

# Automationsgestützte natürliche Gebäudeklimatisierung in Klassenzimmern

Jesus da Costa Fernandes  
Hochschule Offenburg

**Forschungsgruppen**net  
nachhaltige **energie**technik



# Ausgangssituation – Motivation



## Überhitzung in Klassenzimmern durch tendenziell heißer werdende Sommer

Gefragt:

Stadt/Kommune als Träger und Betreiber der Schulgebäude

Was tun, um Abhilfe zu schaffen, wenn:

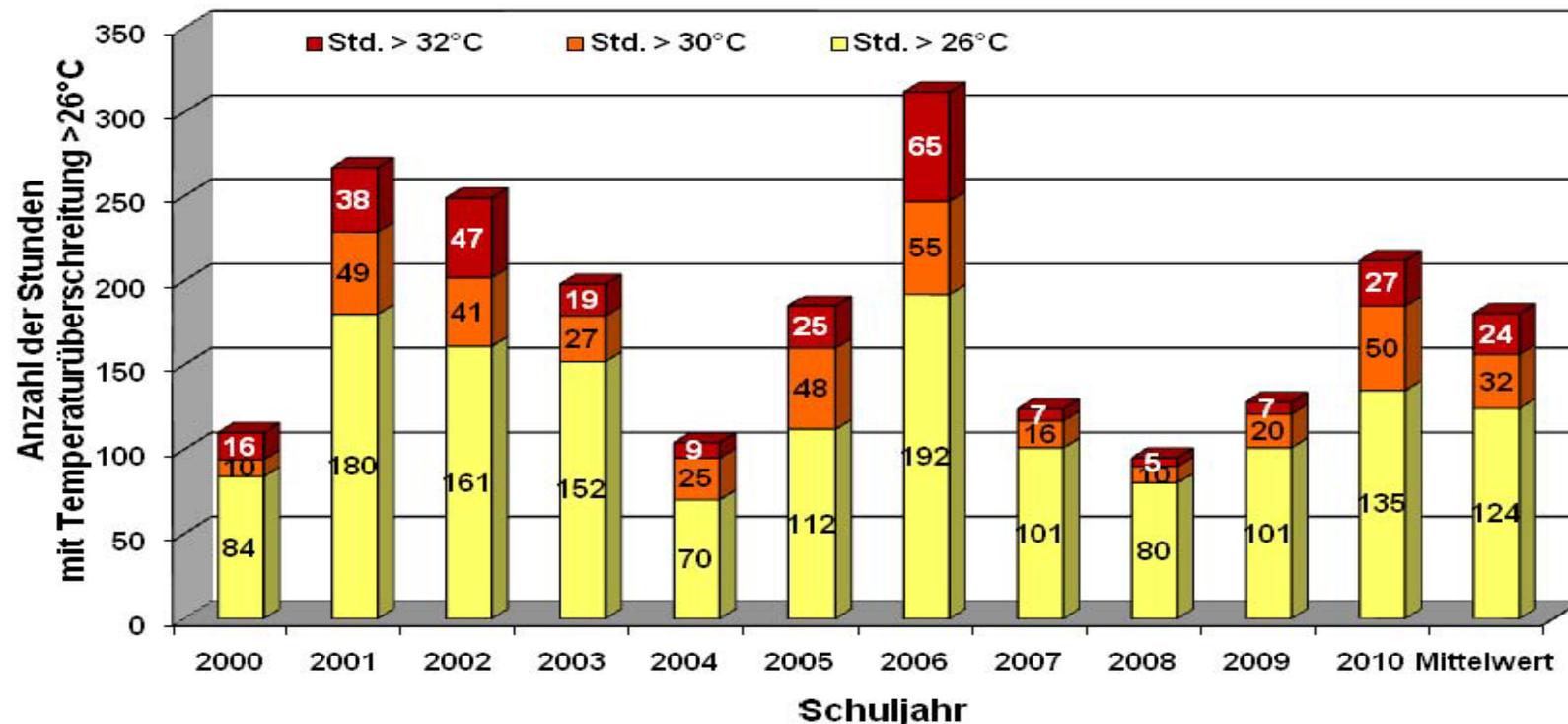
Investitionsmittel zum Einbau und Betrieb von Kühlanlagen nicht vorhanden sind und bei Schulgebäuden im Sinne der Nachhaltigkeit technisch und wirtschaftlich fragwürdig erscheinen.

Bereits sanierte Gebäude technisch nicht ausgerüstet wurden, d.h. keine Be- und Entlüftungssysteme, keine Kühlanlagen, über nur eingeschränkte Möglichkeiten der Gebäudeautomation verfügen.

Ganztagschulbetrieb „droht“ !

