



**Universität Stuttgart**  
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik

**“Messtechnische  
Ermittlung der Luftqualität  
in einer Schule –  
Gegenüberstellung von  
Räumen mit Fensterlüftung  
und Lüftung über eine  
Raumluftechnische  
Anlage”**

Dr.-Ing. Ulrich Vogt  
Miriam Chacón Mateos  
Nelson Rincón Soto

# Grund der Messungen

Stuttgart Stadtbezirke Region Baden-Württemberg Politik Wirtschaft Spc

Startseite > Stuttgart > Wird Römerschule zum Präzedenzfall?

Luftbelastung in Stuttgarter Schulen

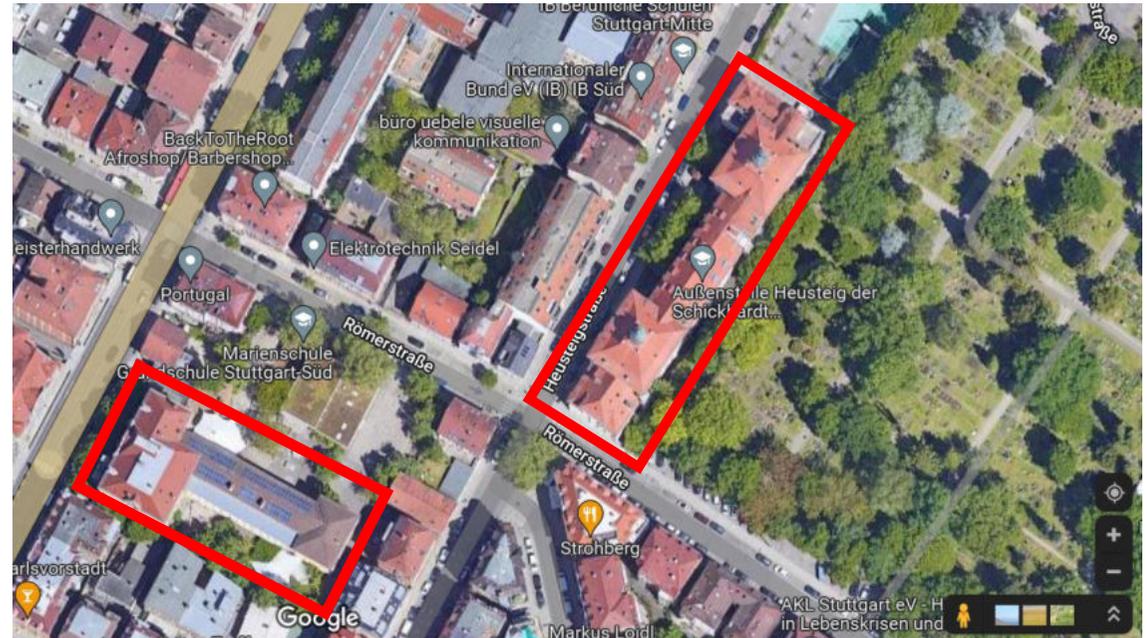
## Wird Römerschule zum Präzedenzfall?

02.03.2017 - 06:00 Uhr



An der Römerschule braust tagtäglich viel Verkehr vorbei. Die Frage ist, ob die Schadstoffe aus dem Auspuff auch bis in die Klassenräume vordringen. Foto: Lichtgut/Achim Zweygarth

**Noch ist offen, wann die Luftqualität in den Klassenzimmern der Römerschule gemessen wird. Sollten die Stickstoffdioxidwerte wie etwa in manchen Berliner Schulen und Kitas über dem EU-Grenzwert liegen, wird die Politik um drastische Maßnahmen kaum herkommen.**



# Projektziele

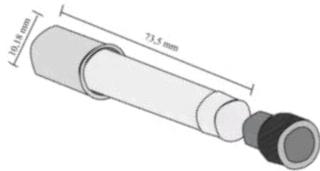
- Bestimmung der Luftqualität in der Grundschule Süd in Stuttgart
- Werden Grenzwerte überschritten?
- Bestehen räumliche Unterschiede der gemessenen Konzentrationen innerhalb des Gebäudes?
- Können Unterschiede zwischen der sommerlichen und der winterlichen Messkampagne festgestellt werden?
- Vorschlag von Lösungsansätzen zur Verbesserung der Luftqualität



# Messplanung

## Wie wurden die Messungen durchgeführt?

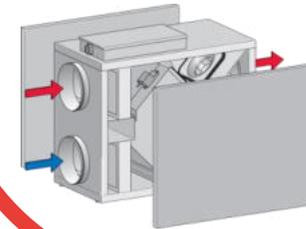
Passivsammler



Mobile Messungen



Messungen in der Belüftungsanlage



### Passivsammler

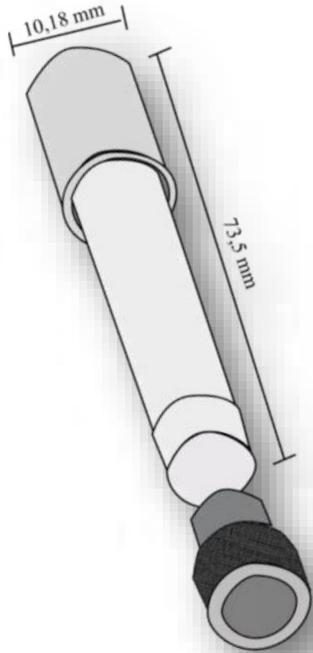
- Keine Pumpe, kein Strom notwendig
- Kostengünstige Messmethode
- Geringe Messunsicherheit
- Mittelwert über 1 – 4 Wochen

### Mobile Messungen / Belüftungsanlage

- Kontinuierliche Messwerte in großer zeitl. Auflösung
- Geringe Messunsicherheit
- Pumpe und Strom notwendig
- Teure Messgeräte

# Messplanung

## Passivsammlermessungen – NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>



-  **25** Verschiedene Standorte im Gebäude, im Pausenhof und an der B14
-  **Zweiwöchige Perioden** (mit einer Ausnahme von 1 Woche in den Ferien)
-  **4** Perioden im Sommer (29.05. bis 17.07.2017)
-  **5** Perioden im Winter (16.10. bis 18.12.2017)
-  Adsorption von NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> an Triethanolamin getränkter Oberfläche
-  Saltzman-Reaktion und Photometeranalyse

- **Ermittlung der räumlichen Verteilung der NO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Konzentrationen**
- **Abschätzung der Jahresmittelwerte durch Hochrechnung**

# Messplanung

## Mobile Messungen



**Meteorologische Parameter:** Temperatur, Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Solarstrahlung, Feuchtigkeit, Druck (Gill, Modell MaxiMet)

**Black Carbon / Ruß:** Lichtabsorption bei 880 nm (microAeth®, Modell AE51)

**Feinstaub – PM (0,3 – 10µm):** Streulichtspektrometer (Tragbares Gerät – GRIMM, Modell 1.108)

**Ultrafeine Partikel – UFP (< 0,1µm):** Condensation Particle Counter – CPC (TSI, Modell 3007)

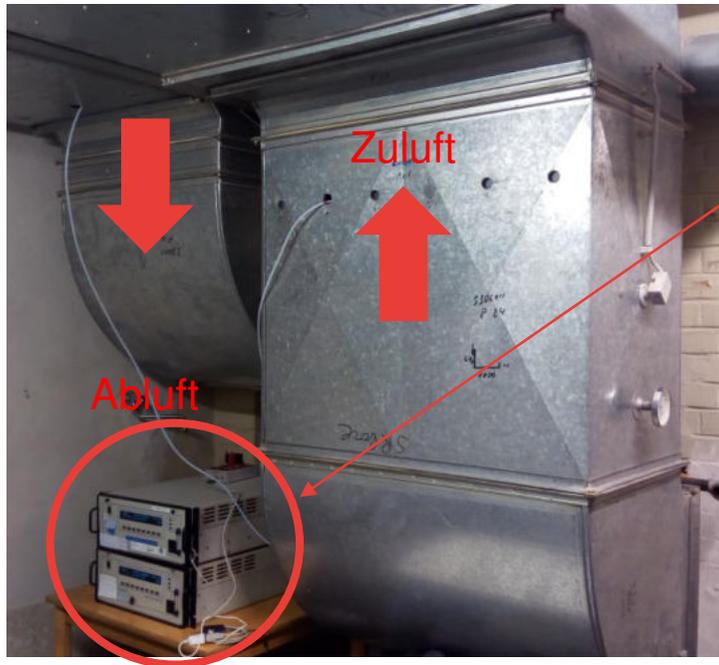
**Stickstoffoxide - NO<sub>2</sub>/NO/NO<sub>x</sub>:** DirektabSORption bei einer Wellenlänge von 405 nm (2B Technologies, Modell 405 nm)



- **Ermittlung der räumlichen Verteilung aller Luftverunreinigungen**
- **Treten Spitzenkonzentrationen auf?**

# Messplanung

## Messungen im Belüftungssystem (Zu- und Abluftkanal)



**Stickstoffoxide - NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO**  
Fa. MLU, Modell 200A

### Technische Daten

<b>Messprinzip</b>	Chemilumineszenz
<b>Konzentrationsbereich</b>	0 - 20.000 ppb
<b>Betriebstemperatur</b>	5 - 40°C
<b>Nachweisgrenze</b>	0.4 ppb
<b>Ansprechzeit</b>	20s

- **Wie hoch sind die Stickstoffoxidkonzentrationen (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO), die ins Gebäude transportiert bzw. abtransportiert werden?**

# Messplanung

Wann wurden die Messungen durchgeführt?



