

# WaBoLu 2023

Messgenauigkeit von kommerziellen  
CO<sub>2</sub>-Messgeräten

**Technik & Architektur**  
26. Mai 2023

FH Zentralschweiz



# **Inhalt**

- About Me
- Vorstellung Institut für Gebäudetechnik (IGE)
- Methodik
- Ausgewählte Ergebnisse
- Haupterkenntnisse

## About Me

Name: Dave Morgenthaler

Werdegang:

2011 – 2015 Lehre als Gebäudetechnikplaner Heizung

2015 – 2016 Militärdienst

2016 – 2017 Sachbearbeiter Planung HLKS / Technische Berufsmatura

2018 – 2021 Hochschule Luzern, Bachelor of Science in Gebäudetechnik HLKS

2020 – 2021 Hilfsassistent an der Hochschule Luzern – Technik und Architektur

Seit 2021 Hochschule Luzern, Master of Science in Engineering  
with Specialization in Building Technologies

Masterassistent an der Hochschule Luzern – Technik und Architektur



# Vorstellung Institut für Gebäudetechnik



Simulation & Analyse von  
Gebäuden & Arealen



Licht, Automation und  
elektrische Systeme



Nachhaltiges Bauen  
und Erneuern



Gesundheit  
und Hygiene



Qualität in  
Planung und Bau



Labor Gebäudetechnik

# Forschungsgruppe Gesundheit und Hygiene

## Dienstleistung im Bereich Trinkwasser-Hygiene

Kontaktperson: Franziska Rölli

- Fachreferate und Weiterbildungsangebote
- Erstellung von Gutachten und Expertisen
- Auftragsmessungen zur Wirksamkeitsprüfung, im Rahmen von Produktentwicklungen und - optimierungen, sowie bei Problemfällen



## Dienstleistung im Bereich Luft-Hygiene

Kontaktperson: Benoit Sicre

- Gutachten und Expertisen
- hygienische Untersuchungen
- Umfragen und Studien
- (z. B. eine Messkampagne zur Sensibilisierung der Schulen zum Thema Innenraumluftqualität)



## Methodik

- CO<sub>2</sub>-Messwertgeber werden verstärkt für die Kontrolle des Luftaustausches und der Abfuhr von Schadstoffen eingesetzt, auch ausserhalb von Corona.
- In früheren Untersuchungen wurde eine hohe Streuung bei CO<sub>2</sub>-Messwertegebern festgestellt.
- 13 CO<sub>2</sub>-Messgerätetypen und sofern möglich immer 3 Stück untersucht («Modellstreuung») .
- Zwei Messreihen:
  - Vergleichsmessung von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Geräte mit Labor-Referenzmessgerät
  - Vergleichsmessung von Temperatur und Feuchte bei verschiedenen Arbeitspunkten in einem Klimaschrank und Untersuchung deren Querempfindlichkeit hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Angabe
- Beurteilung: gemäss der Norm SN EN 50543:2011 (CO<sub>2</sub>) und Norm SN EN 12599:2013 (Temp, r.F.).

