

## Denkmalgerechte energetische Sanierung der Förderschule Olbersdorf mit innovativen Ansätzen

### Ausgewählte Ergebnisse des Monitorings

1. Sanierungsziele
2. Sanierungsbaustein bedarfsgerechte Lüftung
3. Sanierungsbaustein energieeffiziente Wärmebereitstellung
4. Fazit

Stuttgart, 12.11.2013

Jens Bolsius  
Hochschule Zittau/Görlitz



- Errichtung: 1927/28,
- Kulturdenkmal im Sinne des sächsischen Denkmalschutzgesetzes („ bedeutendes regionales Beispiel für den sachlichen Schulbau der Weimarer Republik mit Anklängen an den Expressionismus“),
- Nutzfläche Schulgebäude nach EnEV 4.900 m<sup>2</sup>,
- Förderschule für ca. 180 Schüler

## SANIERUNGSZIELE

- deutliche Verringerung des Energieverbrauches (3-I Schule)
- Schaffung eines lernfördernden Raumklimas
  - > hinreichende Raumlufthygiene
  - > Verbesserung Raumakustik
  - > Begrenzung sommerlicher Innentemperaturen
- schulalltagstaugliche (robuste, bedienfreundliche) Ausführungen
- wartungsarme Technik
- Einsatz innovativer Produkte unter baupraktischen Gegebenheiten (Zeit- und Kostenrahmen, Baugesetzgebung, bauaufsichtliche Prüfungen und – Zulassungen, Ausschreibung/Vergabe/Ausführung)

Förderung des Projektes im Rahmen des Programmes ENOB /  
EnEff-Schule durch das BMWi

Förderkennzeichen 0327430C

# SANIERUNGSBAUSTEIN: FASSADE



**Erhebliche Emission von Riech- und Ekelstoffen durch hohe Personendichte**

**Schlechte (unerträgliche) Raumluftqualität**

Lernmotivation / Ermüdung / Lernleistungen?

**Große Außenluftvolumenströme**

**a) Fensterlüftung**

Zugerscheinungen / Energieverbrauch?

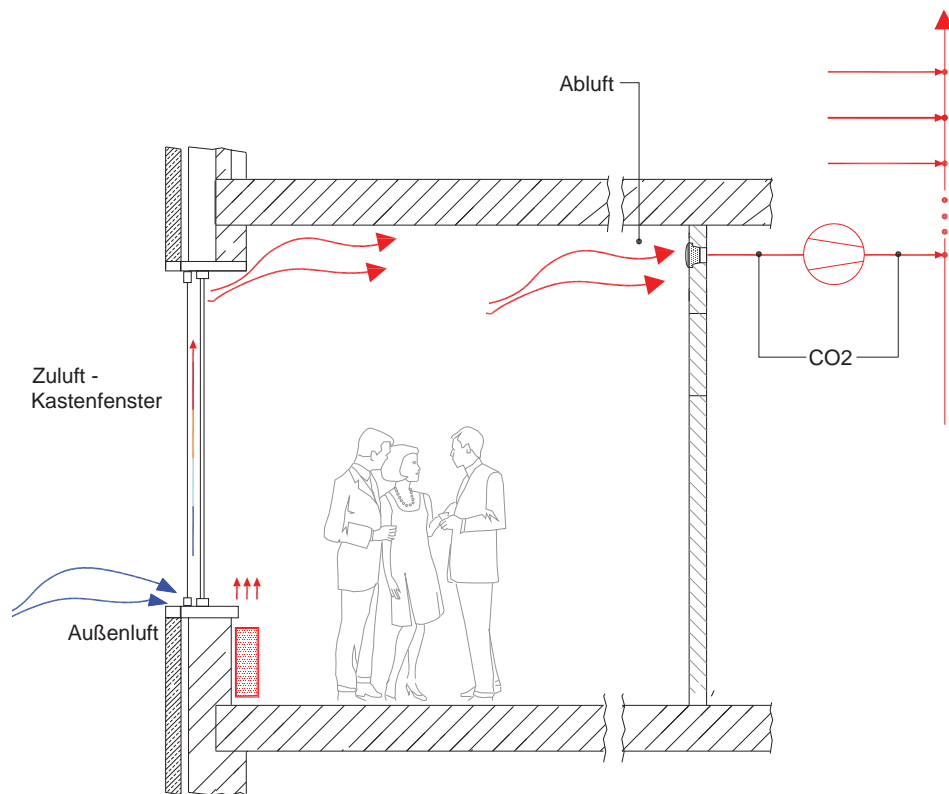
**b) Mechanische Lüftungsanlage**

Einordnung der Anlage in denkmalgeschütztes Gebäude? Investitions- und Betriebskosten?

**LÖSUNG:**

**Reaktivieren des vorhandenen Abluftsystems durch Zuluft-Kastenfenster + bedarfsgeregelte Ablufführung**

## Lösung: Grundlüftung durch Zuluft-Kastenfenster + bedarfsgeregelte Abluftführung



- **Sichert Mindestraumlufthygiene**
- **Energiesparend durch Verminderung des Transmissionswärmeverlustes im Fenster + **Bedarfsregelung****
- **Keinerlei Einschränkung bei Fensternutzung (Fensteröffnen ist möglich + erwünscht!)**
- **kostengünstig, robust, schulthauglich**



# SANIERUNGSBAUSTEIN: BEDARFSGERECHTE LÜFTUNG



## Zuluftkastenfenster

Luftführung zwischen den Verglasungsebenen  
-> Luftvorwärmung



## Abluftführung

Bedarfsabhängig entsprechend CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft

# SANIERUNGSBAUSTEIN: BEDARFSGERECHTE LÜFTUNG



Bilder aus der Bauzeit



# SANIERUNGSBAUSTEIN: BEDARFSGERECHTE LÜFTUNG



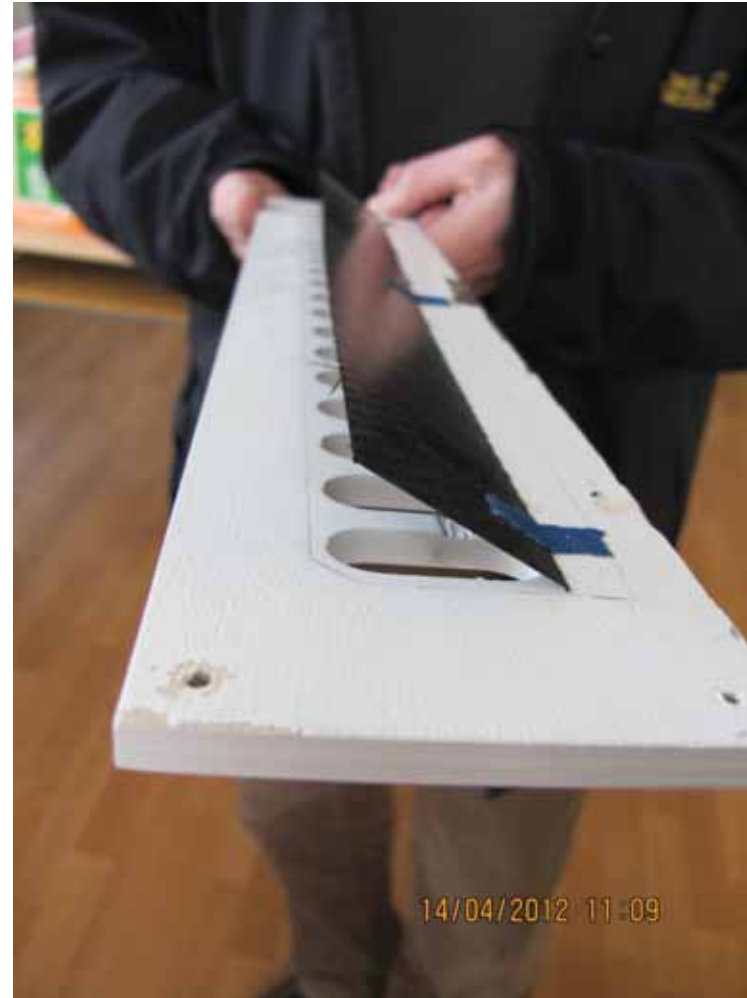
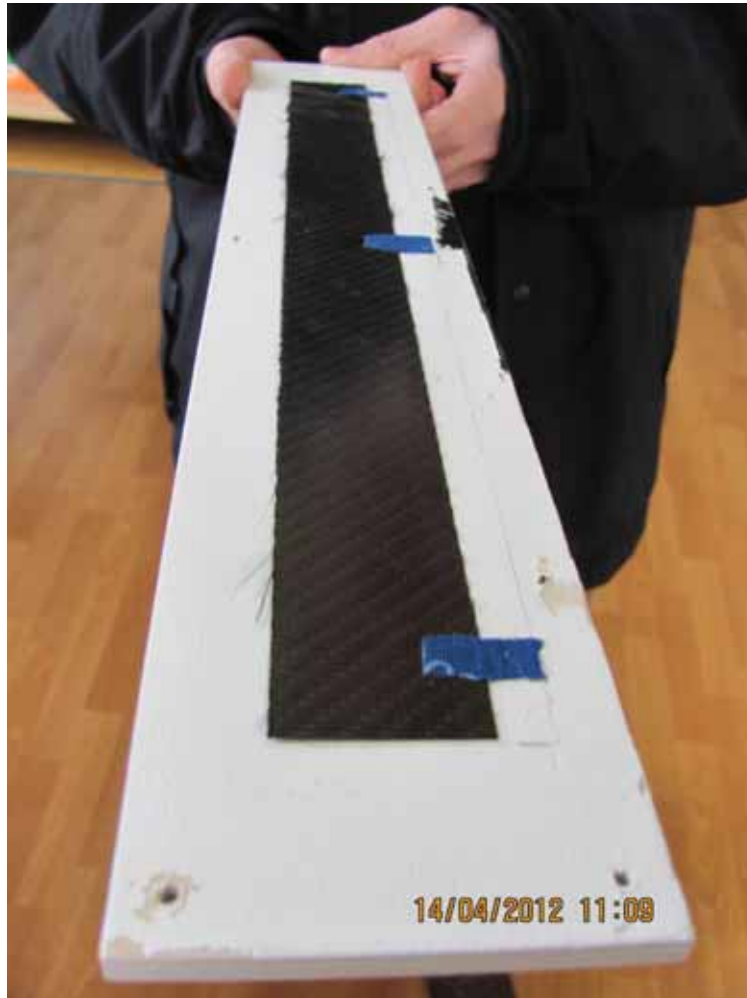
Bilder aus der Bauzeit