## Sommerperiode

4 Passivsammler-Perioden (NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>)  
29.05. – 17.07.2017

8 Tage mit mobilen Messungen  
(NO<sub>x</sub>, Feinstaub, BC/Ruß)  
19.06. – 29.06.2017



## Winterperiode

5 Passivsammler-Perioden (NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>)  
16.10. - 18.12.2017

12 Tage mit mobilen Messungen  
(NO<sub>x</sub>, Feinstaub, BC/Ruß, Ultrafeine Partikel)  
15.11. – 12.01.18

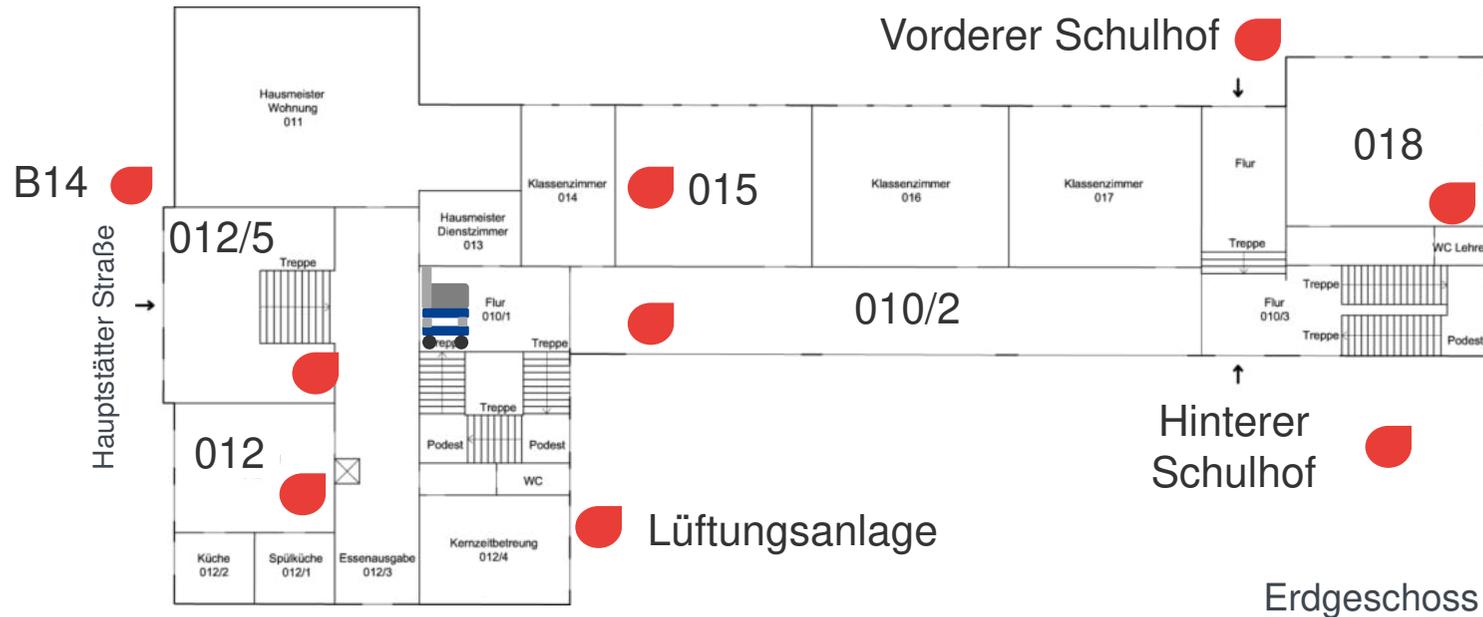
Messungen im Belüftungssystem (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO)  
08.12.2017 – 18.12.2017

# Messplanung

Wo wurden die Passivsammler- und die mobilen Messungen durchgeführt?

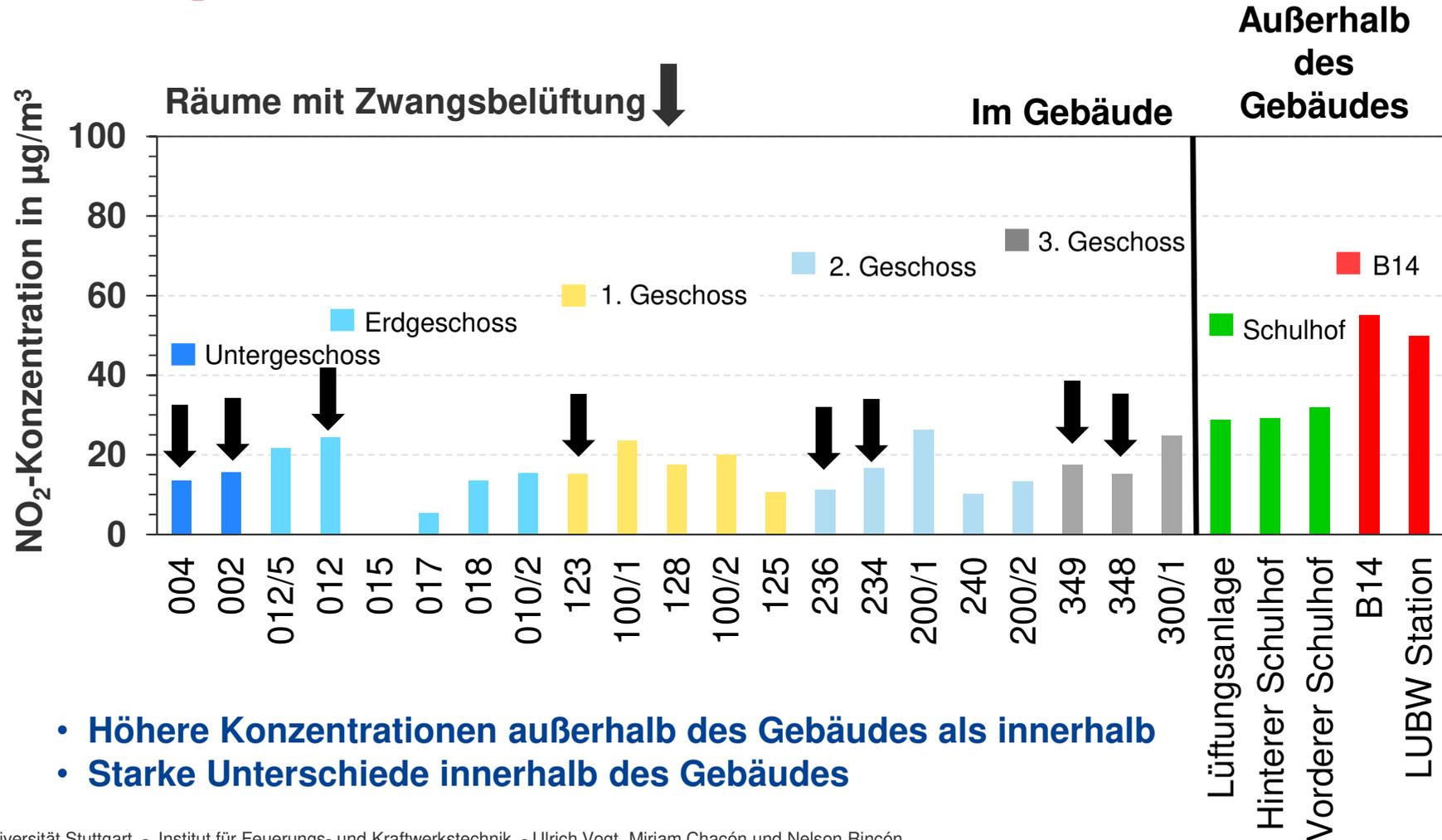
● LUBW – Messstation Hauptstätter Straße