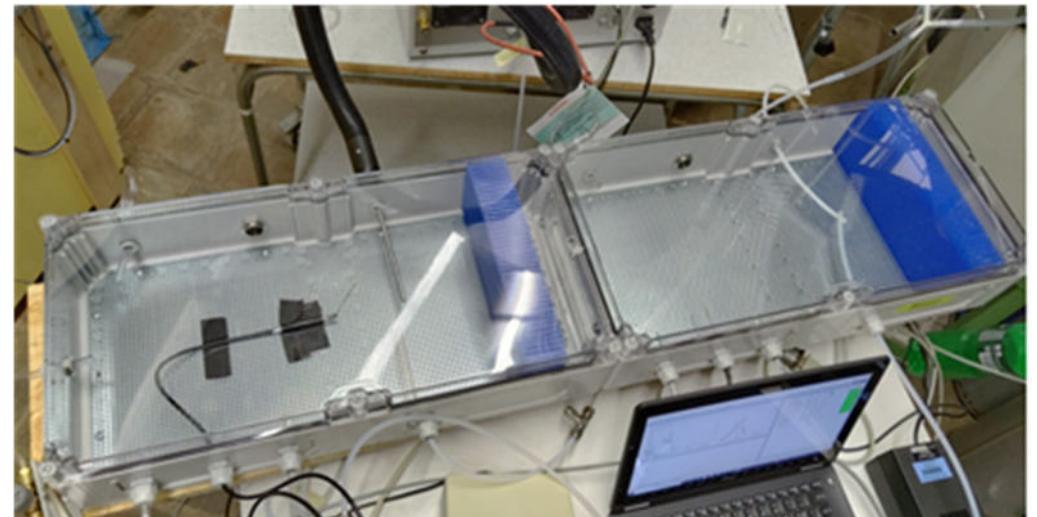
# **Methodik**

- Untersuchte Messprinzipien:
  - MOS VOC / CO<sub>2</sub> (metal oxide semiconductor – MOS)
  - Single Beam NDIR
  - Dual Beam NDIR
  - Fotoakustischer Wandler (Photoacoustic sensor technology PAS)

# Methodik

## Untersuchte Messpunkte:

- Wahl der CO<sub>2</sub>-Konzentration gemäss SN EN 50543
- CO<sub>2</sub>-Konzentration in einer Box mit Kalibrationsgas
  - 400ppm
  - 1000ppm
  - 1500ppm
  - 2000ppm
- Temperatur- und Feuchteempfindlichkeit
  - Temperaturen: 10°C, 20°C, 30°C, 40°C
  - Feuchten: 25% r.F., 40% r.F., 55% r.F., 75% r.F.



# Methodik

- Messunsicherheit für CO<sub>2</sub> gemäss SN EN 50543

Tabelle 1 – Anforderungen an Messbereich, Auflösung, Genauigkeit und Einstellzeit

Messgröße	Messbereich ppm	Auflösung	Genauigkeit	Einstellzeit ( $t_{90}$ )
CO	0 – 100	1 ppm	$\pm 3$ ppm ( $\leq 20$ ppm) $\pm 5$ ppm ( $> 20$ ppm)	$\leq 50$ s Pumpenbetrieb $\leq 120$ s Diffusionsbetrieb
CO <sub>2</sub> (niedrig)	0 – 6 000	50 ppm	$\pm 10$ % der Anzeige oder $\pm 5$ % des Messbereichs, es gilt der jeweils größere Wert	$\leq 50$ s Pumpenbetrieb $\leq 120$ s Diffusionsbetrieb
CO <sub>2</sub> (hoch)	> 6 000	100 ppm	$\pm 10$ % der Anzeige oder $\pm 5$ % des Messbereichs, es gilt der jeweils kleinere Wert	$\leq 50$ s Pumpenbetrieb $\leq 120$ s Diffusionsbetrieb

Abbildung 11: Auszug Tabelle 1 aus EN Norm EN 50543 (Schweizer Norm SN, EN 50543, 2011)

## Methodik

- Messunsicherheit für Temperatur und Feuchte gemäss EN12599

**Tabelle 3 — Zulässige Unsicherheiten der Messung**

Messgrößen	Messunsicherheit <sup>a</sup>
Luftvolumenstrom, je Einzelraum	± 15 %
Luftvolumenstrom, je Anlage	± 10 %
Zulufttemperatur	± 2 °C
Relative Feuchte (en: relative humidity, RH)	± 15 % RH
Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich	± 0,05 m/s
Lufttemperatur im Aufenthaltsbereich	± 1,5 °C
A-bewerteter Schalldruckpegel im Raum	± 3 dBA

<sup>a</sup> Diese Europäische Norm legt keine Abweichungen für die Auslegungswerte fest. Das Ergebnis wird akzeptiert, wenn der Auslegungswert im Bereich der Messunsicherheit liegt.