# Thermische Bedingungen der Region „Südlicher Oberrheingraben“

**Hohe Aussentemperaturen an Unterrichtstagen  
Sommer 2000 - Sommer 2010**



**81 Nutzungstage**, die im Sommerhalbjahr für die Kühlung relevant sind, d.h.  
**180 Stunden mit Temperaturen > 26 °C**  
**in 2010: 120 Nutzungsstunden zwischen 8.00 und 17.00 Uhr**

# Energetische Potenziale/Bedingungen für eine natürliche Gebäudeklimatisierung



- Nachtlüftung für Gebäude mit mittlerer oder massiver Trägheit, d.h. flächenspezifische Wärmekapazität von mind.  $150 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Potenzial der Nachtluftkühlung:  $150 \text{ bis } 250 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  bei Luftwechselraten von  $2 \text{ bis } 4 \text{ h}^{-1}$  (2 bis 3-facher Luftwechsel gut erreichbar)
- Reduzierung von bis zu 90 % der Solareinträge  
bei optimaler Nutzung außen montierter Verschattungseinrichtungen,  
→ ideal: automationsgestützt
- Wärmeeinträge durch 25 Schüler/Personen:  $215 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$   
(bei  $75 \text{ W}/\text{Person}$ , 8 h Aufenthalt von 8.00 bis 17.00 Uhr und  $70 \text{ m}^2$  Raumfläche, zzgl.: Beleuchtung und Geräte sowie Solareinträge)

## Mindestbedarf an Automation:

- witterungsbedingtem Hochfahren außenliegender Verschattungseinrichtungen
- Aktivierung und automatisierte Einbindung vorhandener Oberlichter und Lichtkuppeln für die freie Lüftung

# Projekt



## Natürliche Gebäudeklimatisierung in Klassenzimmern

- Förderung:** Innovationsfonds für Klima- und  
Wasserschutz der Badenova AG & Co.KG
- Laufzeit:** 1.04.2008 - 31.03.2011
- Budget:** 498.000,- €, davon ca. 200.000,- € als Investitionsmittel
- Partner:** Hochbauamt der Stadt Offenburg  
Hochschule Offenburg - Forschungsgruppe net



# Ziele



Raumklimaverbesserung in Klassenzimmern:

möglichst ohne Einsatz konventioneller Klimaanlage

Verschiedene Schulgebäude unterschiedlicher Bauart und Nutzung werden im Rahmen des Projektes mit unterschiedlichen Maßnahmen bearbeitet.



Erstellung eines Leitfadens für die Sanierung von Schulen in der Region „Südlicher Oberrhein“

# Vorgehensweise



- Phase 1:** **Belastungsanalyse ausgewählter Schulobjekte**  
Analyse der aktuellen Betriebsweise - Techn. Ausstattung, Nutzer, Hausmeister Erfassung von Raumtemperatur, relativer Feuchte und CO<sub>2</sub>-Konzentration für Räume mit starker Wärmebelastung in 6 Schulen
- Phase 2:** **Maßnahmen zur Minderung der Wärmebelastung**  
Empfehlungen der Hochschule für kurzfristige Abhilfe durch manuelles Lüften und zum Betrieb der Verschattungseinrichtungen
- Phase 3:** **Konzeption technischer Verfahren zur Verbesserung**  
Analyse der Gebäudeautomation (Funktionen, Ausbaustand)  
Ermittlung und Bewertung des Investitionsbedarfs  
Einbau von Zusatzgeräten, Wetterstation, CO<sub>2</sub> -Sensoren
- Phase 4:** **Monitoring**  
Überprüfung und Bewertung der Maßnahmen  
Einarbeitung der Ergebnisse in einen Leitfaden

# Einzelne Maßnahmen



- Automationsgestützte Raumkonditionierung (ideal: Einzelraumregelung)  
aufbauend auf:
  - Wärmelastminderung durch verbessertem, nutzerfreundlichen Sonnenschutz, überwiegend in Form von außenliegenden Jalousien
  - freie Kühlung durch Nachtlüftung (vorw. Hybridlüftungskonzepte)
  - Einbau von Raumlüftungsgeräten mit WRG bzw. Abluftventilatoren
  - Programmierung und Anpassung der Gebäudeautomation
- Einbau Wettermesstechnik: Wetterlage und Wetterprognose.
- Informationen und Anleitung für Nutzer und Betreiber vor Ort.
- Planungsunterstützung bei Sanierungsvorhaben.
- Aufzeichnung historischer Verläufe.
- Vorbereitung der Kommunikationsstruktur für eine zentrales Management des technischen Rathauses.