Legende: Passivsammler ●



# Passivsammler-Messungen – Ergebnisse der Winterperiode

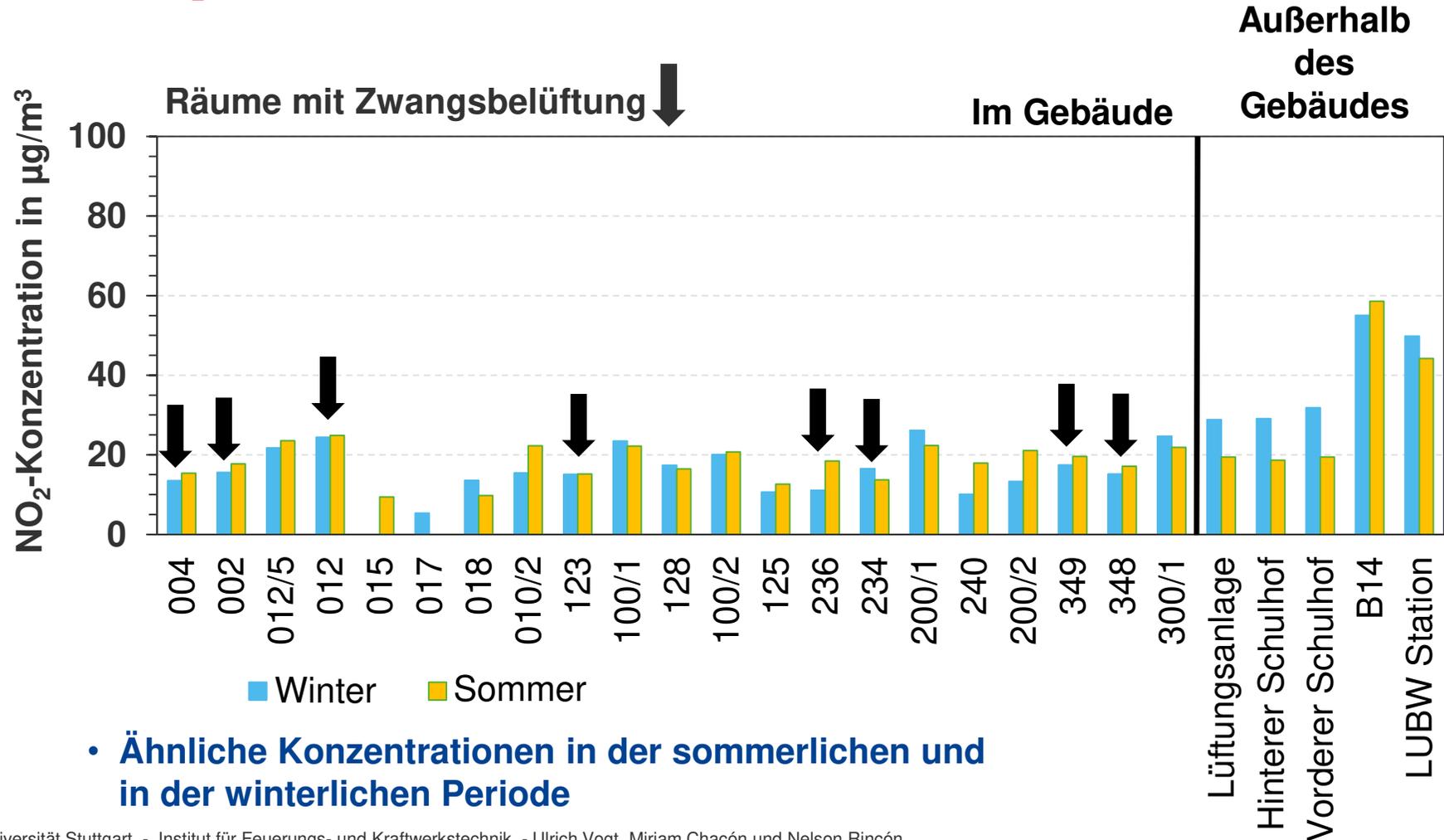
Mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration vom 16.10. bis 18.12.2017



- Höhere Konzentrationen außerhalb des Gebäudes als innerhalb
- Starke Unterschiede innerhalb des Gebäudes

# Passivsammler-Messungen – Ergebnisse der Sommer- und Winterperiode

Mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration vom 29.05. bis 17.07. und vom 16.10. bis 18.12.2017



- **Ähnliche Konzentrationen in der sommerlichen und in der winterlichen Periode**

# Passivsammler-Messungen – Abschätzung der Jahresmittelwerte

Vergleich mit fünf LUBW-Messstationen  
(Referenzmessstationen)  
in Baden-Württemberg



Stuttgart Am Neckartor



Stuttgart Arnulf-Klett-Platz



Stuttgart Hohenheimer Straße



Freiburg



Heilbronn



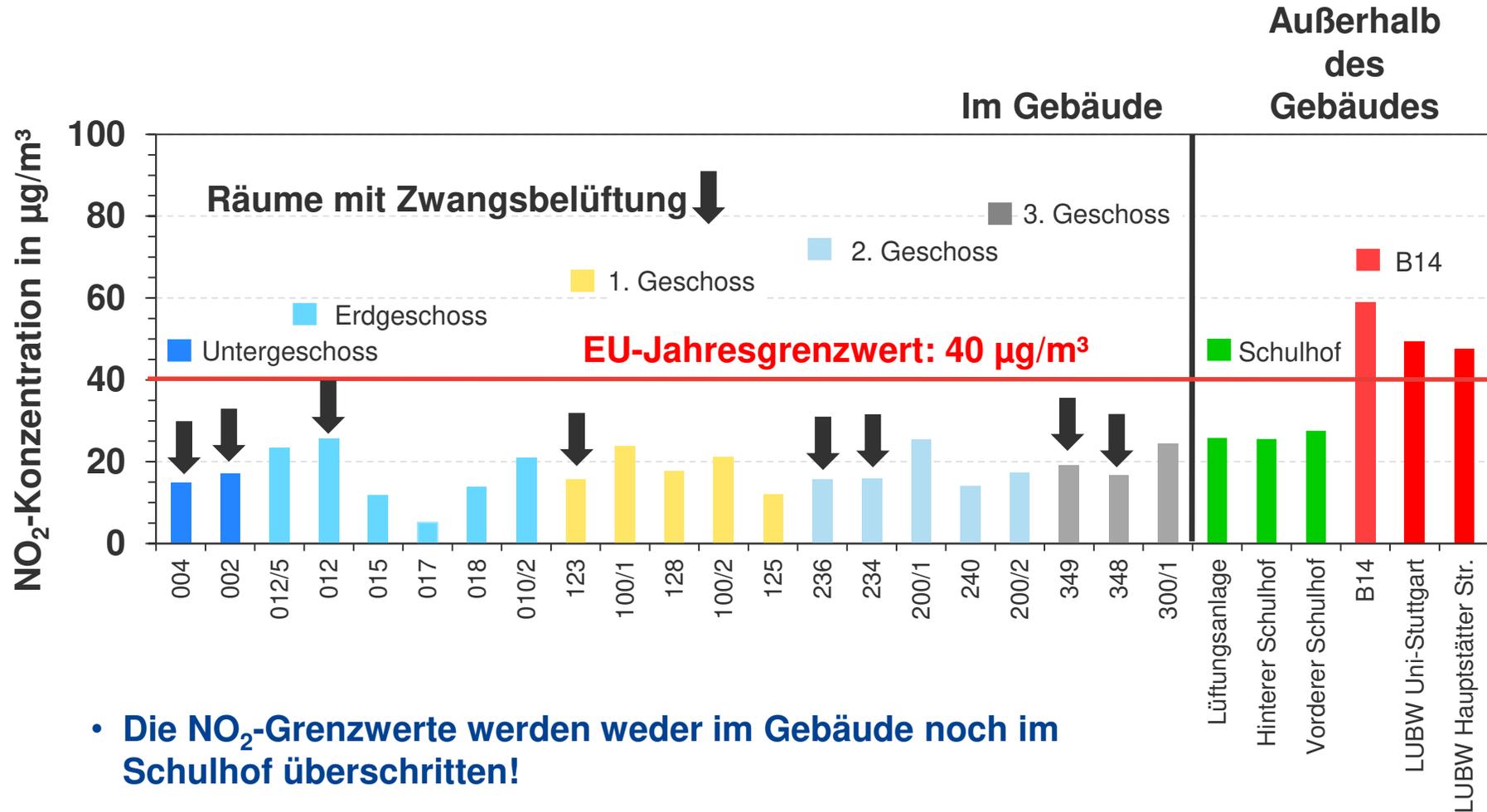
*Abgeschätzter Jahresmittelwert am Messstandort im Jahre 2017*