## SANIERUNGSBAUSTEIN: BEDARFSGERECHTE LÜFTUNG



Ergebnis der Inbetriebnahme / des Intensivmonitorings:  
Aufgrund von Materialversprödungen funktionsuntüchtige Rückschlagklappen  
müssen getauscht werden!

## SANIERUNGSBAUSTEIN: BEDARFSGERECHTE LÜFTUNG



Neue Klappe aus glasfaserverstärktem Kunststoff  
-> Funktioniert einwandfrei und dauerhaft!

## SANIERUNGSBAUSTEIN: BEDARFSGERECHTE LÜFTUNG



Ertüchtigung der vorhandenen Schächte mit CO<sub>2</sub>-geregelter Abluftgeräten (24 V Gleichstromventilatoren + Absperrklappe + Schalldämpfer)



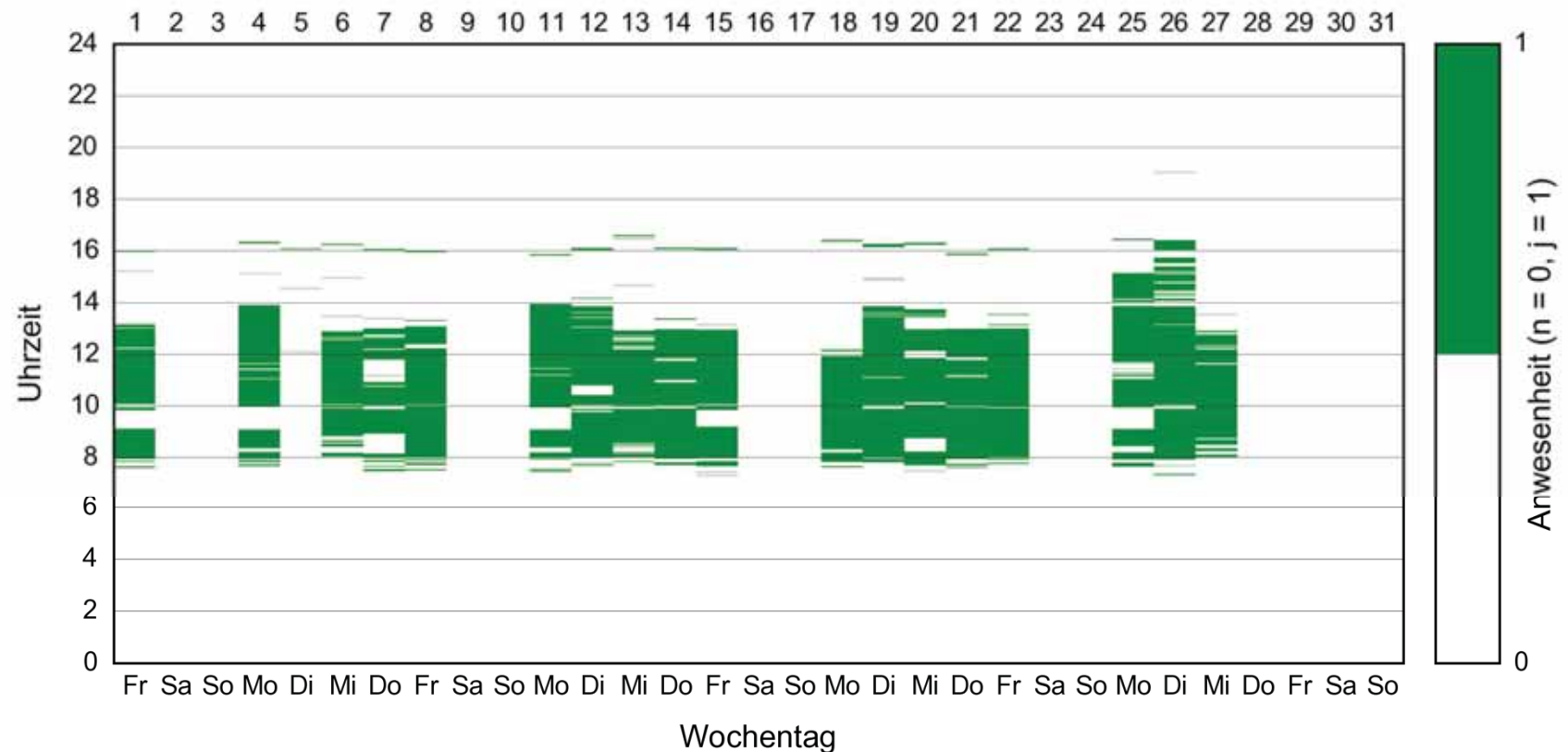
Inbetriebnahme bedarfsgeregelte Abluftanlage:

- Einregulierung der Volumenströme (Jumper) auf ca. 200 m<sup>3</sup>/h
- Kontrolle der Regelung durch Einbringen von CO<sub>2</sub> in den Raum