**Abbildung 12: Auszug Tabelle 3 aus SN EN 12599:2012 (Schweizer Norm SN, EN12599:2012, 2013)**

## Methodik

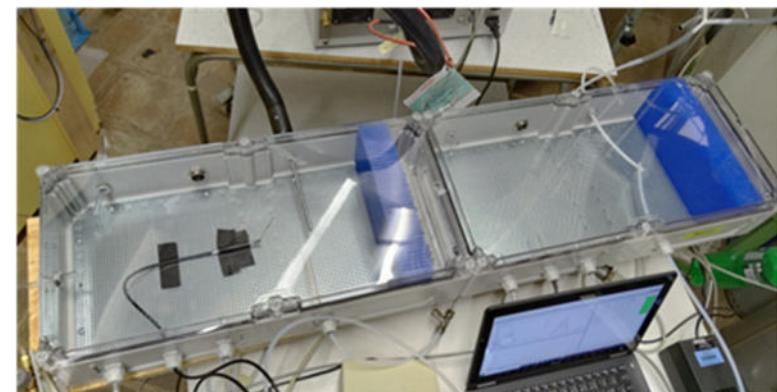
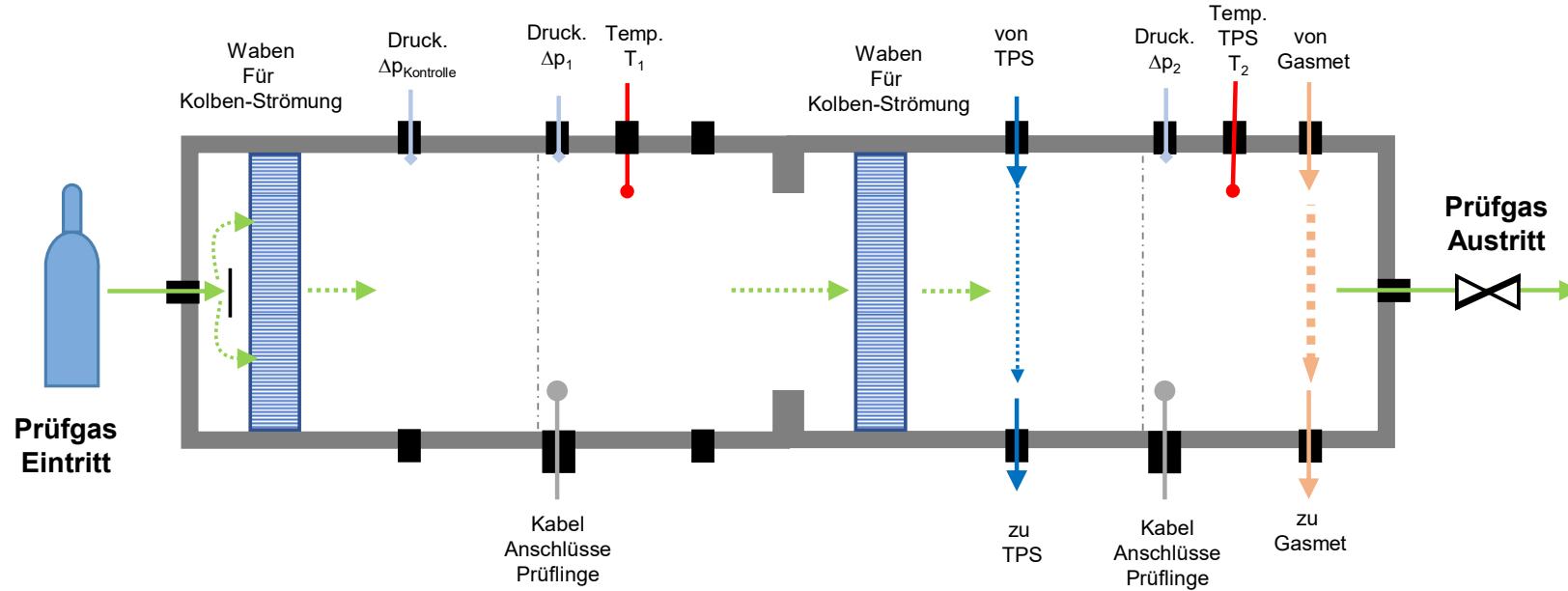
- Verschiedene Messunsicherheiten der Hersteller (MW = Messwert)

[ppm]	$\pm 50\text{ppm} + 5\% \text{ v. MW}$	$\pm 30\text{ppm} + 3\% \text{ v. MW}$	$\pm 75\text{ppm} + 5\% \text{ v. MW}$	$10\% \text{ v. MW}$
400	$\pm 70 \text{ ppm}$	$\pm 42 \text{ ppm}$	$\pm 95 \text{ ppm}$	$\pm 40 \text{ ppm}$
1000	$\pm 100 \text{ ppm}$	$\pm 60 \text{ ppm}$	$\pm 125 \text{ ppm}$	$\pm 100 \text{ ppm}$
1500	$\pm 125 \text{ ppm}$	$\pm 75 \text{ ppm}$	$\pm 150 \text{ ppm}$	$\pm 150 \text{ ppm}$
2000	$\pm 150 \text{ ppm}$	$\pm 90 \text{ ppm}$	$\pm 175 \text{ ppm}$	$\pm 200 \text{ ppm}$