*Mittelwert der Konz. am Messstandort im Messzeitraum*

*Jahresmittelwert an der Referenzmessstation im Jahre 2017*  
*Mittelwert der Konz. an der Referenzmessstation im Messzeitraum*

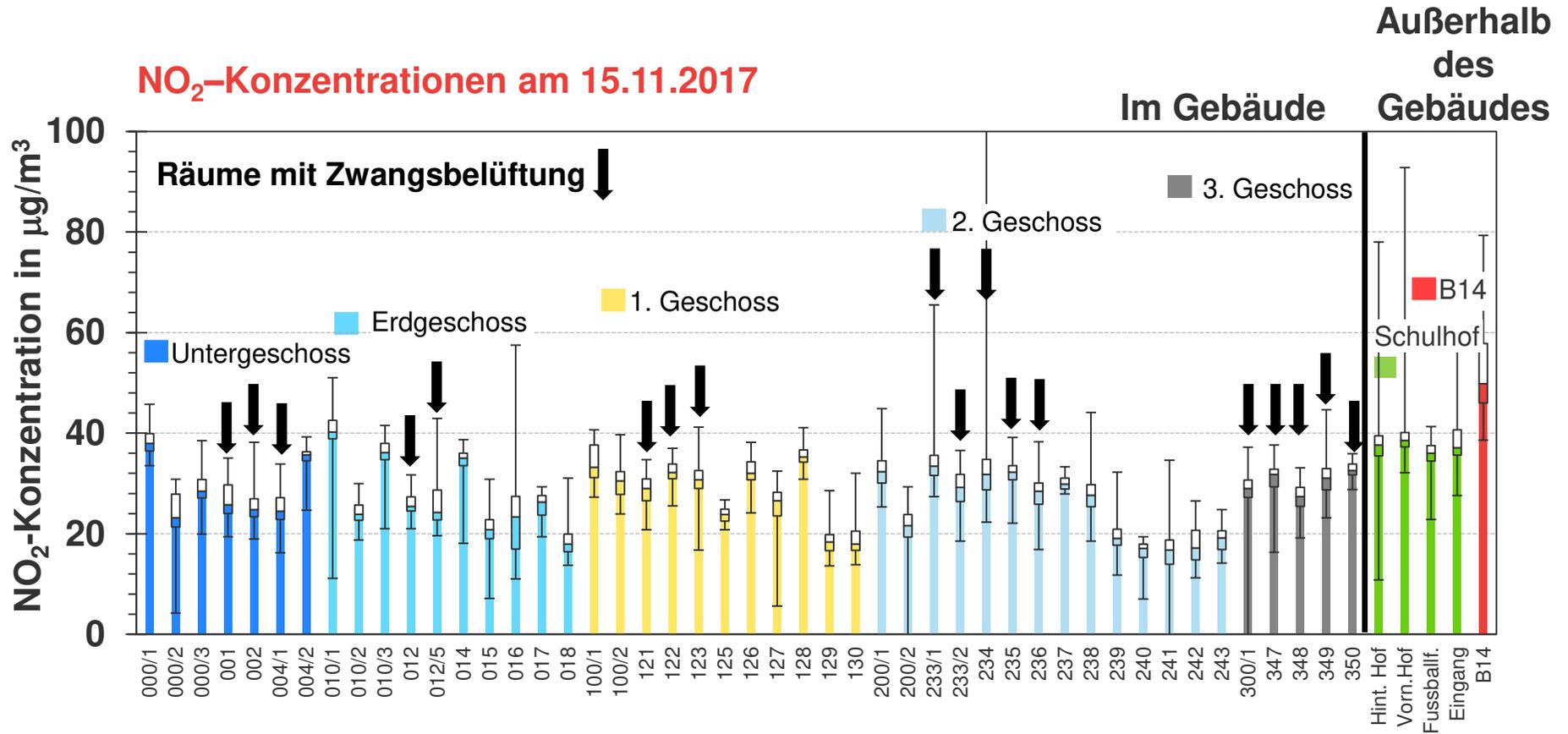
- **Anerkannte Methode zur Ermittlung von Jahreswerten aus Messungen über kürzere Messperioden (orientierende Messungen)**

# Passivsammler-Messungen – Abschätzung der Jahresmittelwerte

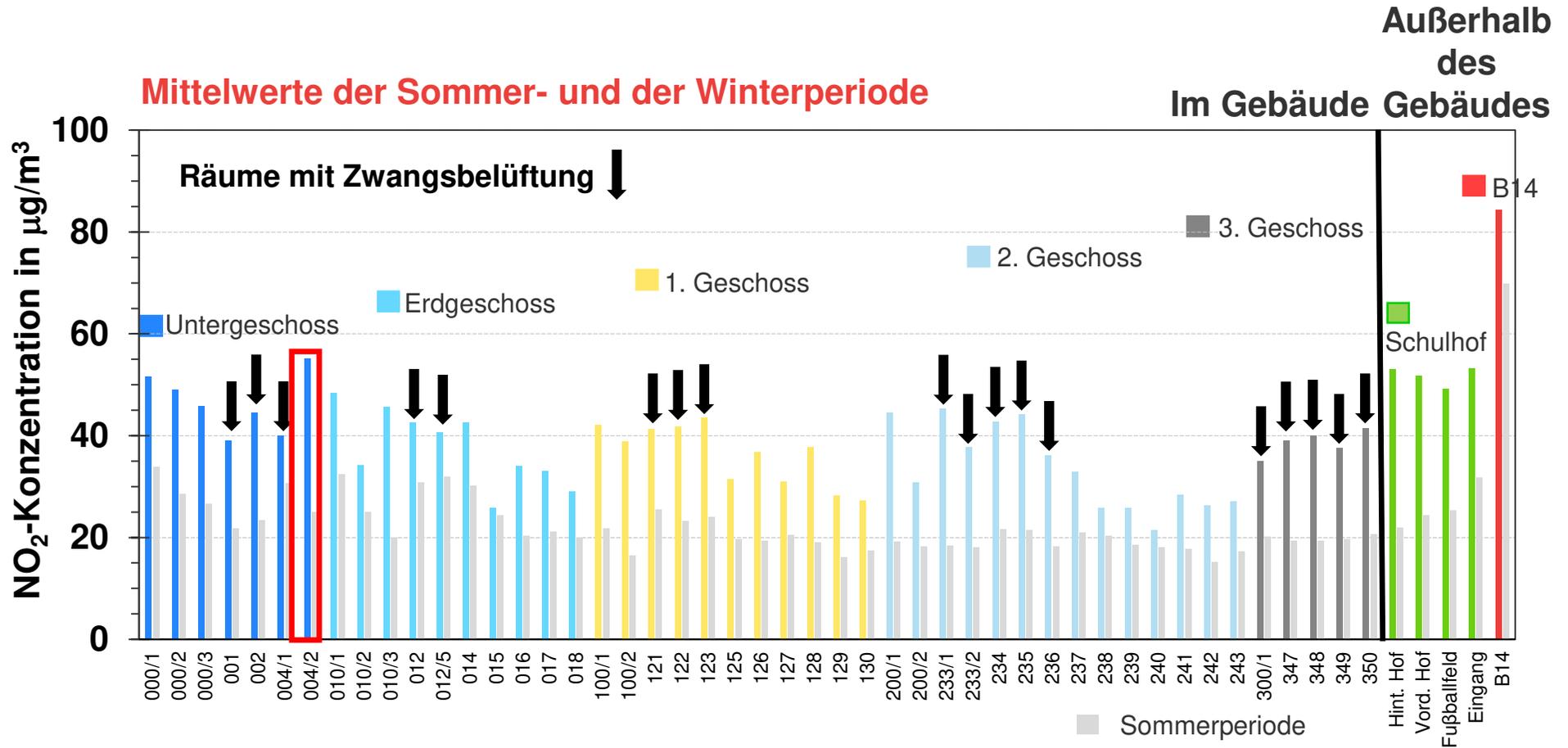


- Die NO<sub>2</sub>-Grenzwerte werden weder im Gebäude noch im Schulhof überschritten!

