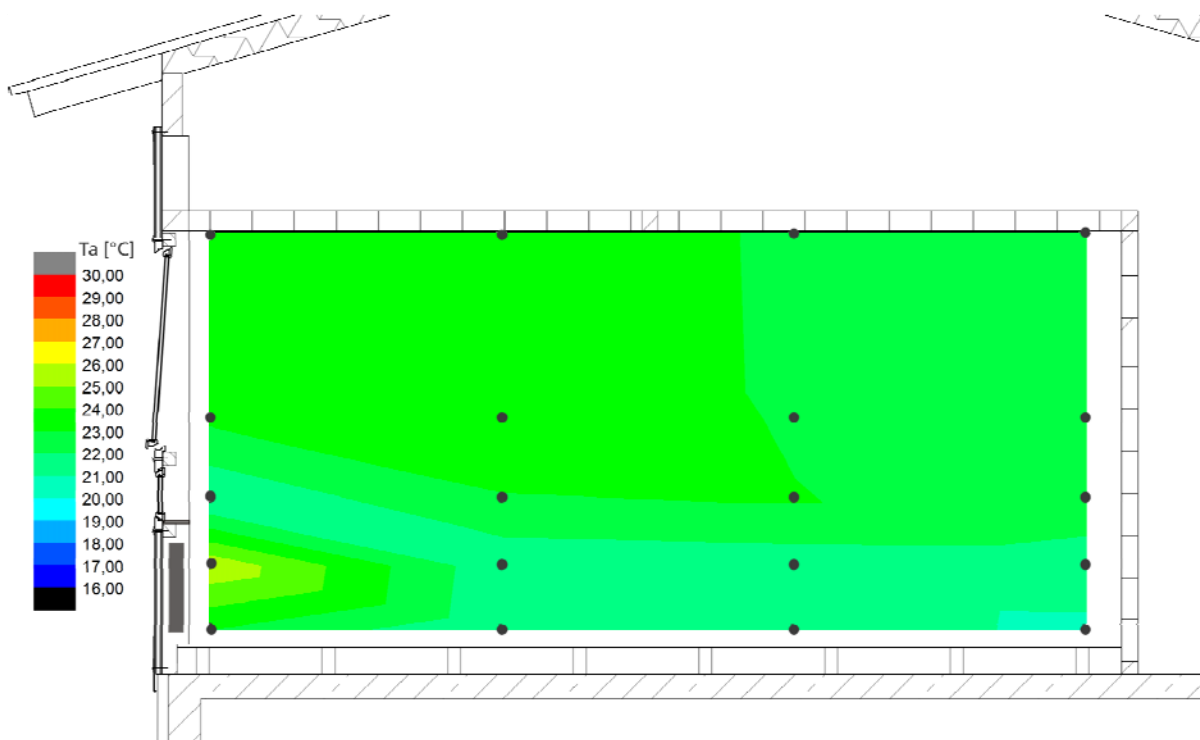
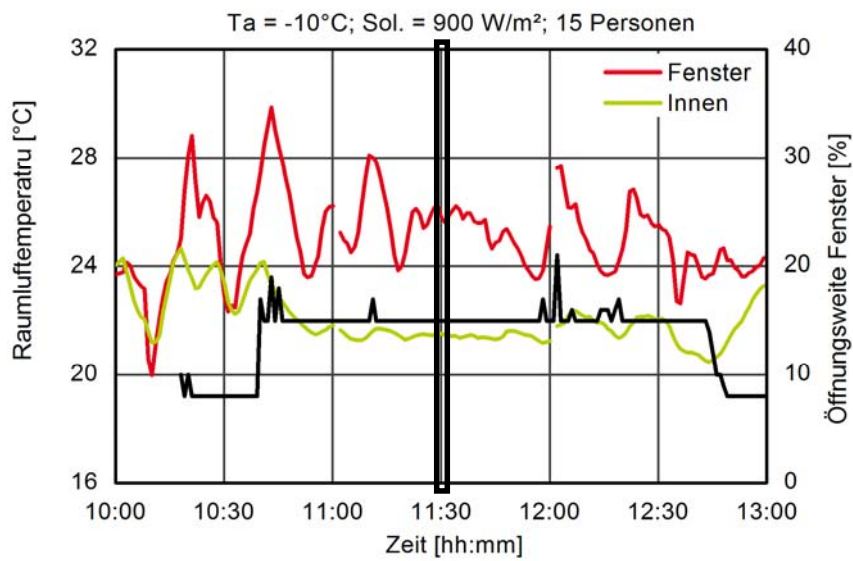