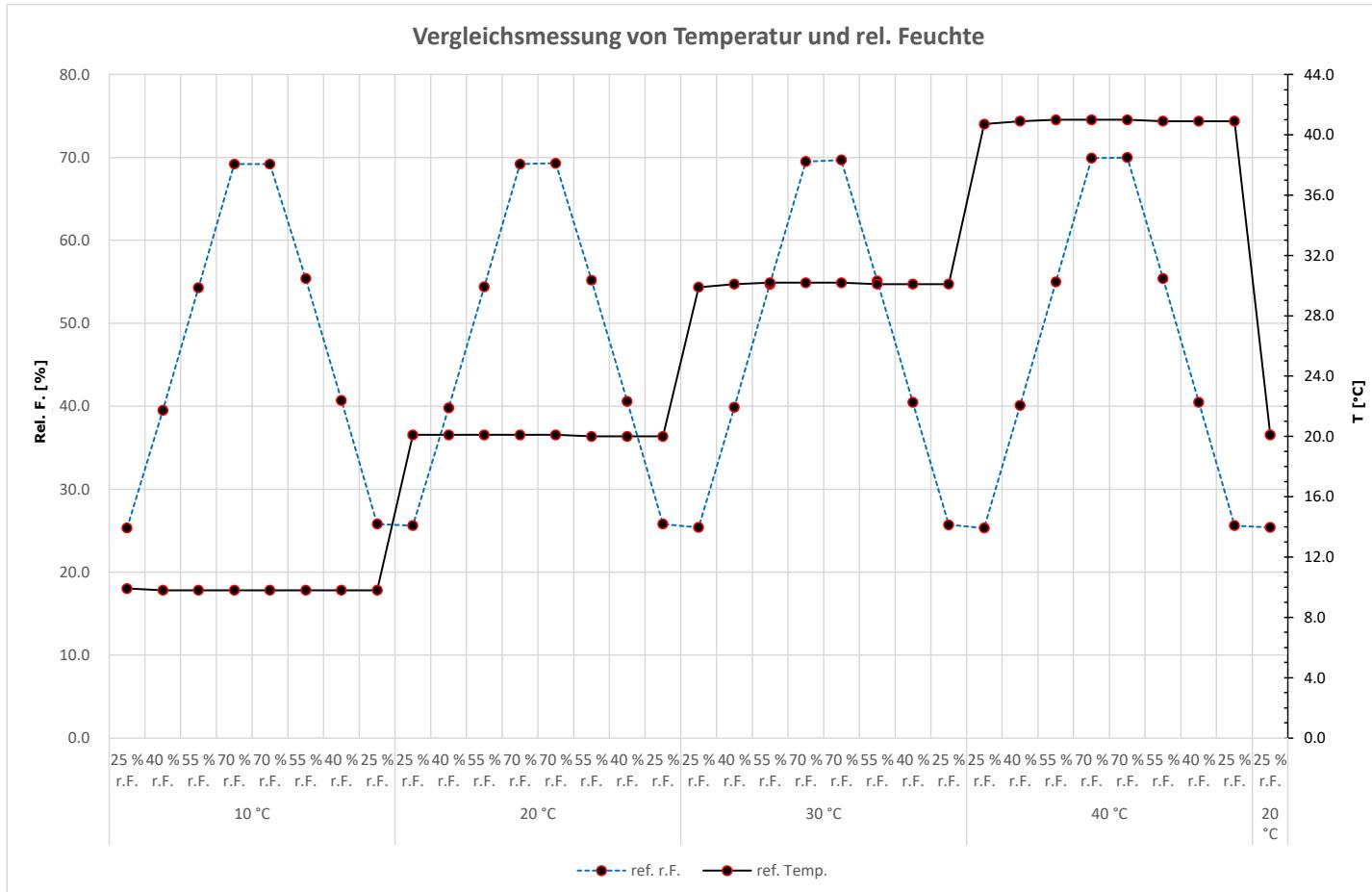
[°C]	$\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
10	$\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
20	$\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
30	$\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
40	$\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