# Übersicht Nachtlüftung in 6 von 22 Schulen

## Hauptobjekte

Schule	Natürliche Querlüftung	Nachtlüftung mechanisch	Zu-/Abluftanlage	Zusatzmaßnahmen
Theodor-Heuss-Realschule <span style="background-color: orange; color: white; padding: 2px 5px;">1</span>	Kippfenster in Klassenräumen bis 2009 über Lichtkuppeln	Seit 2010 über 2 Dachlüfter	Nicht vorgesehen!	Vorbereitung zur LQ-Verbesserung
Oststadtschule (DG) EG, 1.OG + 2.OG <span style="background-color: orange; color: white; padding: 2px 5px;">2</span>	Oberlichtfenster, Fenster u. Türen (zum Flur) Fachräume	2 Lüfter in den Stirnseiten des Flurs im DG	Planung 2011/12 Be- und Entlüftung Dezentral/Zentral	Hauptfenster DG auf Kipp, heiße Phase Vorbereitung zur LQ-Verbesserung
Konrad-Adenauer-Schule <span style="background-color: orange; color: white; padding: 2px 5px;">3</span>	Dachfenster im Treppenhaus	Nicht vorgesehen!	2 Räume mit RLT-Anlage mit WRG, seit 3/2010	Seit Winter 2010 6 weitere Räume im DG Integration in GA



# Übersicht Nachtlüftung in 6 von 22 Schulen

## Weitere Objekte (Exponierte Räume und Teiltrakte)

Schule	Natürliche Querlüftung	Nachtlüftung mechanisch	Zu-/Abluftanlage	Zusatzmaßnahmen
Schule Weier <b>4</b>	Oberlichtfenster und Lichtkuppeln der RWA und seit 10/2009 auch in Einzelräumen	Optional	Nicht vorgesehen!	Programmierung der Querlüftung mit Unterstützung der GA
Oken-Gymnasium Fachklassentrakt <b>5</b>	Oberlichtfenster in Klassenräumen Dachfenster im Treppenhaus	Nicht vorgesehen!	Nicht vorgesehen!	Integration der Oberlichtfenster und Dachfenster in die zentrale GA
Schiller-Gymnasium (DG), 2 Fachräume <b>6</b>	k.A.	Nicht vorgesehen!	Abluftventilator für zwei Fachräume im DG	Programmierung Nachtlüftung



Quelle: [www.schiller-gymnasium.de](http://www.schiller-gymnasium.de)

# Theodor-Heuss-Realschule – Sonnenschutz

## Steuerungskonzept (gesamtes Gebäude)

- Präsenzmelder in jedem Klassenraum
- Einstrahlungsmessung auf Ost-, Süd- und Westfassade

## Jalousien werden geschlossen, wenn

- Abwesenheit länger 15 Min.
- Einstrahlung größer Grenzwert

## Unterstützung durch Begrünung/Bäume



# Nachtlüftungskonzept für zentrale Treppenhäuser und Stockwerkslösungen

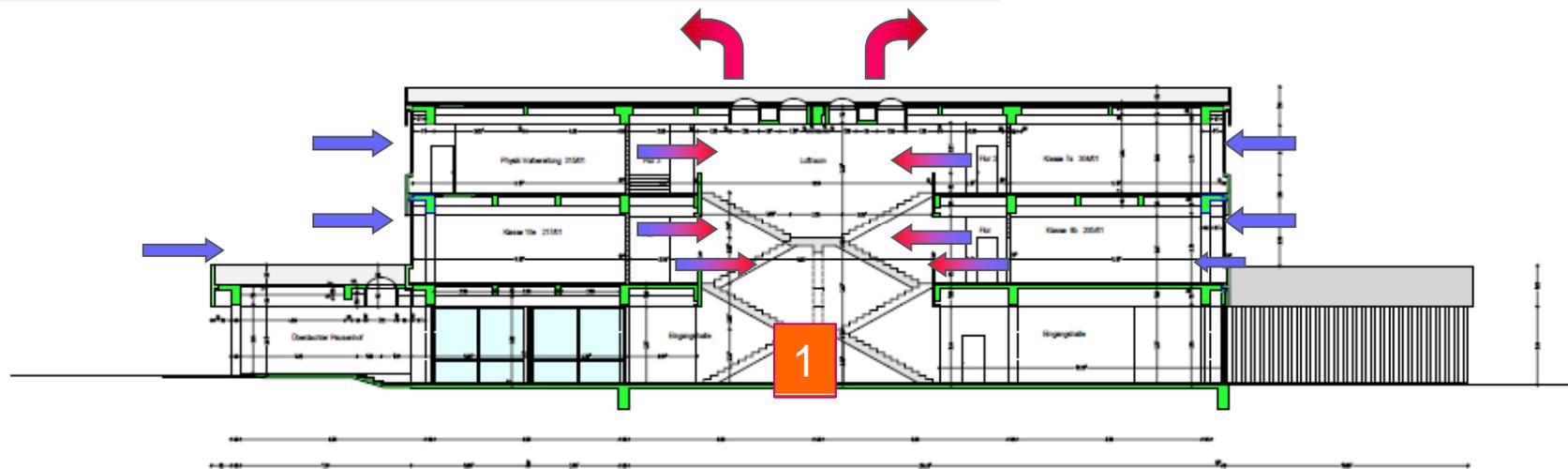
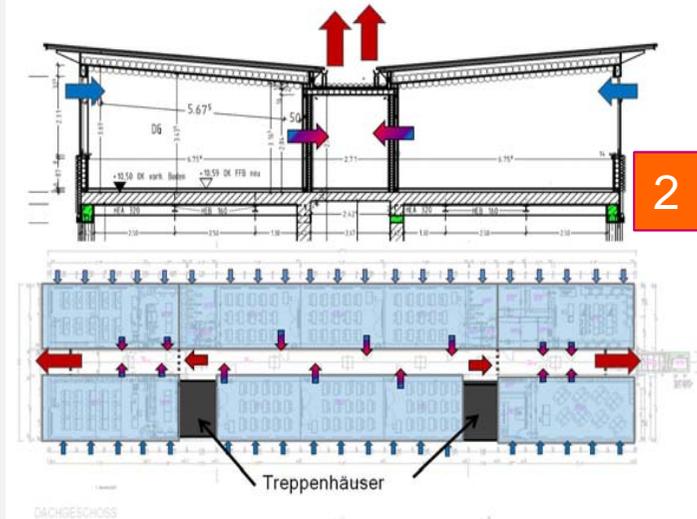
## Teilautomatisierter Betrieb