## Monitoring Lüftungskonzept, Beispiel: Raum R314

Anwesenheit Raum R314 März 2013

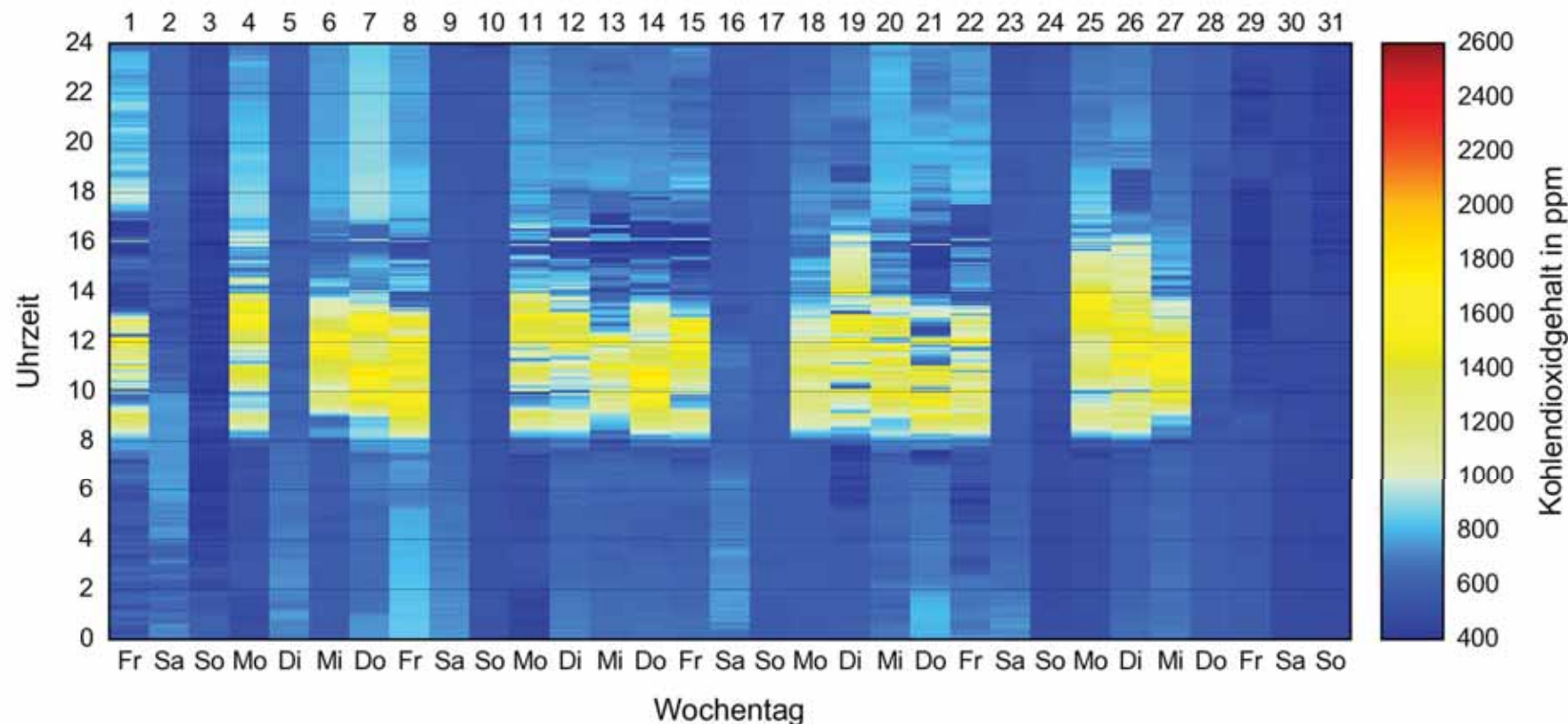


Nutzungszeiten des Raumes (entsprechend Signal des Präsenzsensors)



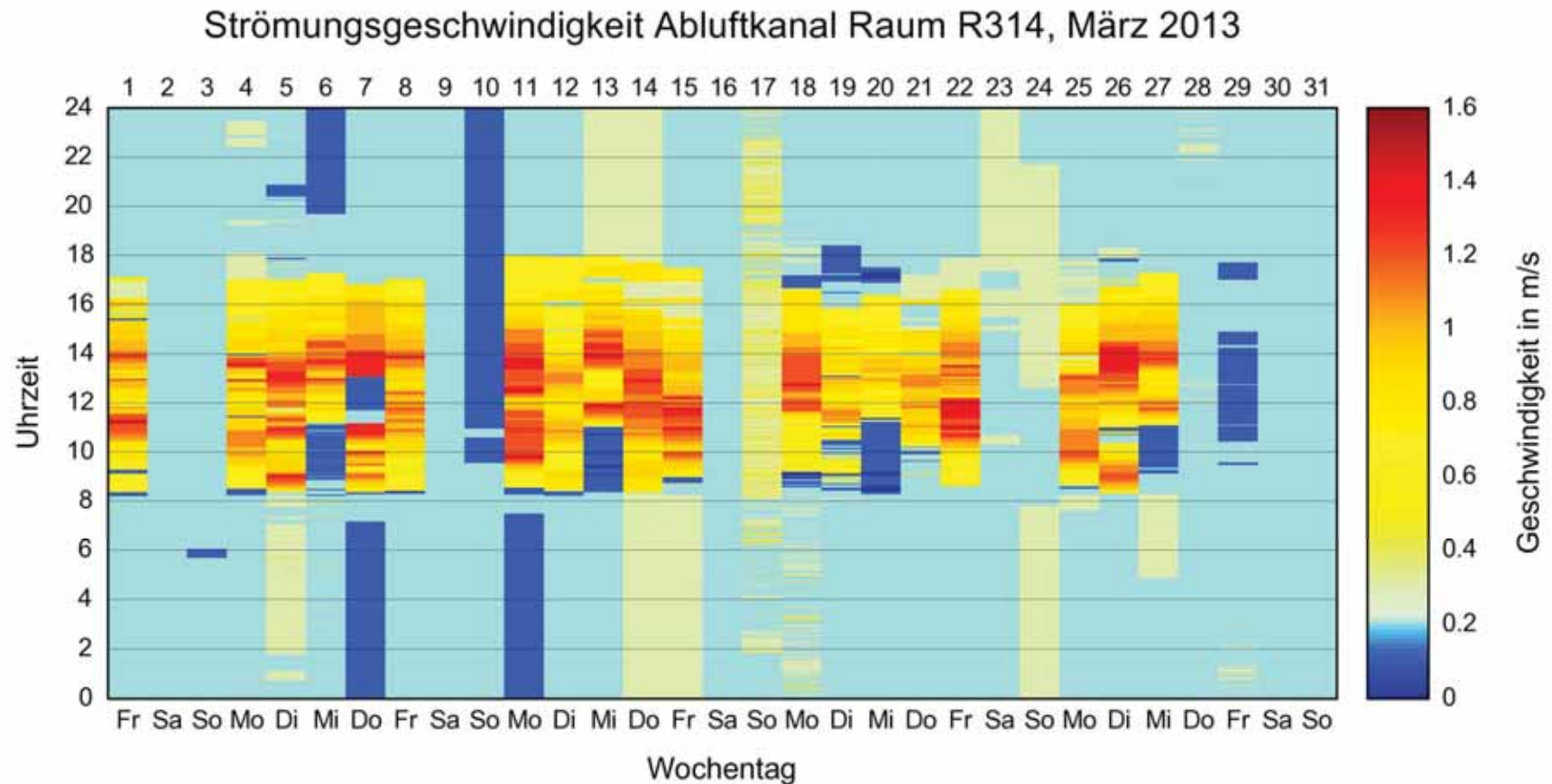
## Monitoring Lüftungskonzept, Beispiel: Raum R314

Kohlendioxid Raum R314 März 2013



- Kohlendioxidgehalt der Raumluft als Indikator für die Raumluftqualität
- > Raumluftqualität ist überwiegend „mittel“,
- > Situation ist gegenüber reiner Fensterlüftung deutlich besser,
- > Lüftungskonzept erfüllt die Erwartungen!

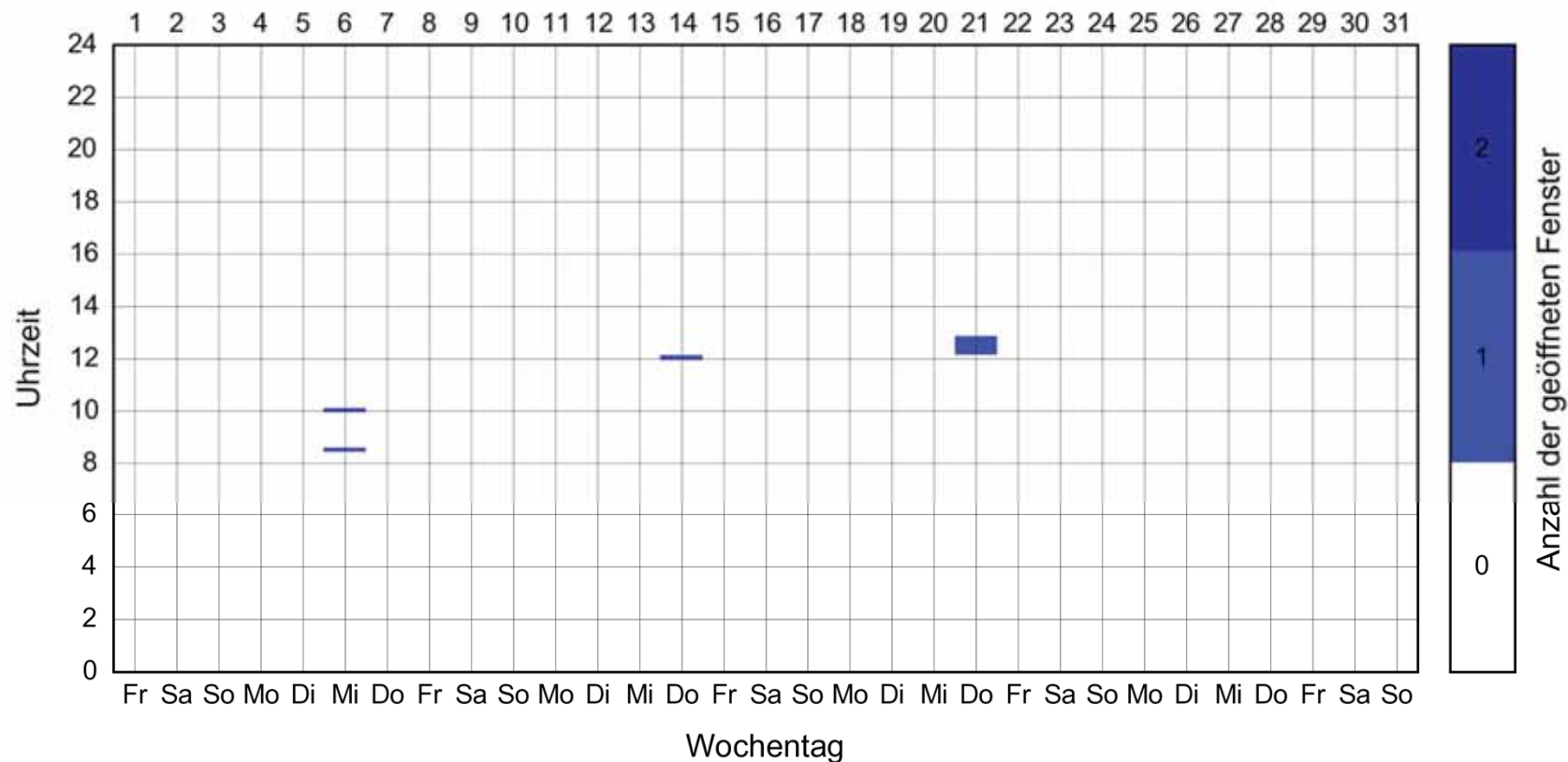
## Monitoring Lüftungskonzept, Beispiel: Raum R314