[% rF]	$\pm 5\% \text{ v. MW}$	$\pm (3 \% \text{ rF} + 5\%) \text{ v. MW}$	$\pm 9\% \text{ rF}$	$15\% \text{ rF}$
25	$\pm 1.3\% \text{ rF}$	$\pm 4.3\% \text{ rF}$	$\pm 9\% \text{ rF}$	$\pm 15\% \text{ rF}$
40	$\pm 2.0\% \text{ rF}$	$\pm 5.0\% \text{ rF}$	$\pm 9\% \text{ rF}$	$\pm 15\% \text{ rF}$
55	$\pm 2.8\% \text{ rF}$	$\pm 5.8\% \text{ rF}$	$\pm 9\% \text{ rF}$	$\pm 15\% \text{ rF}$
70	$\pm 3.5\% \text{ rF}$	$\pm 6.5\% \text{ rF}$	$\pm 9\% \text{ rF}$	$\pm 15\% \text{ rF}$

# Methodik

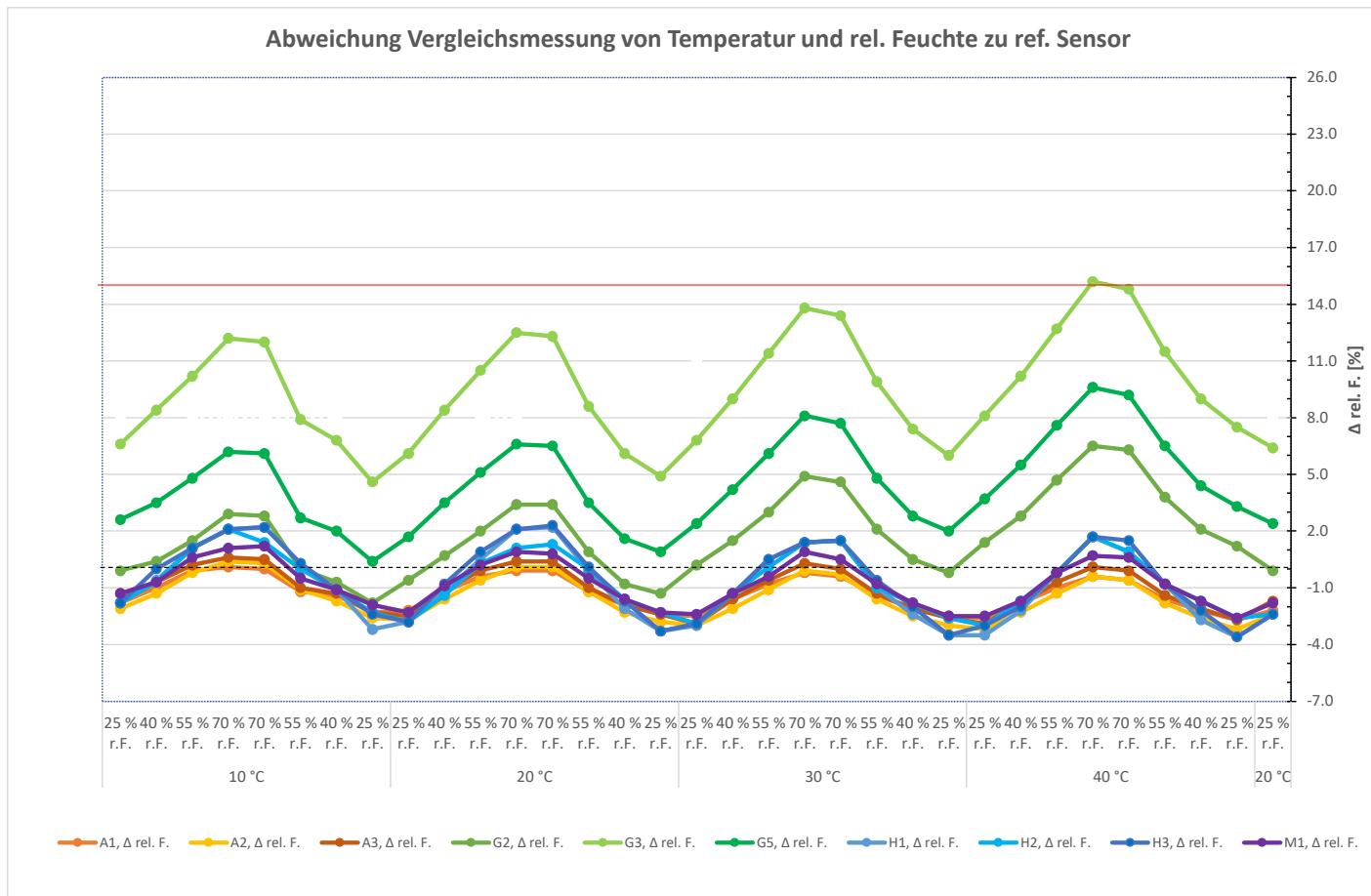