Nachtlüftungsbetrieb von 1. April bis 30. September

- bei Innentemperatur - Außentemperatur > 3 °C
- Raumtemperaturen > 23 °C
- Raumweise Schließen der Oberlichter bei Erreichen einer Raumtemperatur von 19 °C

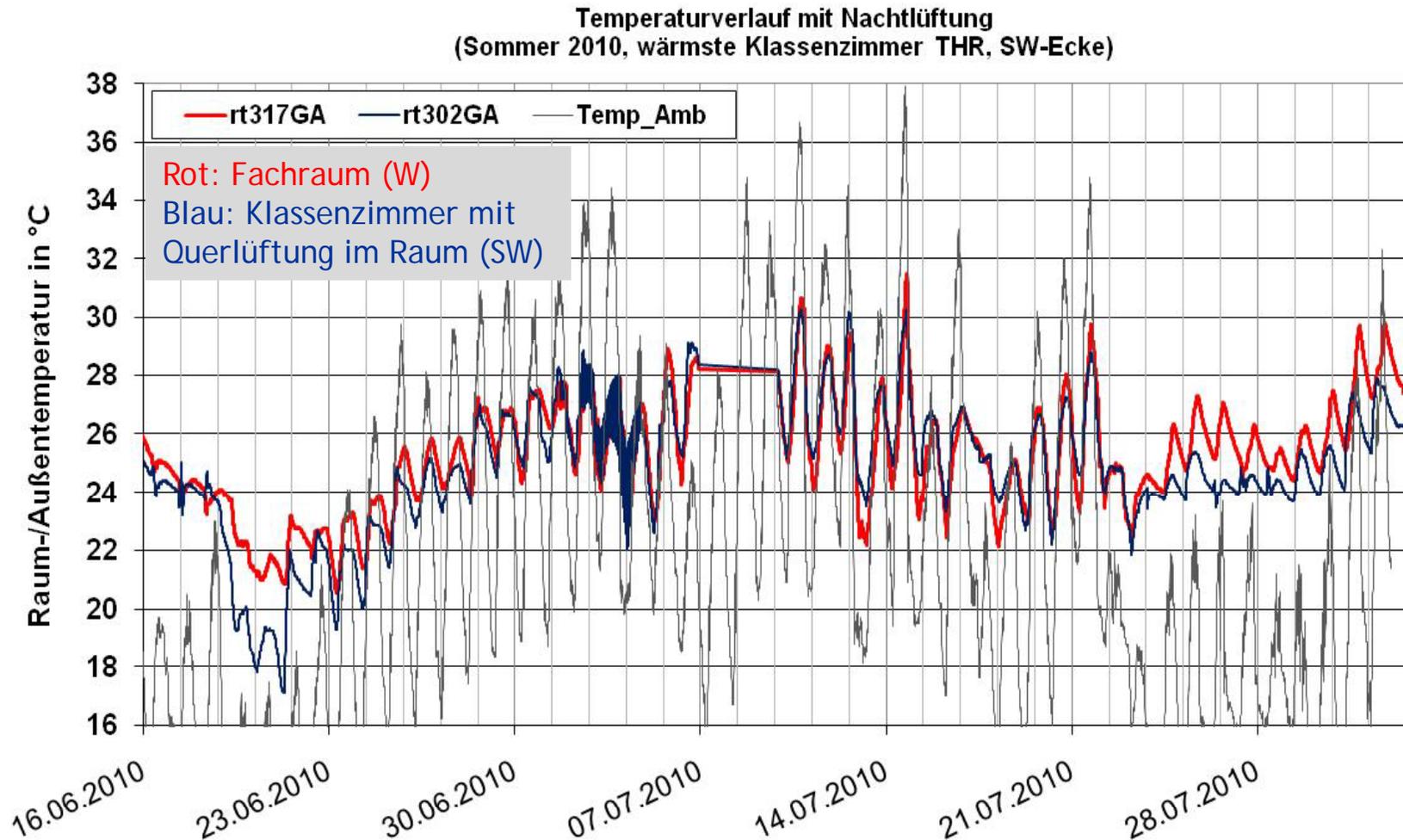
Türen am Nachmittag/Abend manuell geöffnet