Außentemperatur	Innentemperatur	Kohlendioxid	Lüftung
Kalt		OK	Schließen
Kalt		Akzeptabel	Minimal
Kalt		Hoch	Wenig
Kalt	Sehr kalt		Schließen
Kalt	Kalt		Schlitz
Warm			Maximal

## Regelungsversuche mit Personen



# Regelungsversuche mit Personen



# Zusammenfassung

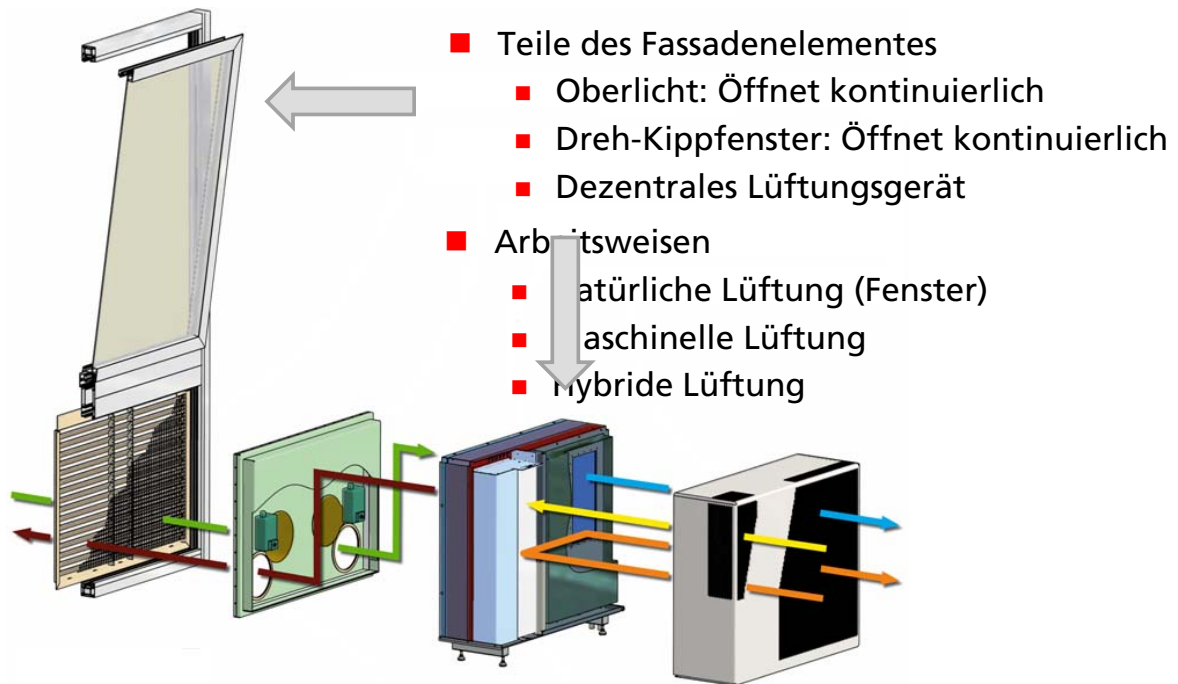
- Schwingflügel ermöglichen, vor allem im Winter, einen stabileren Luftwechsel bei sich ändernden Witterungsbedingungen als Kippflügel
- Sowohl Raumluftqualität als auch Raumtemperatur können mit dem Fuzzy-Regler zur Steuerung Öffnungsweite der Fenster ausreichend kontrolliert werden

## Teilprojekt EON ERC/ Wildeboer

### **Fensterlüftung kombiniert mit dezentralen Fassadenlüftungsgeräten**

- Entwickeln eines fassadenintegrierten Systems zur hybriden Lüftung: Kombination von Fenster zur natürlichen Lüftung und Lüftungsgerät sowie Regelung
- Systematische Kategorisierung verschiedener Schulgebäudetypen und Ausarbeitung architektonischer Konzepte, um kostengünstigen Einbau sicherstellen zu können
- Überprüfung des Systems in einem realen Klassenzimmer