Strömungsgeschwindigkeit im Abluftschacht  
-> Abluft wird bedarfsgerecht gefördert!

## Monitoring Lüftungskonzept, Beispiel: Raum R314

### Fensteröffnungen Raum R314 März 2013



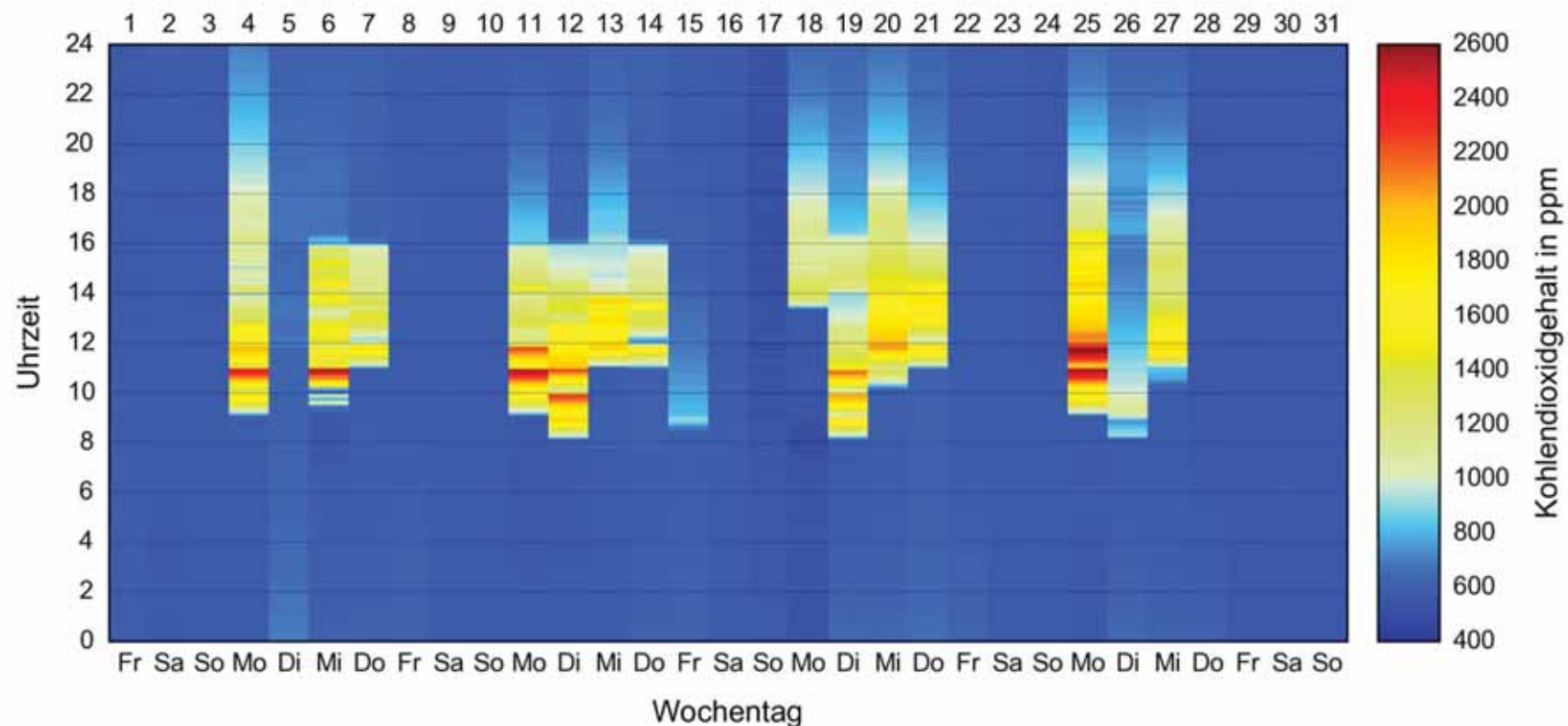
Fensteröffnungszeiten (Überwachung der Fenster mittels Kontaktschalter)

-> Fenster werden nur sporadisch geöffnet,

-> Raumluftqualität wird offenbar als ausreichend angesehen!

## Monitoring Lüftungskonzept, Vergleichsraum R 121 (nur Fensterlüftung)

Kohlendioxid Raum R121 März 2013



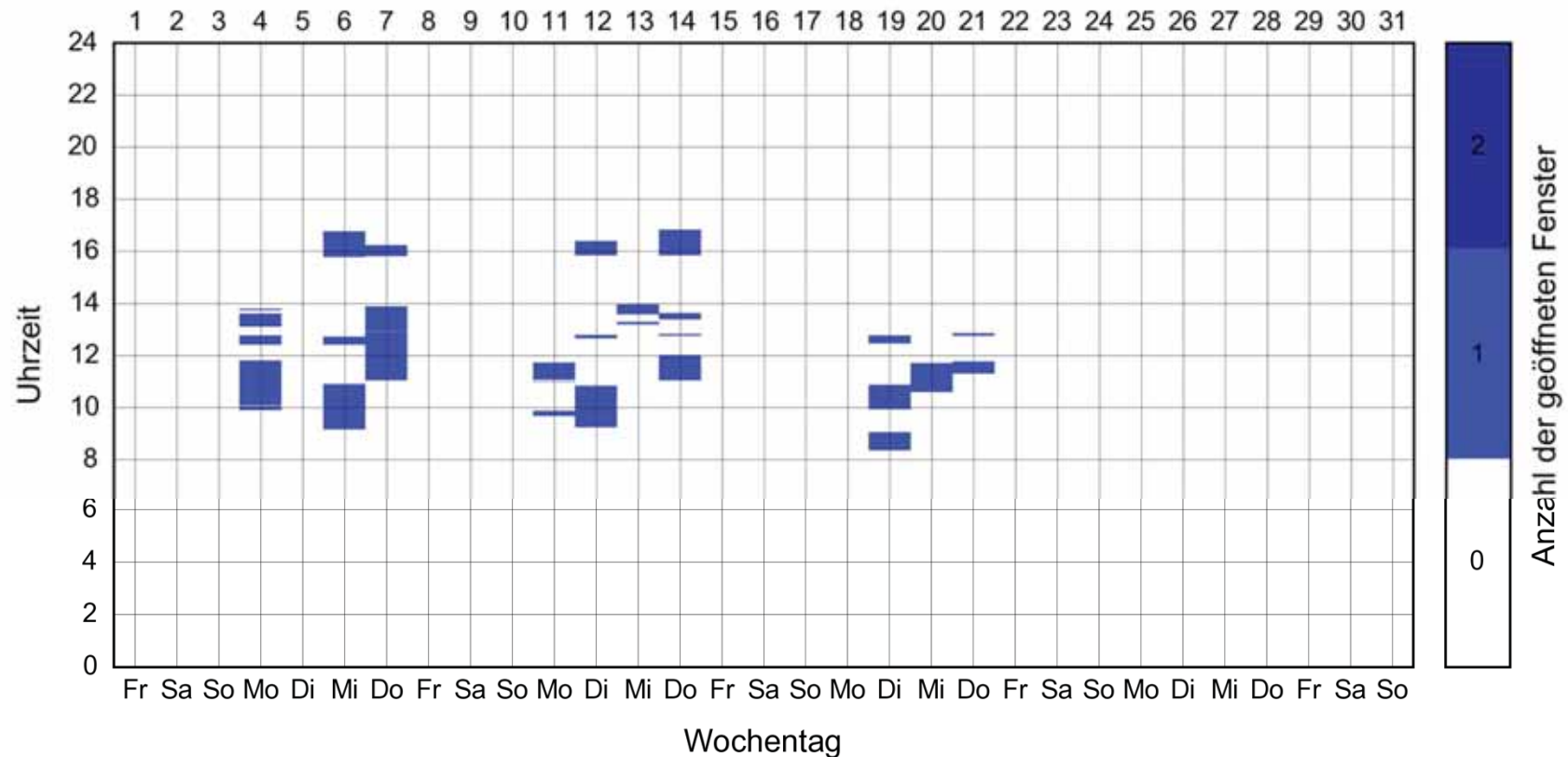
Kohlendioxidgehalt der Raumluft als Indikator für die Raumluftqualität