# Mobile Messungen – NO<sub>2</sub>-Messungen



# Mobile Messungen – NO<sub>2</sub>-Messungen



- **Höhere Konzentrationen außerhalb des Gebäudes als innerhalb**
- **Worst-Case-Messungen. Vergleich mit Jahresmittelwert ist nicht möglich**

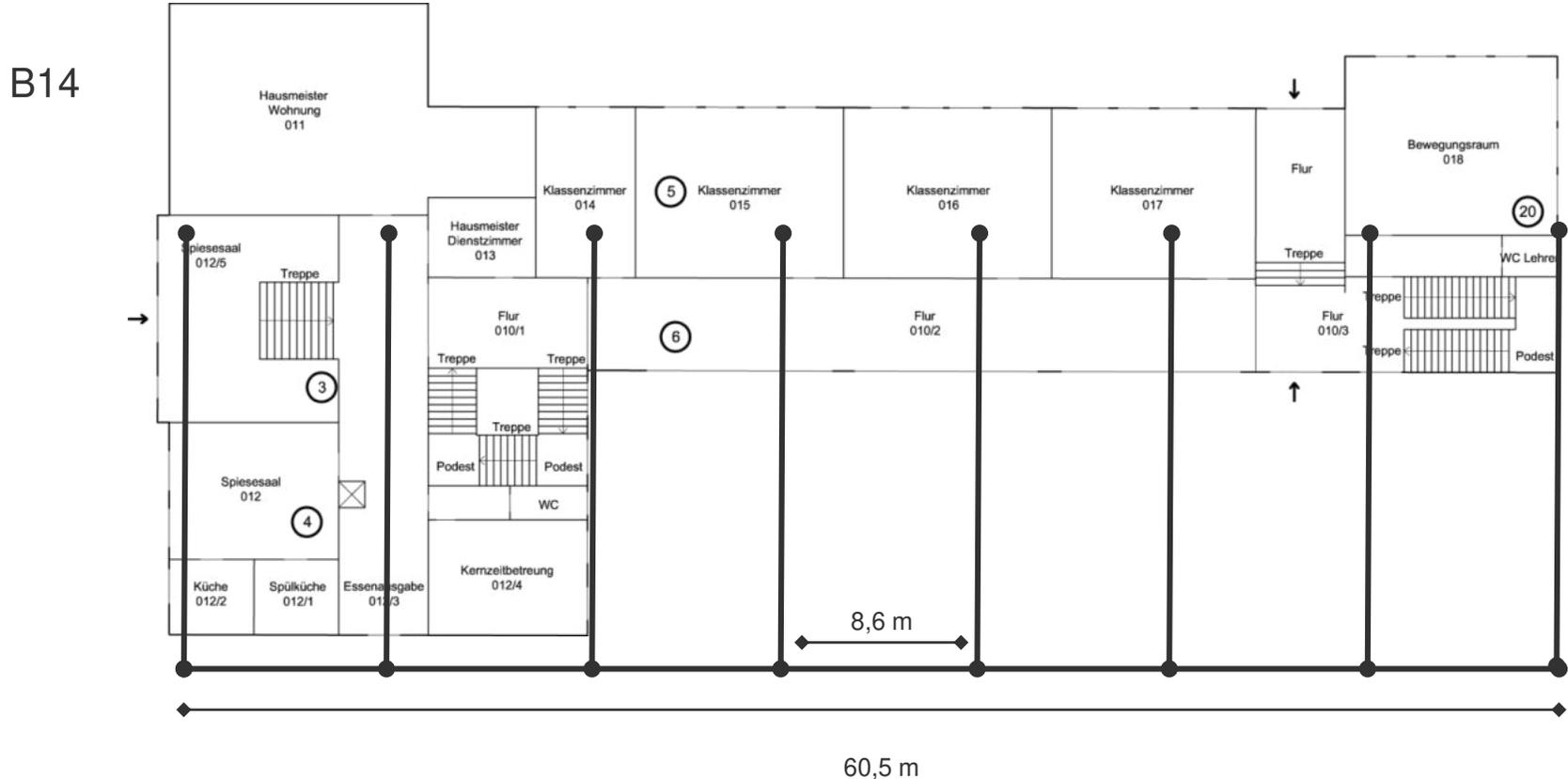
# Mobile Messungen

Räumliche Verteilung der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen: Abhängigkeit der Konzentrationen im Gebäude mit zunehmendem Abstand von der B14



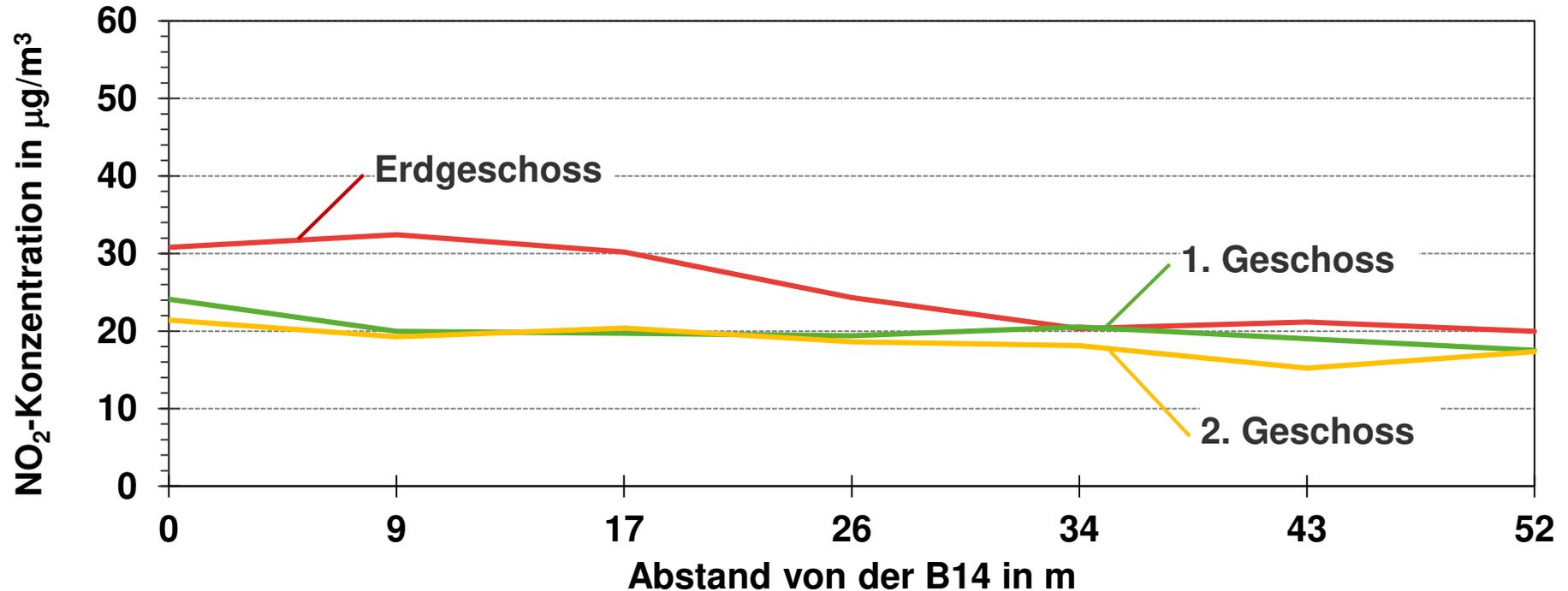
# Mobile Messungen

Räumliche Verteilung der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen: Abhängigkeit der Konzentrationen vom Abstand von der B14



# Mobile Messungen – Ergebnisse der Sommerperiode

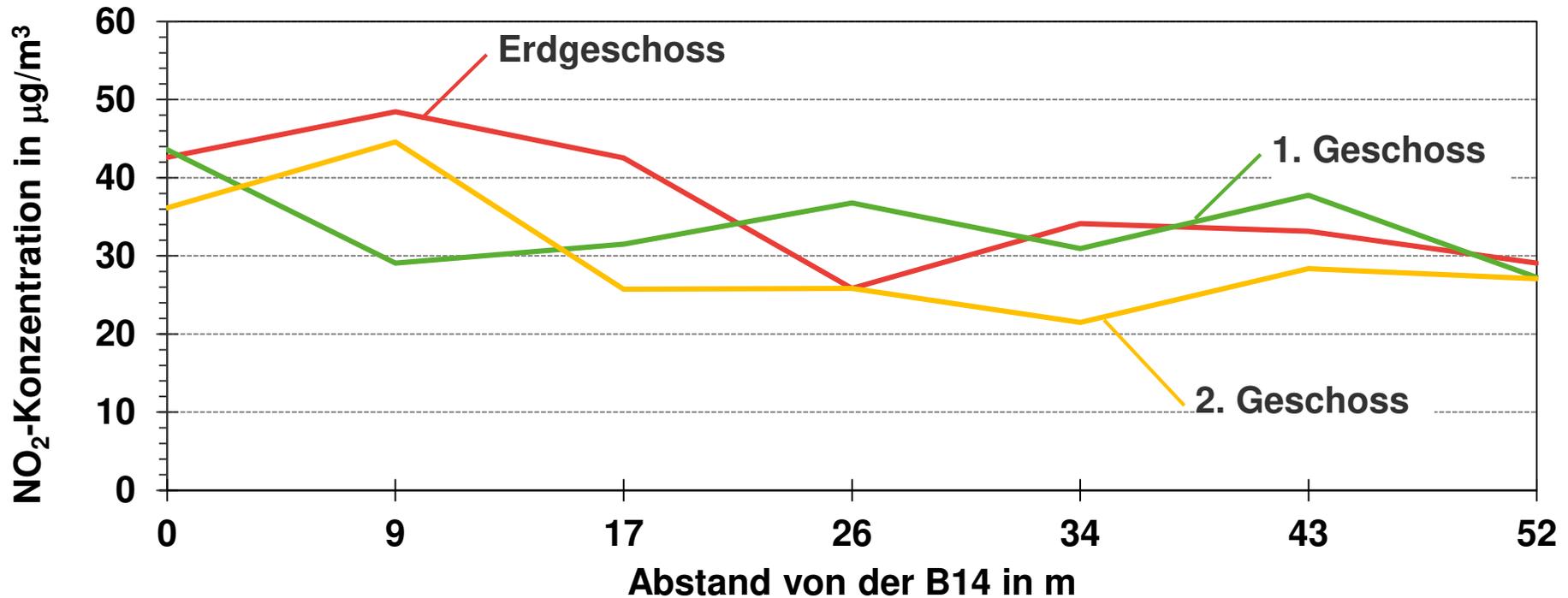
Räumliche Verteilung der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen: Abhängigkeit der Konzentrationen vom Abstand von der B14 im Erdgeschoss, im 1. und 2. Stock der Grundschule Süd