Oberlichter öffnen automatisch mit Nachtlüftung



# Messungen - Nachtlüftung

## Theodor-Heuss-Realschule 1



## Konrad-Adenauer-Schule

### Testeinbau Taglüftung - 2 Klassenräume



#### ALTERNATIV: Dezentrale Zu-/ Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

- Versorgung mit Frischluft unter Nutzung der Wärmerückgewinnung im Winter und in der Übergangszeit
- Deutliche Verbesserung der Luftqualität anhand von CO<sub>2</sub>-Messungen bestätigt

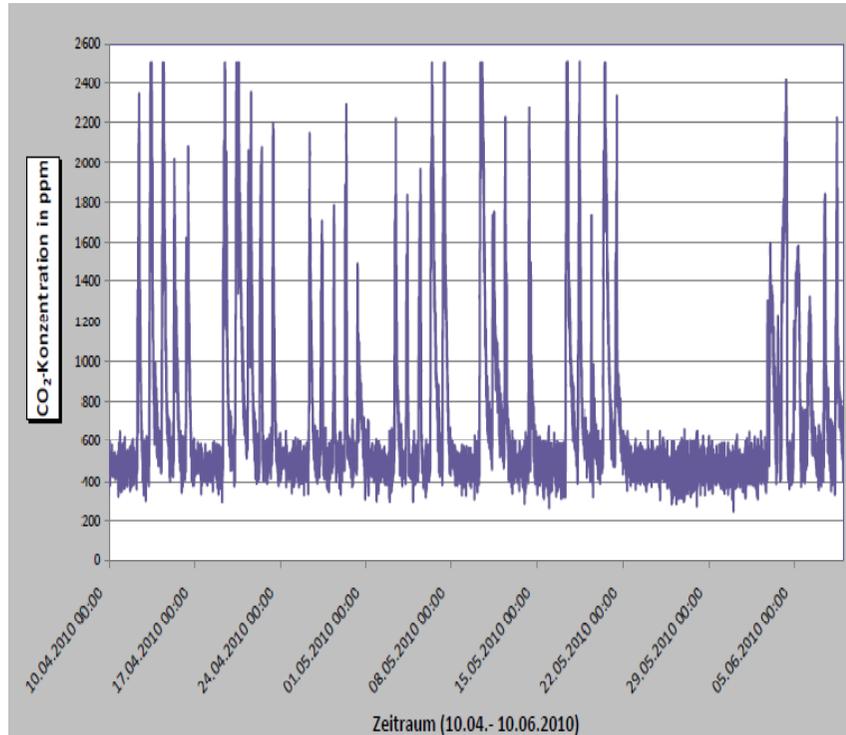


Schulgebäude nach Komplettsanierung der Gebäudehülle und Einbau von 4 Lüftungsanlagen im Dachgeschoß (2.OG)