# Hybrides Lüftungssystem mit automat. Fenstern



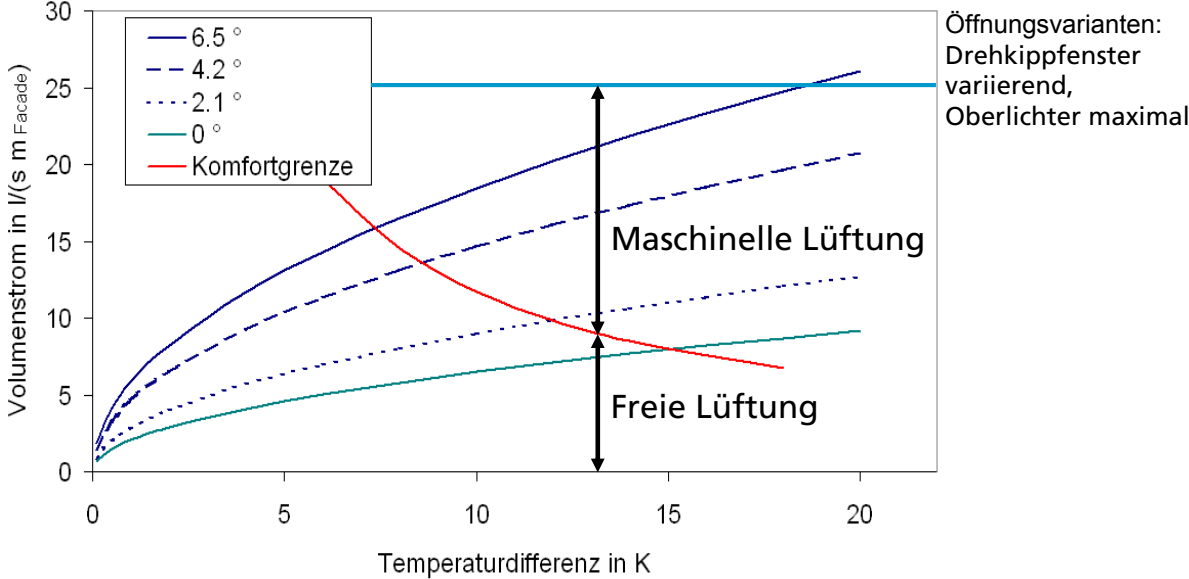
# Feldtest in einem Berliner Schulgebäude

- Testraum mit neuen Fassadenelementen
- Messungen der Raumlufttemperatur und -qualität

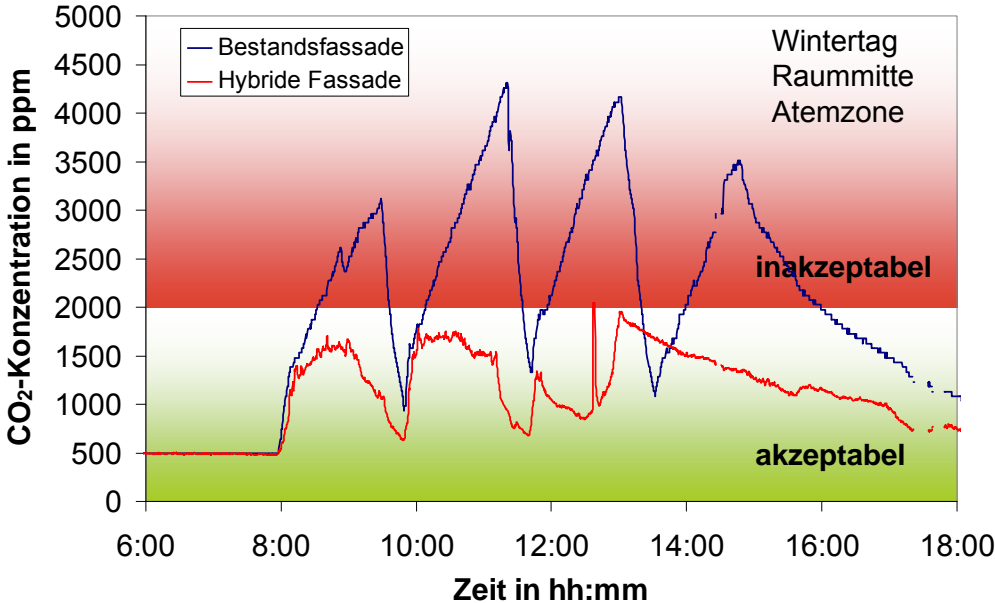


- Ansicht der Außenfassade
- Die Testfassade liegt neben einer Bestandsfassade, um das Innenraumklima in beiden Räumen zu vergleichen