- Abnehmende Konzentrationen mit zunehmendem Abstand zur B14
- Abnehmende Konzentrationen mit zunehmender Höhe

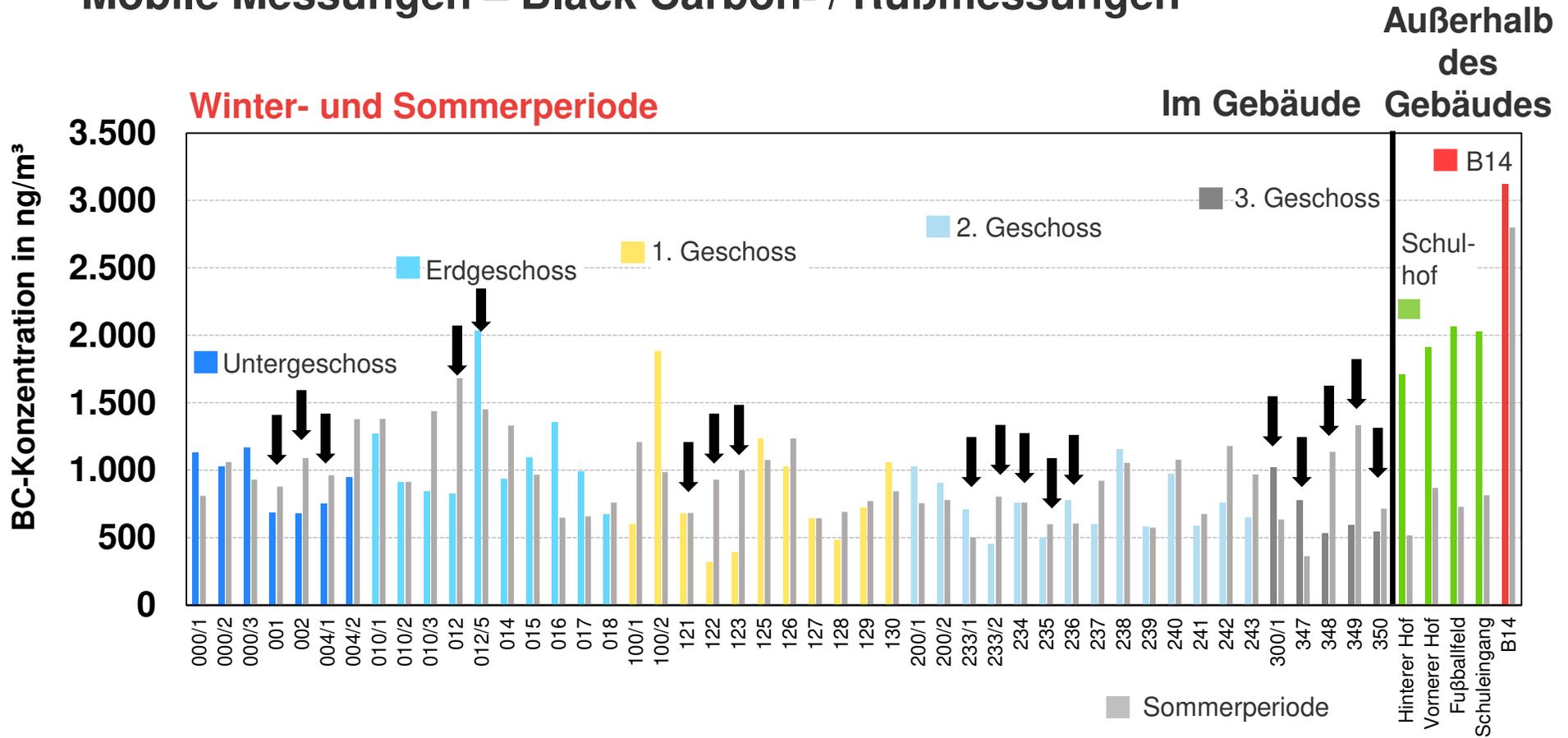
# Mobile Messungen – Ergebnisse der Winterperiode

Räumliche Verteilung der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen: Abhängigkeit der Konzentrationen vom Abstand von der B14 im Erdgeschoss, im 1. und 2. Stock der Grundschule Süd



- Abnehmende Konzentrationen mit zunehmendem Abstand zur B14
- Abnehmende Konzentrationen mit zunehmender Höhe

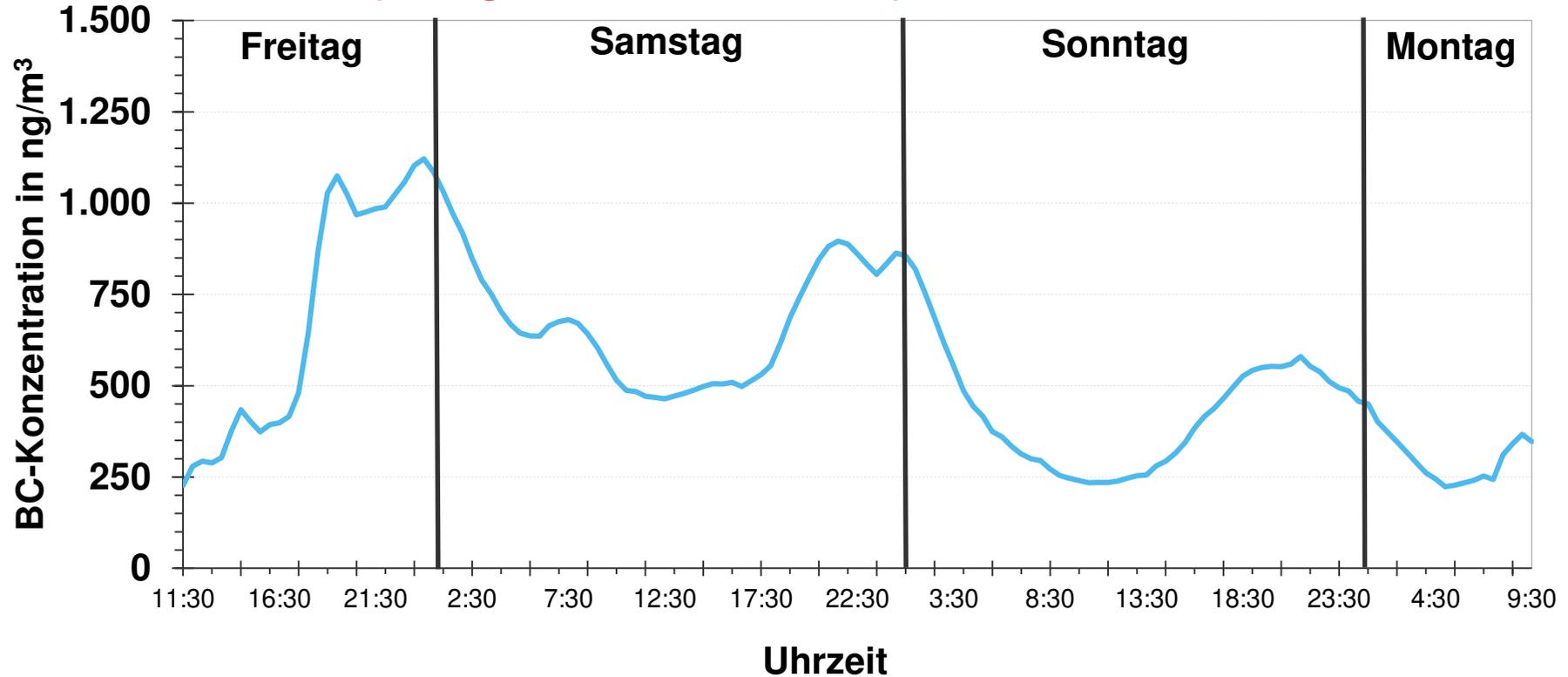
# Mobile Messungen – Black Carbon- / Rußmessungen