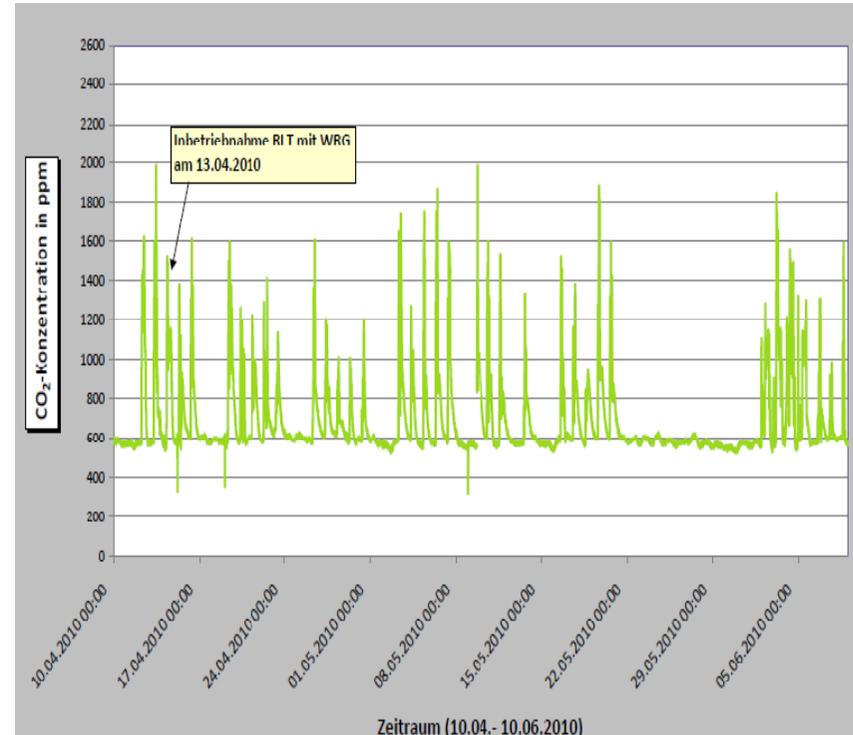
Investitionsentscheidung für 1.OG, wenn: Nachlüftungseignung nachgewiesen

# CO<sub>2</sub>-Messungen Konrad-Adenauer-Schule (vor Sanierung der Gebäudehülle)

Ohne Lüftung,



Mit Testeinbau Lüftungsanlage mit WRG



Die Entwicklung der Luftqualität gewinnt immer stärker an Bedeutung.  
**Nach den Sanierungen: wesentlich dichtere Gebäudehülle**

# Projektergebnisse



## Erfolgreicher Projektverlauf durch:

- Erfolge bei der Überhitzungsvermeidung durch verbesserten Sonnenschutz, Entwärmung durch Ventilatoren und Querlüften über Fenster und Lichtkuppeln.
- Zusätzliche Kenntnisse zur Wetterlage und -prognose erhöhen die Effizienz
- Sonderlösungen für Fachräume wie Physik- und Chemiesäle (Sondernutzung)
- Teilautomatisierter Betrieb aus Brandschutzgründen und Kosteneffizienz, macht jedoch die Einbindung von Nutzern und Hausmeister erforderlich

## Optimierungsbedarf :

- Verbesserung der Luftqualität
- Kommunikationslösungen für das Gebäudemanagement, Datenerfassung und Betriebsüberwachung bisher unzureichend...

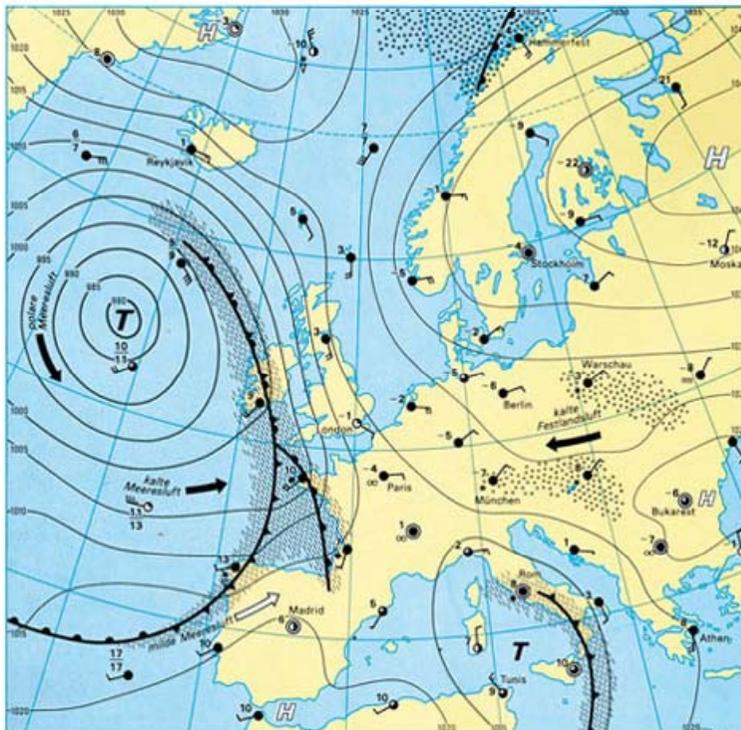
... erhalten auch hier hohe Relevanz für das FM kommunaler Nichtwohngebäude

→ kontinuierliche Überwachung und Sicherung eines Schulbetriebs mit gutem thermischen Lern- und Arbeitsklima und mit guter Luftqualität.

# Ausblick

## Prädiktive Automationsverfahren

In der ZUKUNFT liegende Einflussfaktoren auf das thermische Verhalten des Gebäudes werden von der Regelung berücksichtigt.