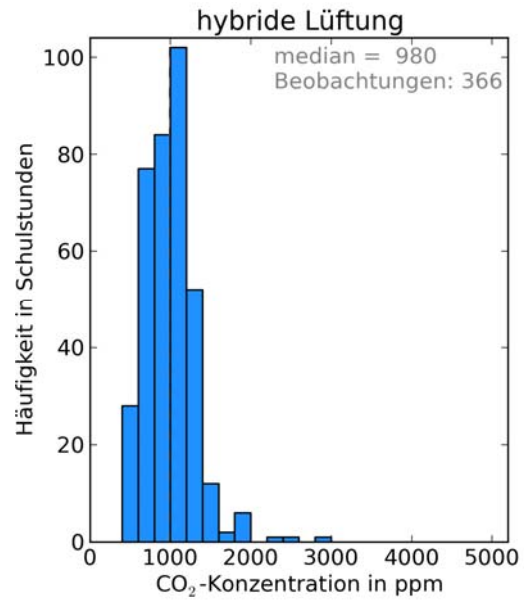
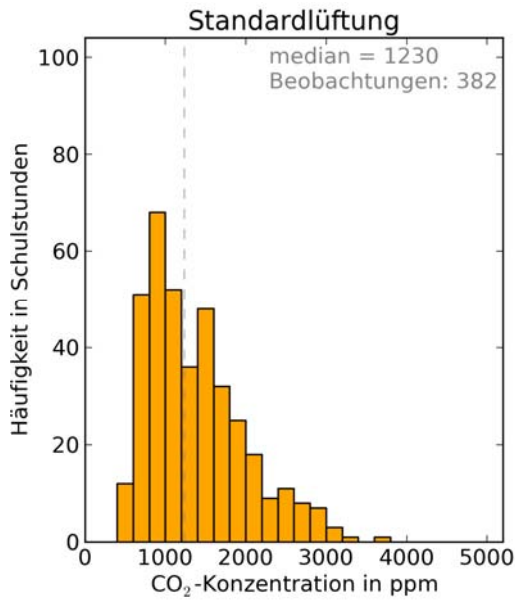
# Volumenstrom vs. Temperaturdifferenz



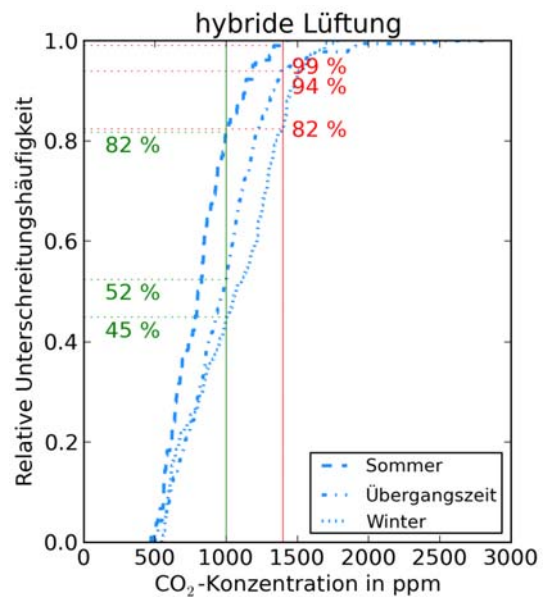
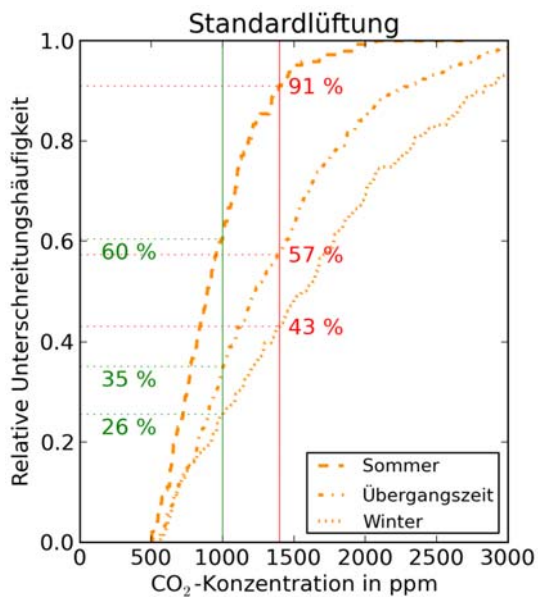
# Daten aus dem Feldversuch



# CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Übergangszeitraum



# Grenzwertüberschreitungen CO<sub>2</sub>



# Zusammenfassung

- Durch Nutzung der Fensterlüftung reduziert sich der Energiebedarf für die Ventilatoren
- Bei ungünstiger Witterung kann dem Raum maschinell ausreichend Frischluft zugeführt werden
- Hybrides Lüftungskonzept zeigt klare Verbesserung der Luftqualität im Vergleich zu manueller Fensterlüftung und gute Nutzerakzeptanz



E.ON Energy Research Center

# Danksagung

Das Verbundvorhaben wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie/ Projektträger Jülich unter den Aktenzeichen:

Fraunhofer IBP  
AZ: 0327387A



RWTH Aachen  
AZ: 0327387D

Wildeboer  
Bauteile GmbH



E.ON Energy Research Center