- Höhere Ruß-Konzentrationen außerhalb des Gebäude als im Gebäude
- Trend zu niedrigeren Konzentrationen in höheren Stockwerken

# Mobile Messungen – Ergebnisse der Winterperiode

**Black Carbon- / Rußmessungen vom 15.12. bis 18.12.2017**  
**Raum 002 (Untergeschoss, Straßenseite)**



- Rußkonzentration weist einen Tagesgang auf, obwohl Lüftung abgestellt ist!
- Undichte Fenster? Außenluftkonzentrationen bestimmen die Innenraumkonzentrationen

# Versuche mit Nebelmaschine

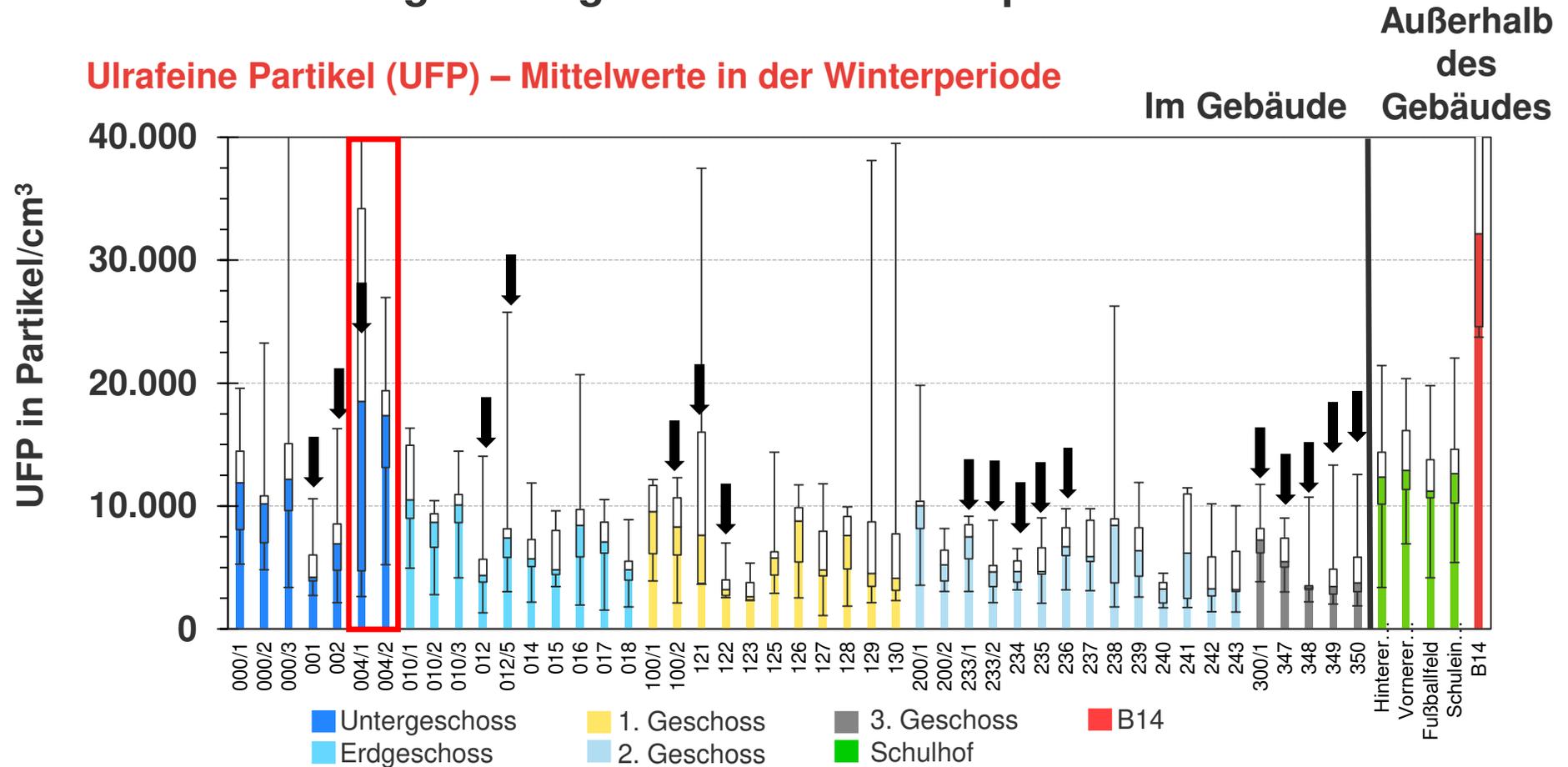


## Erkenntnisse:

- Lüftungsanlage erzeugt leichten Unterdruck in den Klassenzimmern
- Fenster weisen Undichtigkeiten auf
- Luftverunreinigungen von der B14 können in die Klassenzimmer gelangen

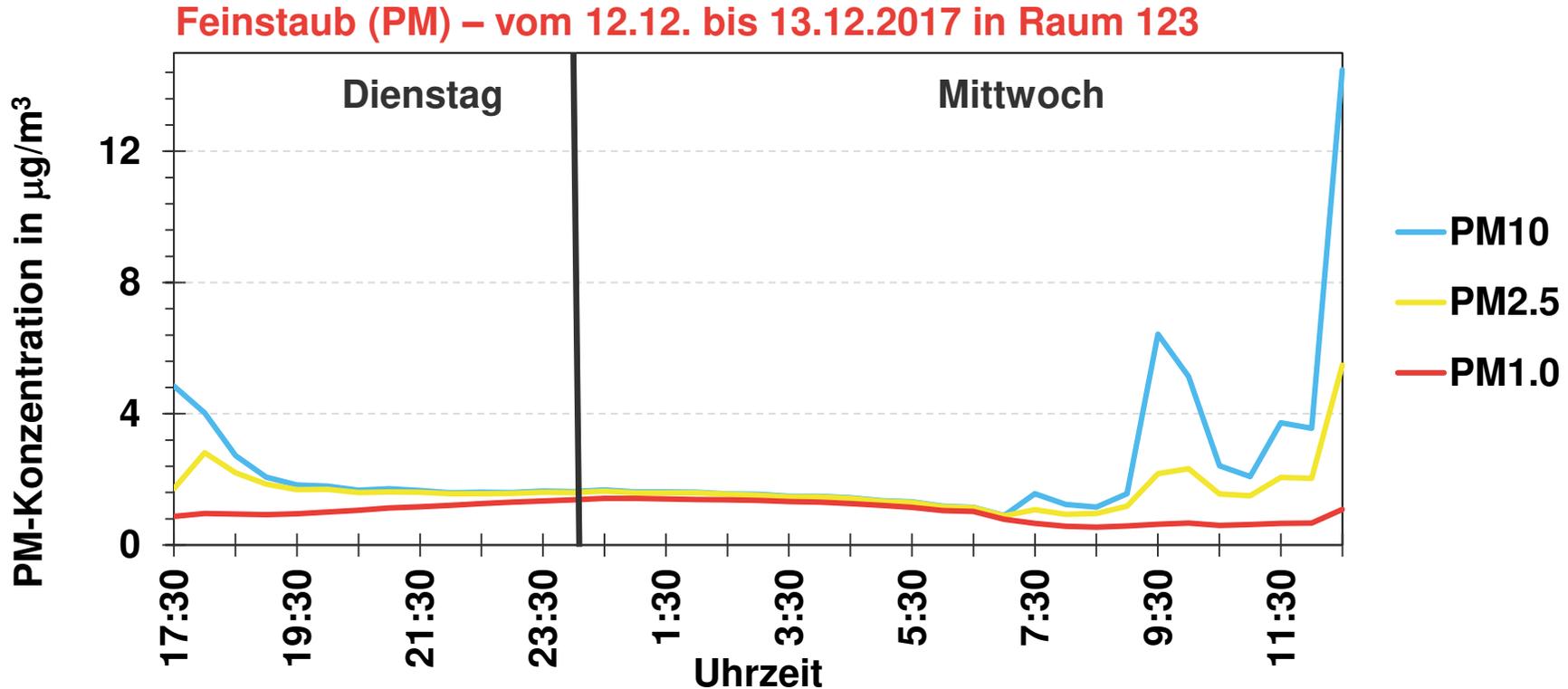
# Mobile Messungen – Ergebnisse der Winterperiode