## Stundenplan

Eigene Veranstaltungen

Zeit	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
09:00 - 10:00				VL Vorlesung Nummer 0, im Vorlesungssaal 113, alle 2 Wochen <b>Konflikte</b> SE Seminartyp Nummer 1, im Vorlesungssaal 19, alle 2 Wochen	
10:00 - 11:00		SE Seminartyp Nummer 1, im Vorlesungssaal 152, wöch. (anmelden   entfernen)		<b>Konflikte</b> SE Seminartyp Nummer 1, im Vorlesungssaal 19, alle 2 Wochen	
11:00 - 12:00			SE Seminartyp Nummer 0, Saal 1.110, wöch.		
12:00 - 13:00					PR Praktikum Nummer 1, im Vorlesungssaal 64, wöch.
13:00 - 14:00		SE Seminartyp Nummer 0, im Vorlesungssaal 316, wöch.			
14:00 - 15:00					
15:00 - 16:00					
16:00 - 17:00	Arbeit				
17:00 - 18:00					
18:00 - 19:00		VL Vorlesung Nummer 1, im Vorlesungssaal 370, wöch.			

« vorige [ KW 13 ] nächste »

eingeschriebene 
  vorgemerkt 
  überlaufene 
  eigene 
  trimmen 
  Absenden 
  ?

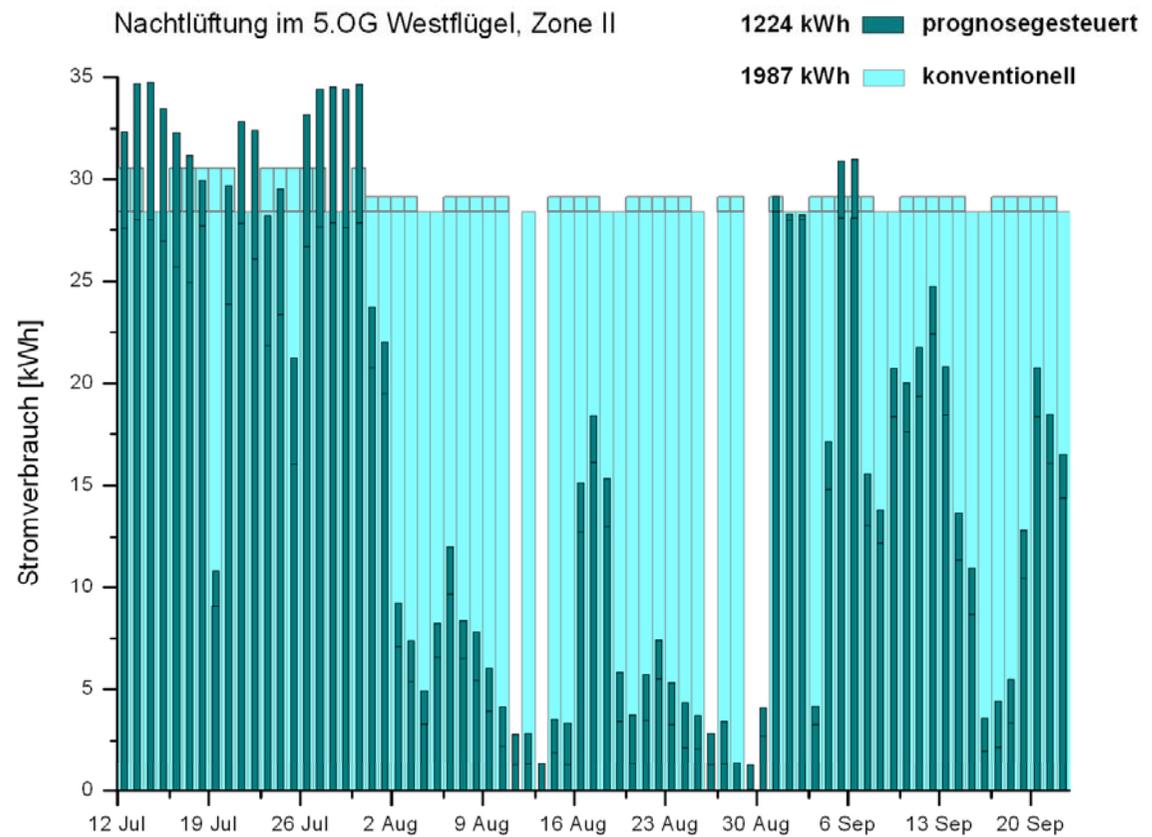
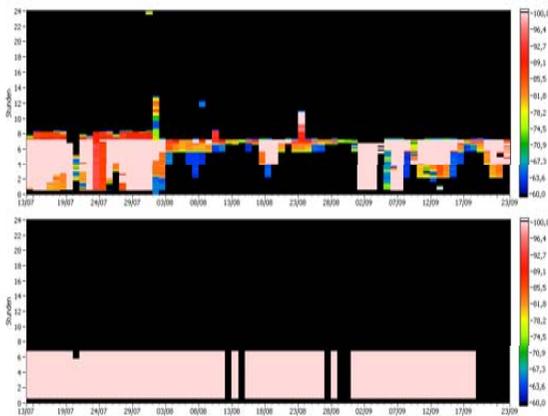
### Legende