-> Raumluftqualität ist trotz Fensterlüftung zeitweise ausgesprochen schlecht!

-> Es gibt Tage, an denen trotz extrem schlechter Raumluftqualität das Fenster nicht geöffnet wird (vgl. Mo. 25.3.)!

## Monitoring Lüftungskonzept, Vergleichsraum R 121 (nur Fensterlüftung)

Fensteröffnungen Raum R121 März 2013

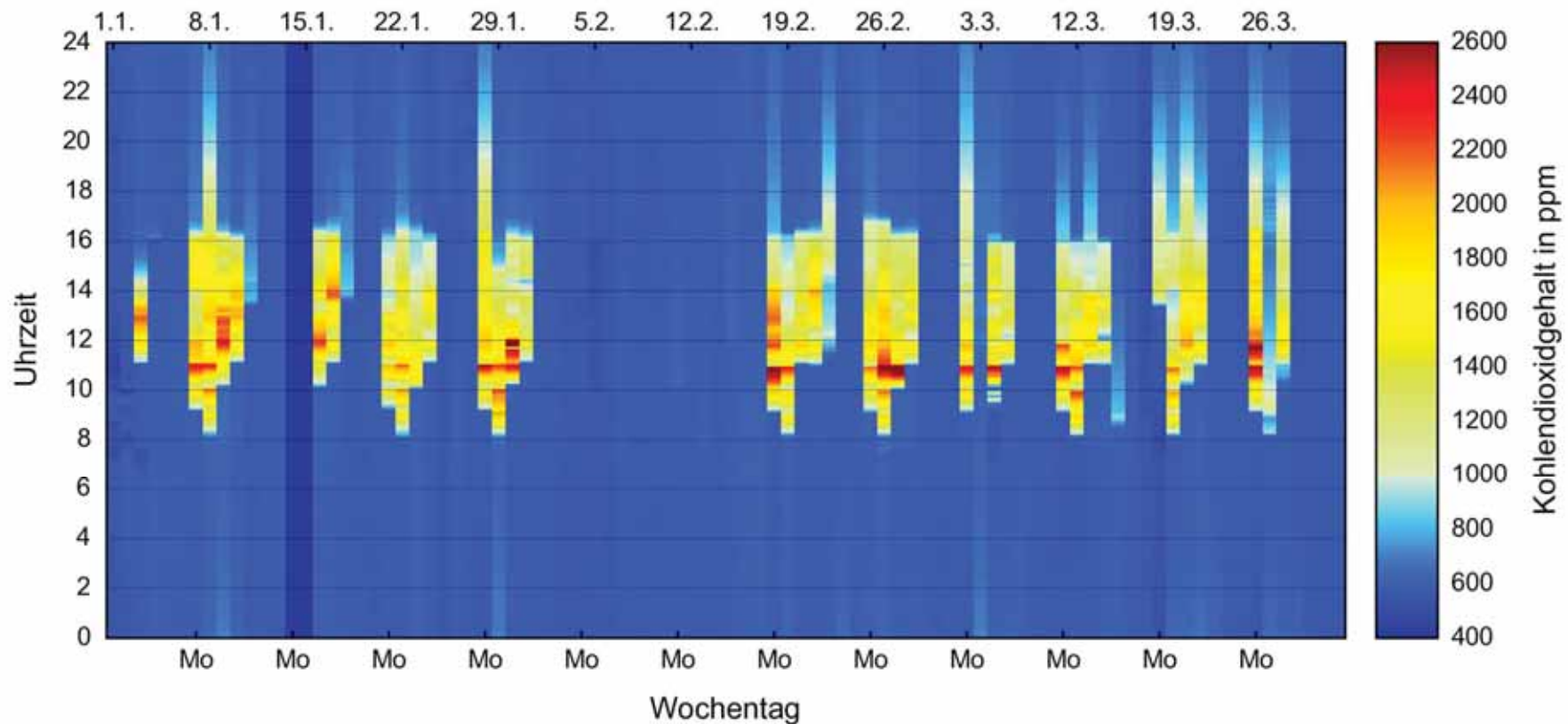


Fensteröffnungszeiten (Überwachung der Fenster mittels Kontaktschalter  
 -> Fenster werden im Vergleich zu Raum R 314 deutlich häufiger geöffnet,  
 -> Raumluftqualität wird offenbar nicht als ausreichend angesehen!



## Monitoring Lüftungskonzept, Vergleichsraum R 121 (nur Fensterlüftung)

Kohlendioxid Raum R121: 1 Quartal 2013

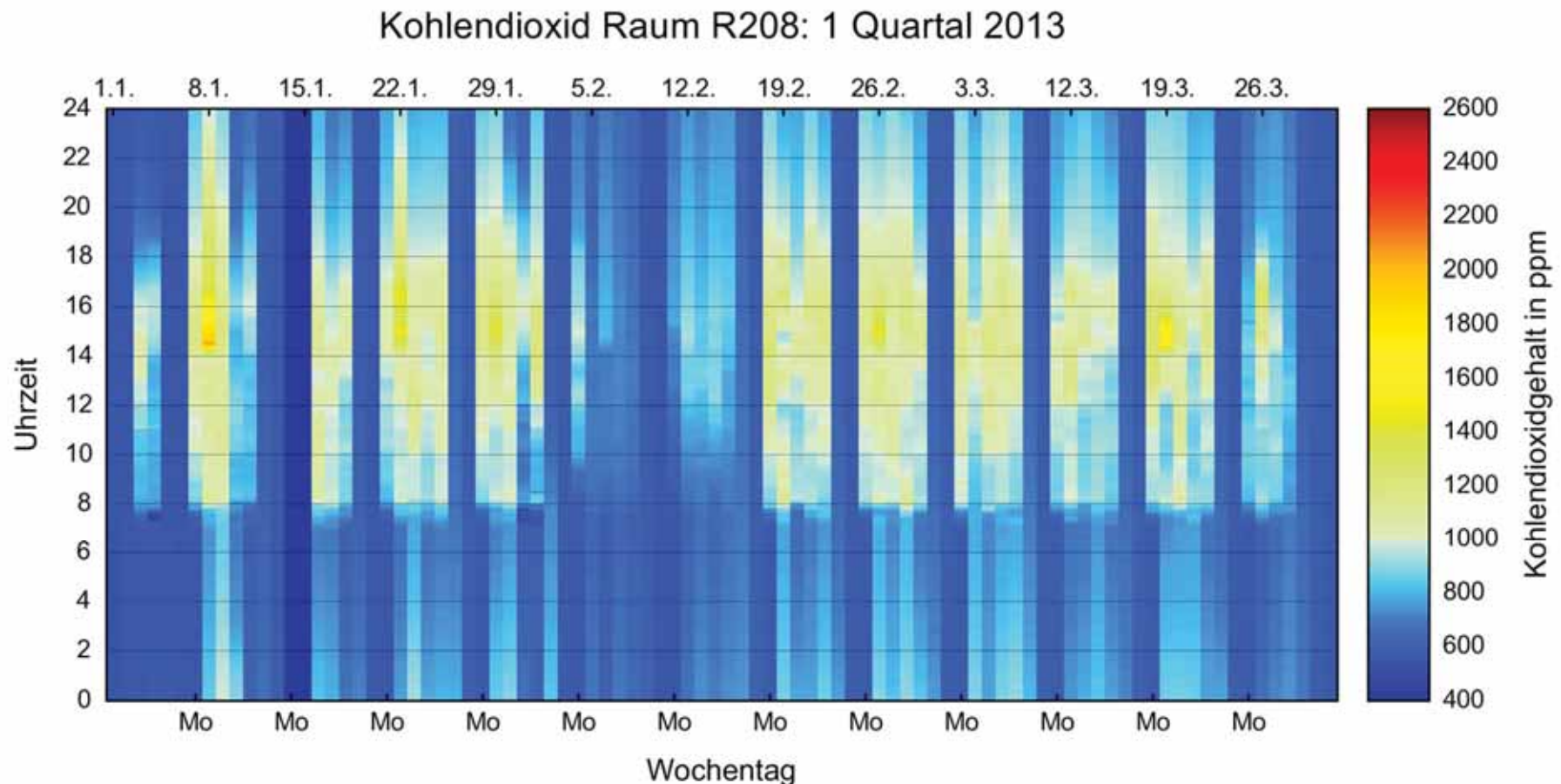


Kohlendioxidgehalt der Raumluft als Indikator für die Raumluftqualität

-> Beispiel für Klassenraum OHNE Grundlüftung; Auswertung 1. Quartal 2013; Raum R121