## Ultrafeine Partikel (UFP) – Mittelwerte in der Winterperiode



- **Höhere Konzentrationen außerhalb des Gebäudes als im Gebäude**
- **Abnehmende Konzentrationen mit der Höhe**

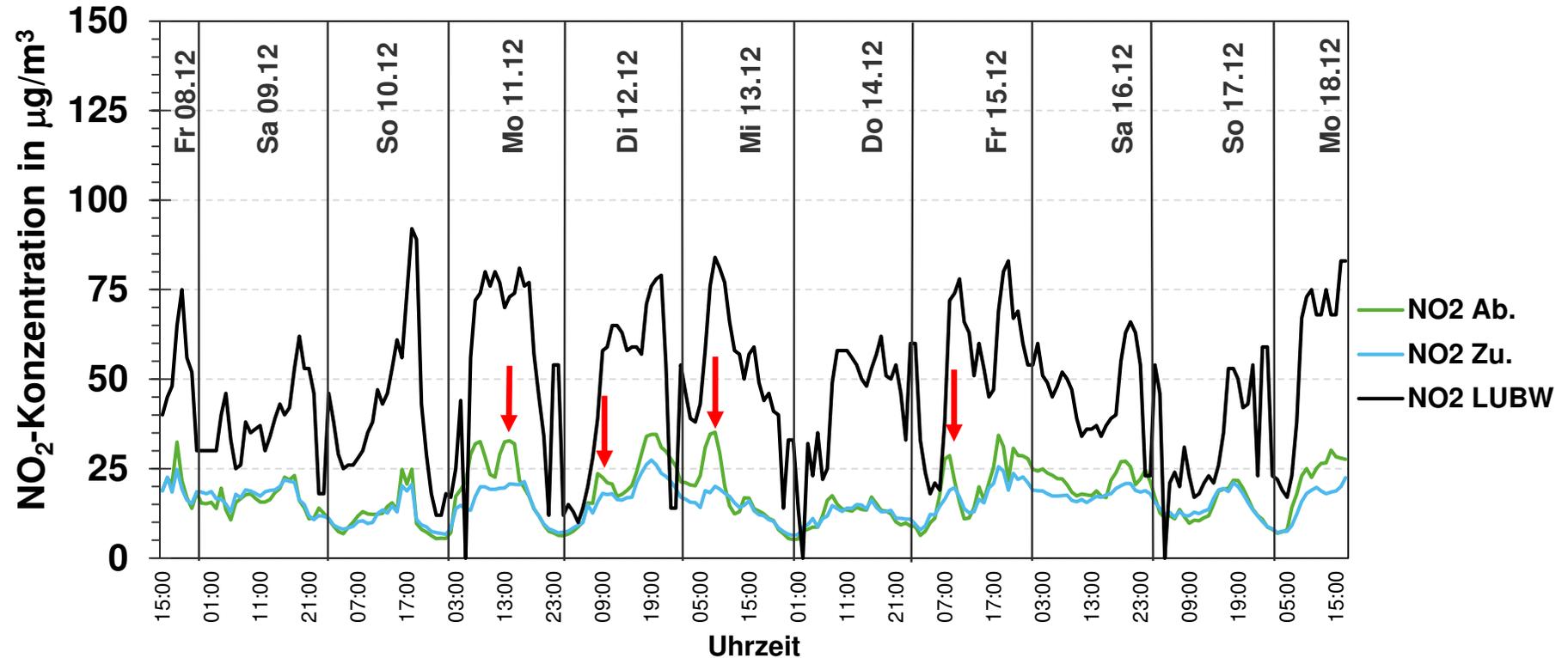
# Mobile Messungen – Feinstaubmessungen in der Winterperiode



- **Tagsüber: Aufwirbelung von Feinstaub durch Schüler und Lehrpersonal**
- **Nachts: Sedimentierbarer Staub (1 – 10 $\mu\text{m}$ ) sinkt zu Boden**

# Belüftungssystem – Messungen in der Winterperiode

**NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Zu- und Abluft des Belüftungssystems 08.12. - 18.12.2017**



- **Ansaugung von NO<sub>2</sub> über die Lüftungsanlage**
- **Erhöhte NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Abluft**  
-> **Ansaugung über undichte Fenster bei belüfteten Klassenzimmern**

# Schlussfolgerungen

- Es konnten **keine Grenzwertüberschreitungen** im Schulgebäude und auf dem Schulgelände festgestellt werden!
- Die Konzentrationen im Gebäude sind im Allgemeinen geringer als außerhalb des Gebäudes. Sie sind sehr viel geringer als an der stark befahrenen Bundesstraße B14. Ausgenommen hiervon ist Feinstaub, der im Gebäude während des Schulbetriebs sehr stark aufgewirbelt wird.
- Es wurde eine abnehmende Tendenz der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Gebäude mit Abstand von der Bundesstraße B14 festgestellt.
- Es wurde eine abnehmende Tendenz der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit der Höhe in Räumen ohne Zwangsbelüftung festgestellt.
- Der Tagesgang der Außenluft-Konzentrationen beeinflusst die Innenraum-Konzentrationen.
- Vermutlich gelangen Luftverunreinigungen über undichte Fenster an der Straßenseite zur B14 in die dort liegenden Räume.
- Ein Teil der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen gelangt über die Lüftungsanlage ins Gebäude.

# Empfehlungen

- Fenster zur B14 hin sollten unbedingt verschlossen bleiben.
- Die Fenster zur Bundesstraße B14 sollten auf Dichtheit überprüft werden; u.U. Einbau von Dichtungen oder ggf. Austausch der Fenster.
- Überprüfung der Lüftungsanlage:
  - Ziel: Optimierung der Anlage und der Einstellungen.
  - Überprüfung des Lüftungsprogramms. Evtl. Änderung der Lüftungszeiten.
  - Prüfung des Einbaus von Filtern zur Reduktion der Stickstoffoxide.
- Bewusstseinsbildung:
  - Schüler sollten den Schulweg, wenn möglich, zu Fuß zurück legen und nicht einzeln per PKW zur Schule gebracht und abgeholt werden, welche u.U. Staus vor dem Schulgebäude und vermeidbare zusätzliche Emissionen verursachen.

## **Abschlussbericht:**

[https://www.ifk.uni-stuttgart.de/forschung/rauchgasreinigung-und-luftreinhaltung/forschungsberichte/get/Finale\\_Version\\_Bericht-Roemerschule\\_auf\\_Deutsch4.pdf](https://www.ifk.uni-stuttgart.de/forschung/rauchgasreinigung-und-luftreinhaltung/forschungsberichte/get/Finale_Version_Bericht-Roemerschule_auf_Deutsch4.pdf)

# Nach Abschluss der Messungen

Startseite > Stuttgart > Experten raten, Fenster geschlossen zu halten

Luftschadstoffmessungen an Stuttgarter Grundschule

## Experten raten, Fenster geschlossen zu halten

08.02.2018 - 16:48 Uhr



In den Räumen der Römerschule im Stuttgarter Süden ist die Luftqualität nicht gesundheitsgefährdend. Das besagt das vorläufige Ergebnis von Messungen in Klassenzimmern. Foto: Lichtgut/Achim Zweggarth

**In der Stuttgarter Römerschule wurden Stickstoffdioxid-Werte gemessen. Diese liegen zwar unter dem erlaubten Höchstwert, die Klassenzimmer sind aber dennoch kein Reinluftgebiet.**



Universität Stuttgart



**Vielen Dank!**



**Miriam Chacón Mateos, Nelson Rincón Soto**

**Betreuer: Dr.-Ing. Ulrich Vogt**

e-mail [Ulrich.Vogt@ifk.uni-stuttgart.de](mailto:Ulrich.Vogt@ifk.uni-stuttgart.de)

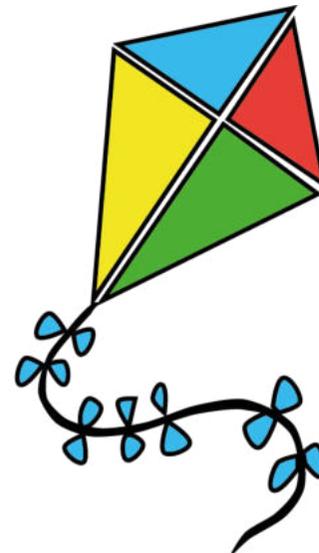


Universität Stuttgart

Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik

Pfaffenwaldring 23 • 70569 Stuttgart • Germany

Tel.: +49 711 685 63489



---

---

**THE RÖMERSCHULE PROJECT**

In- and outdoor air quality measurements

---