eingeschriebene  vorgemerkt  überlaufene  eigene  Konflikte

# Beispiele für prädiktive Verfahren - I

## Solar Info Center in Freiburg

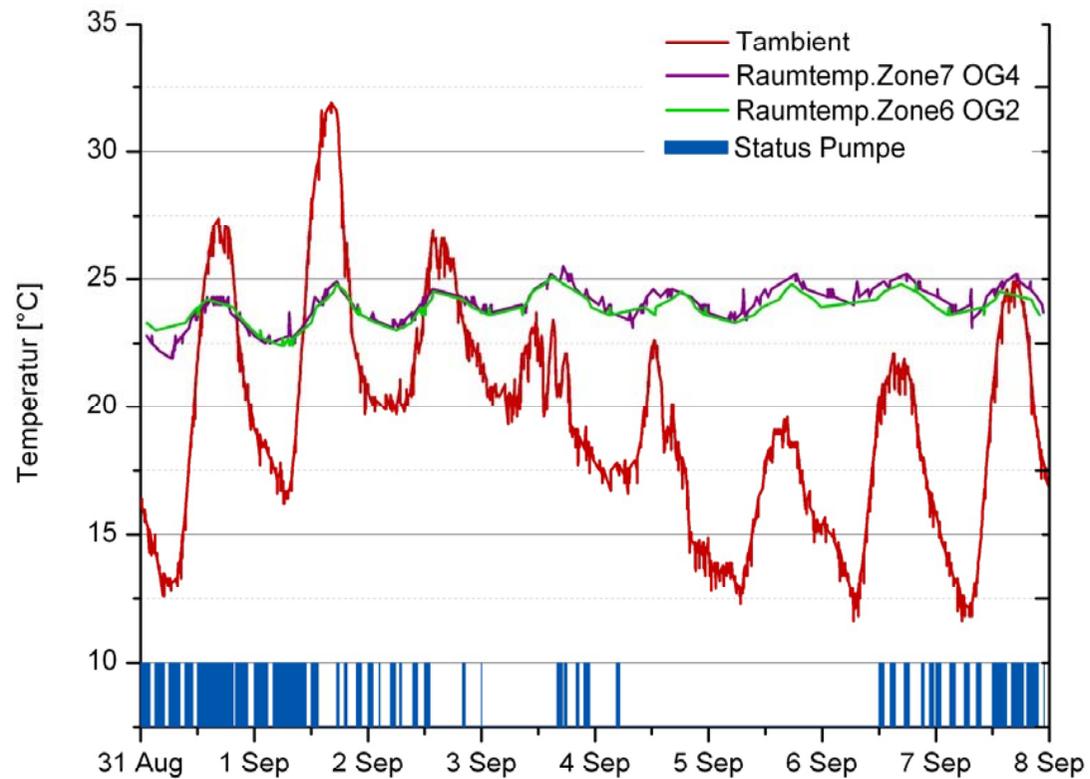
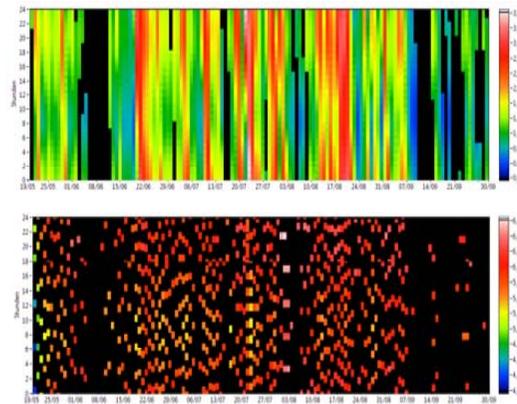
Einsparung: 763 kWh (38%)



# Beispiele für prädiktive Verfahren - II

## Elektror Airsystems in Ostfildern

Einsparung: 70% elektrisch, 7% thermisch



Weitere Info auf den Webseiten der **Forschungsgruppe nachhaltige Energietechnik(net)** an der Hochschule Offenburg:

[fgnet.fh-offenburg.de](http://fgnet.fh-offenburg.de)  
[www.hs-offenburg.de](http://www.hs-offenburg.de)



**Forschungsgruppenet**  
nachhaltige energietechnik