## Monitoring Lüftungskonzept: Raumluftqualität bei funktionierender Grundlüftung



Kohlendioxidgehalt der Raumluft als Indikator für die Raumluftqualität

-> Beispiel für funktionstüchtige Grundlüftung; Auswertung 1. Quartal 2013; Raum R208

## Kontrolle der Raumluftqualität durch VOC+Formaldehydmessung



Messergebnis Raum R211

	Ohne Grundlüftung	Mit Grundlüftung
TVOC	1011,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	174,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldehyd	110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

### FAZIT:

Eine Grundlüftung reduziert die Schadstoffbelastung der Raumluft deutlich!

### EMPFEHLUNG:

Bei „nachhaltigem“ Neubau oder Sanierung GRUNDSÄTZLICH Raumluftqualität durch Messung VOC + Formaldehyd prüfen (vgl. Steckbriefe „Nachhaltiges Bauen“, 3.1.3)

# SANIERUNGSBAUSTEIN: ENERGIEEFF. WÄRMEBEREITSTELLUNG



Bohrungen für Erdwärmenutzung (incl. Einbringung Messstellen)



# SANIERUNGSBAUSTEIN: ENERGIEEFF. WÄRMEBEREITSTELLUNG



Erdarbeiten auf dem Bohrfeld

# SANIERUNGSBAUSTEIN ENERGIEEFF. WÄRMEBEREITSTELLUNG



Erdarbeiten auf dem Bohrfeld

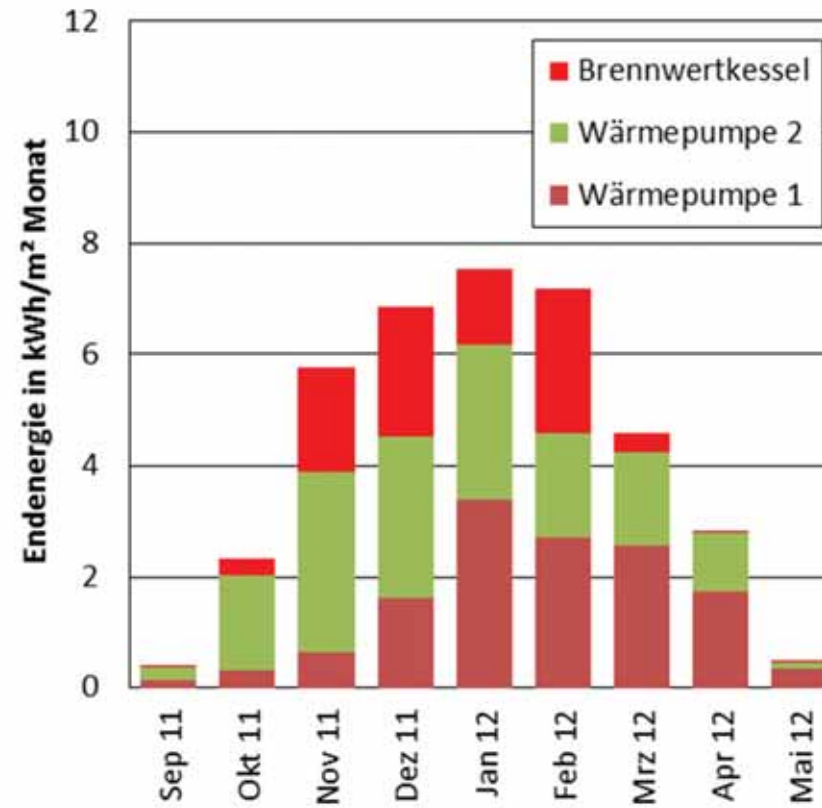
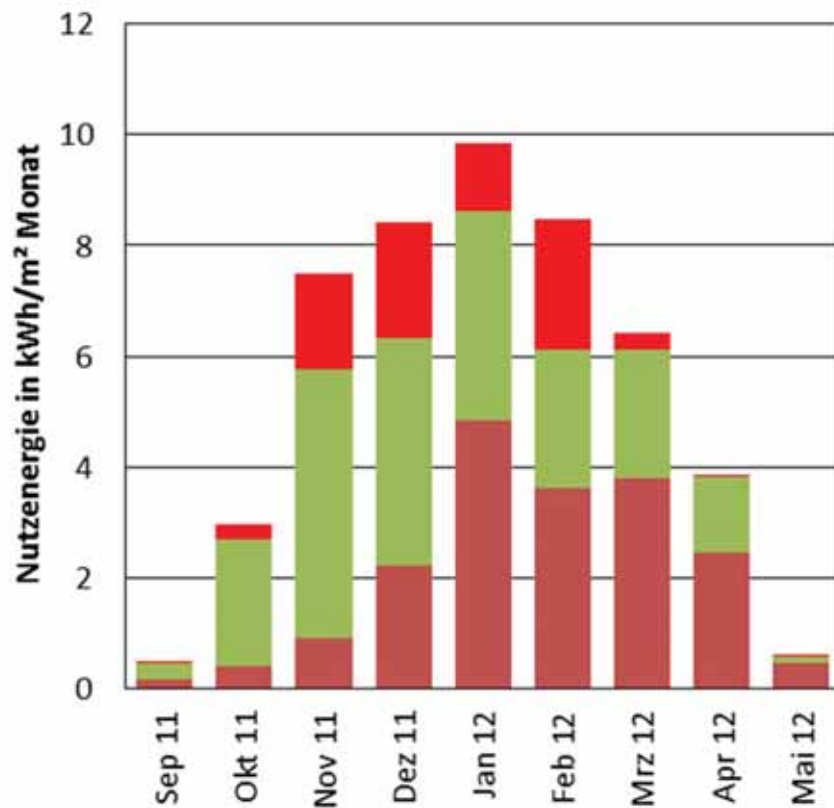


## Monitoring Gas-Absorptionswärmepumpen

- Erhebliche Herausforderung ist die regelungstechnische Einbindung;
- Einhaltung Mindestumlaufwasserstrom durch hydraulische Weichen/Speicher hat sich bewährt;
- keine wesentlichen Probleme in 2-jähriger Monitoringperiode, allerdings:
  - anfänglicher Ausfall einer Wärmepumpe durch werksseitig fehlerhafte Verdrahtung!
  - Kurzzeitiger Ausfall einer Wärmepumpe durch fehlerhaften geräteinternen Kondensatablauf
  - Kurzzeitiger Ausfall einer WP durch Kondensatorschaden

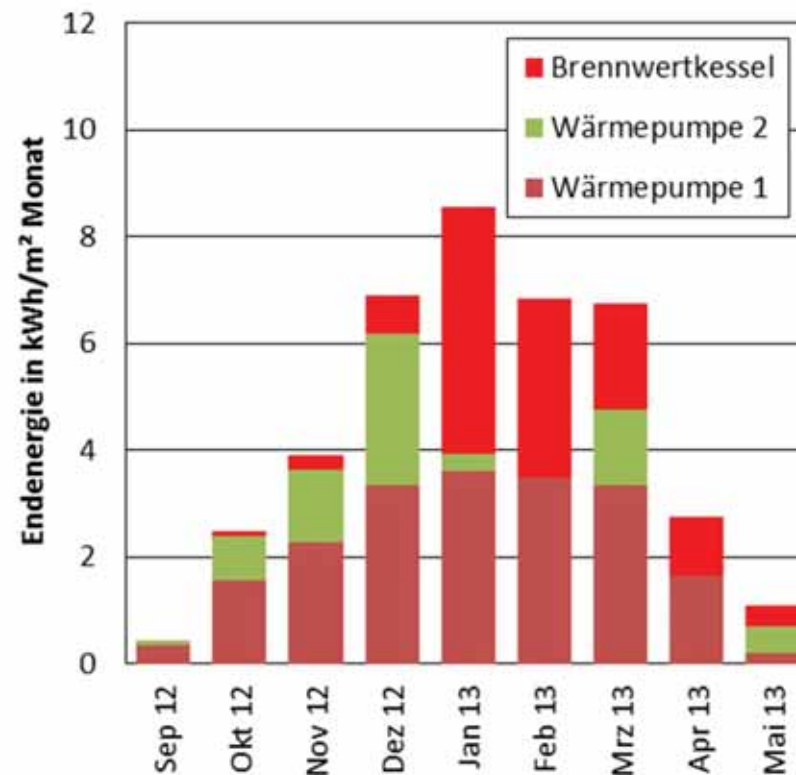
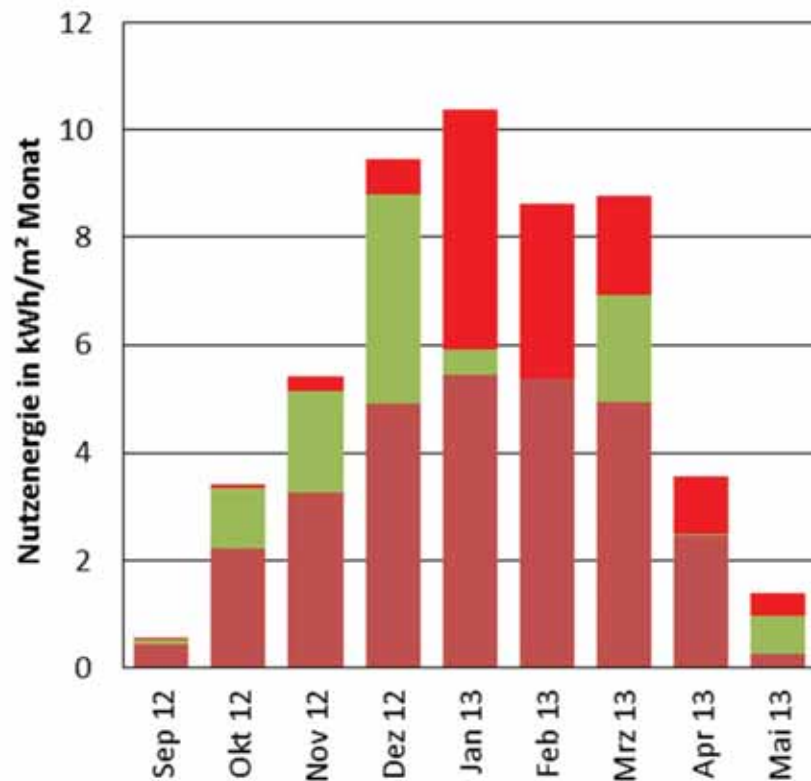


## Monitoring Energieeffiziente Wärmebereitstellung



Ergebnisse aus der ersten Heizperiode, Bezug: beheizte Fläche

## Monitoring Energieeffiziente Wärmebereitstellung



Ergebnisse aus der zweiten Heizperiode, Bezug: beheizte Fläche

**Die Wärmepumpenanlage liefert einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs!**

## Monitoring Energieeffiziente Wärmebereitstellung

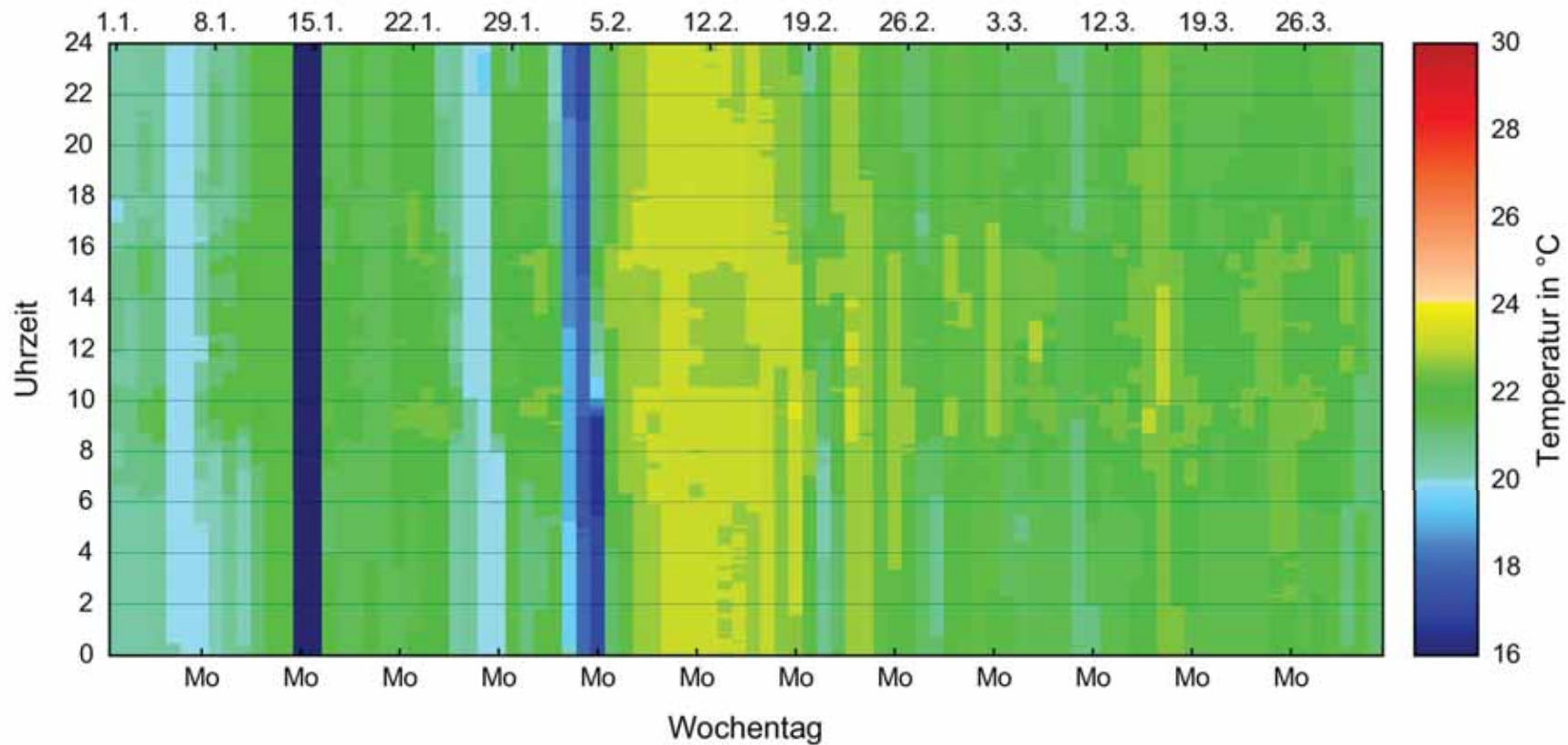
$\eta_a = Q_n/Q_e$	Brennwertkessel	Wärmepumpe 1	Wärmepumpe 2
10/2012	-	1,42	1,36
11/2012	-	1,44	1,36
12/2012	0,90	1,46	1,39
01/2013	0,97	1,51	-
02/2013	0,97	1,54	-
03/2013	0,95	1,47	1,40
04/2013	0,98	1,49	-

Nutzungsgrad = Nutzungsgrad / Endenergie (Hu-bezogen)

**Die Wärmepumpenanlage liefert einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs!**

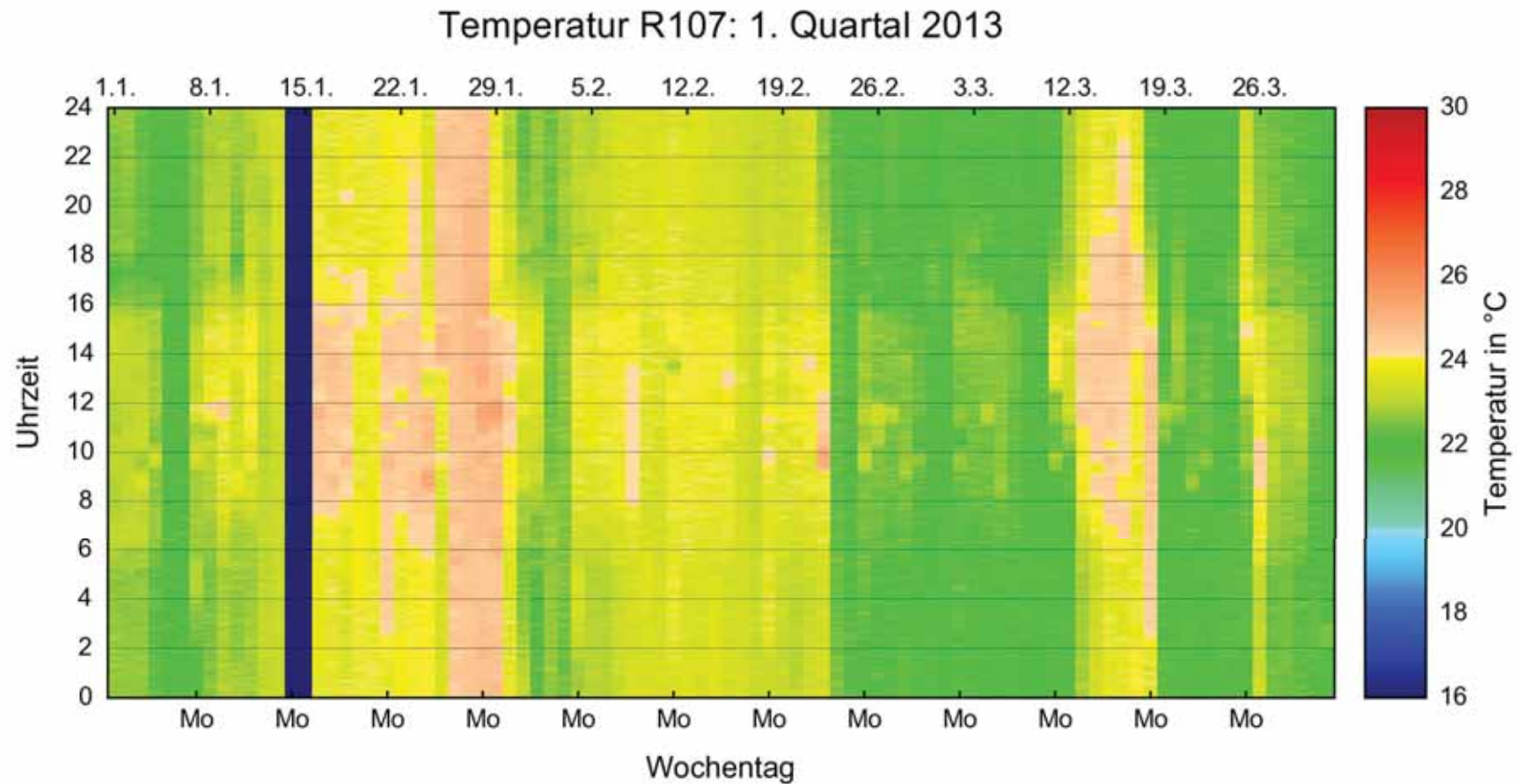
## Monitoring Energieverbrauch: Raumtemperaturen

Temperatur R404: 1. Quartal 2013



Raumtemperatur im Bereich 23 .. 24 °C,  
keine Temperaturabsenkung während der Ferien (5.2. – 18.2.!) )

## Monitoring Energieverbrauch: Raumtemperaturen



Raumtemperatur z.T. über 24 °C!  
keine Temperaturabsenkung während der Ferien (5.2. – 18.2.!)



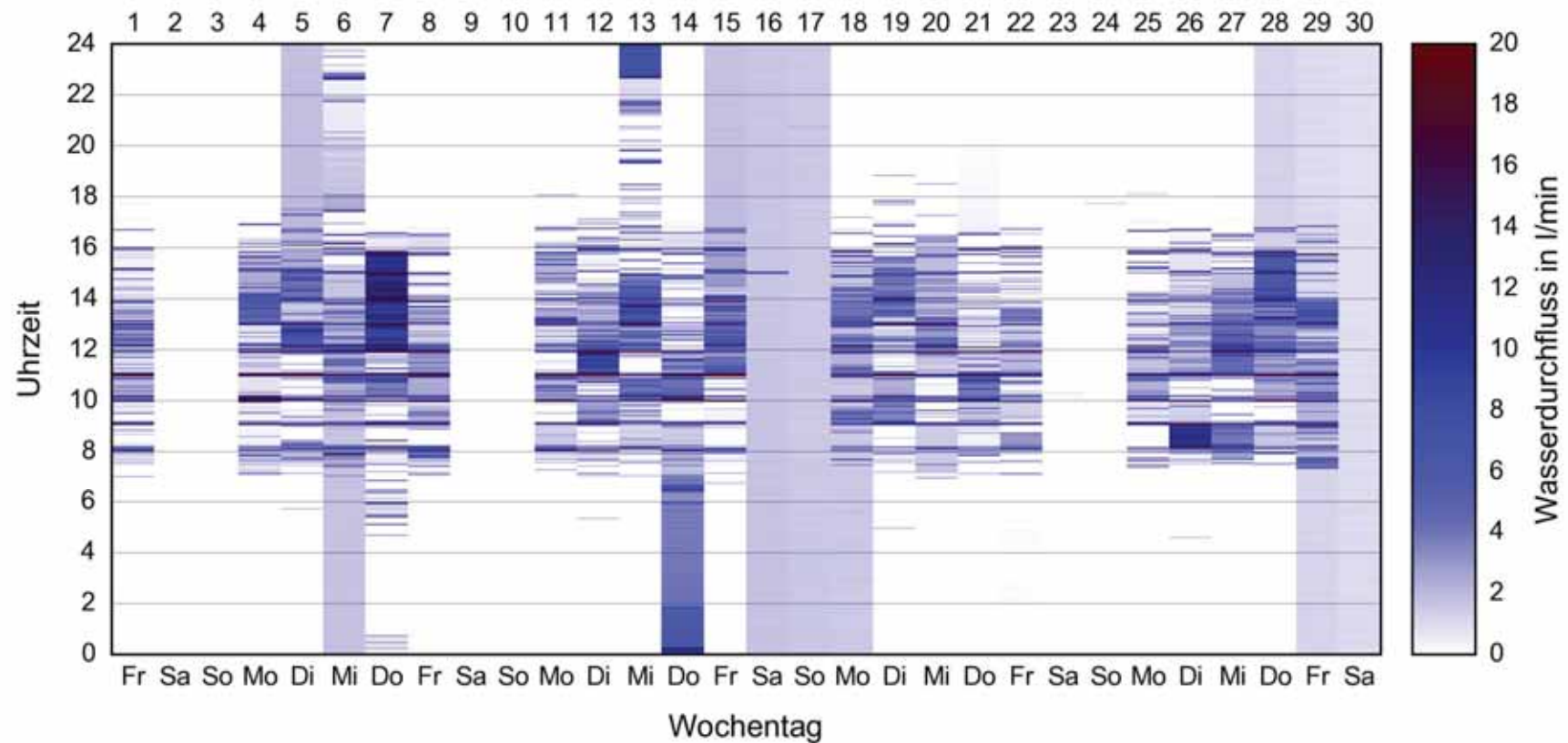
## Monitoring Energieverbrauch: Raumtemperaturen



Aktivierung der Schüler/Schülerinnen  
durch Visualisierung der Raumtemperatur +  
Information in Lehrerkonferenz!

## Monitoring Trinkwasserverbrauch

Wasserverbrauch Schulgebäude Juni 2012



Wie gelingt die Aktivierung der Hausmeister ?

## ERGEBNISSE DES MONITORINGS (AUSWAHL)

- Schule Olbersdorf ist seit 1.2.2011 ohne relevante Funktionseinschränkungen in Betrieb;
- das Konzept ventilatorgestützte Grundlüftung mit Zuluftführung über Zuluftkastenfenster + bedarfsabhängige Fensterlüftung hat sich bewährt;
- die Gas-Absorptionswärmepumpen vermindern den Endenergieverbrauch wirksam, sind jedoch hinsichtlich der Zuverlässigkeit entwicklungsfähig;
- die Raumtemperaturen sind nahezu durchgängig im Bereich 22 .. 24 °C, aktive Mitwirkung der Lehrer / Lehrerinnen + Schüler / Schülerinnen zur Verminderung der Raumtemperaturen ist implementiert;
- weitere Sanierungsbausteine wie eine tageslichtabhängige Ergänzungsbeleuchtung, Verbesserung der Tageslichtsituation durch Lichtschächte können als nachahmenswert unbedingt empfohlen werden;
- die mit der energetischen Sanierung avisierten Ziele werden weitestgehend erreicht.