# Methodik



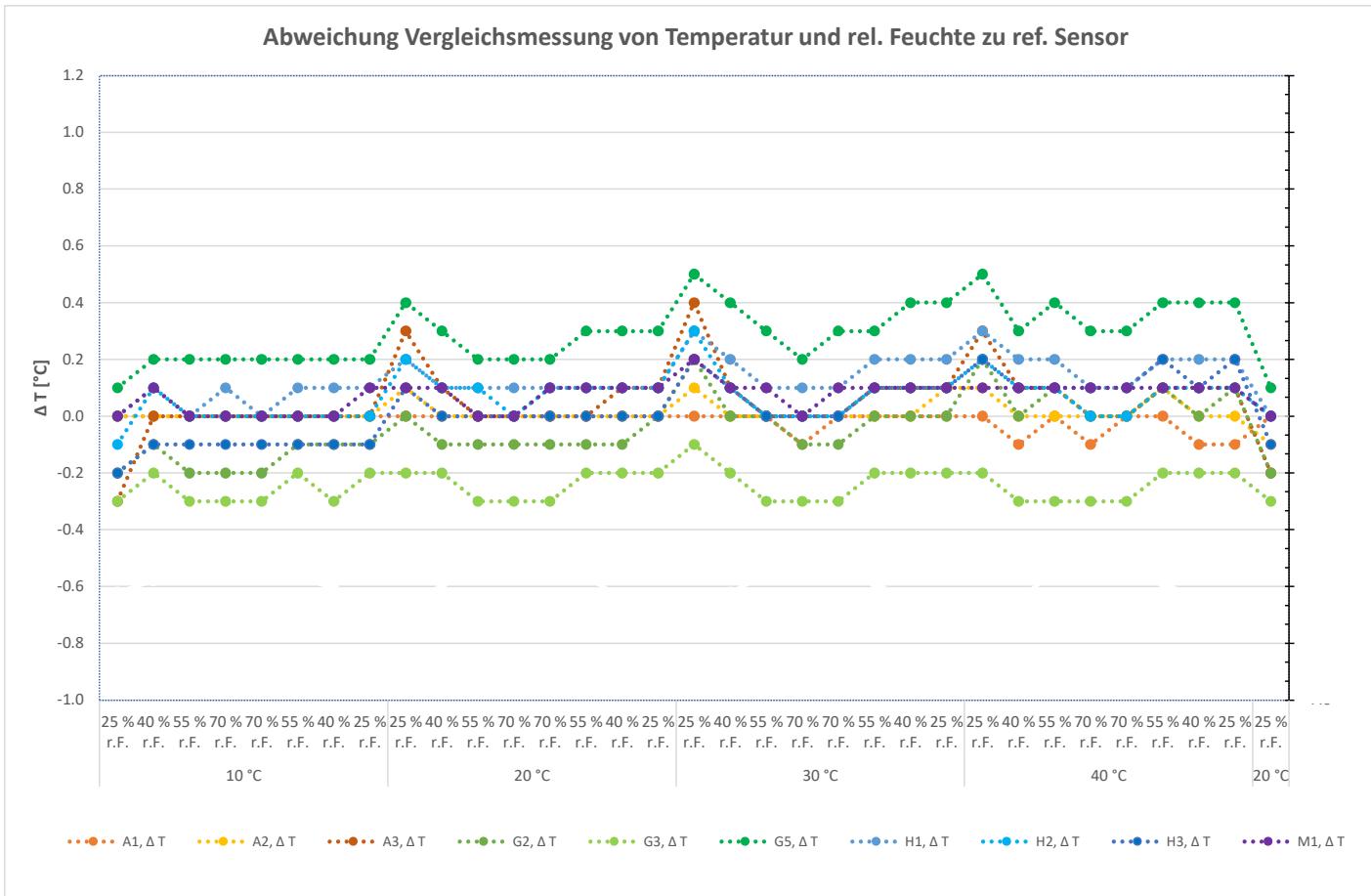
## Ausgewählte Ergebnisse

## Abweichung der Vergleichsmessung von rel. Feuchte zu Referenzsensor



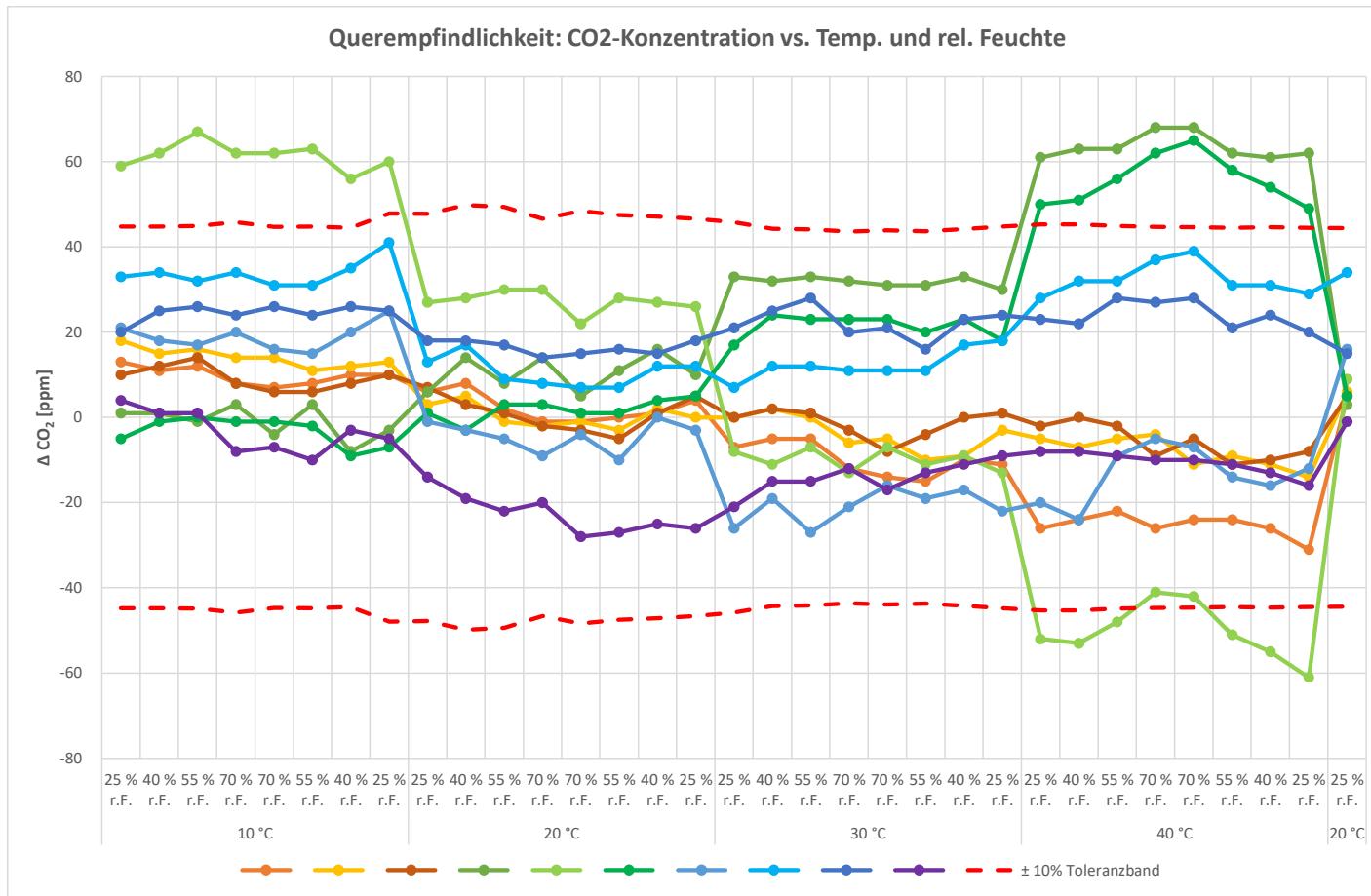
## Ausgewählte Ergebnisse

### Abweichung der Vergleichsmessung von Temperatur zu Referenzsensor



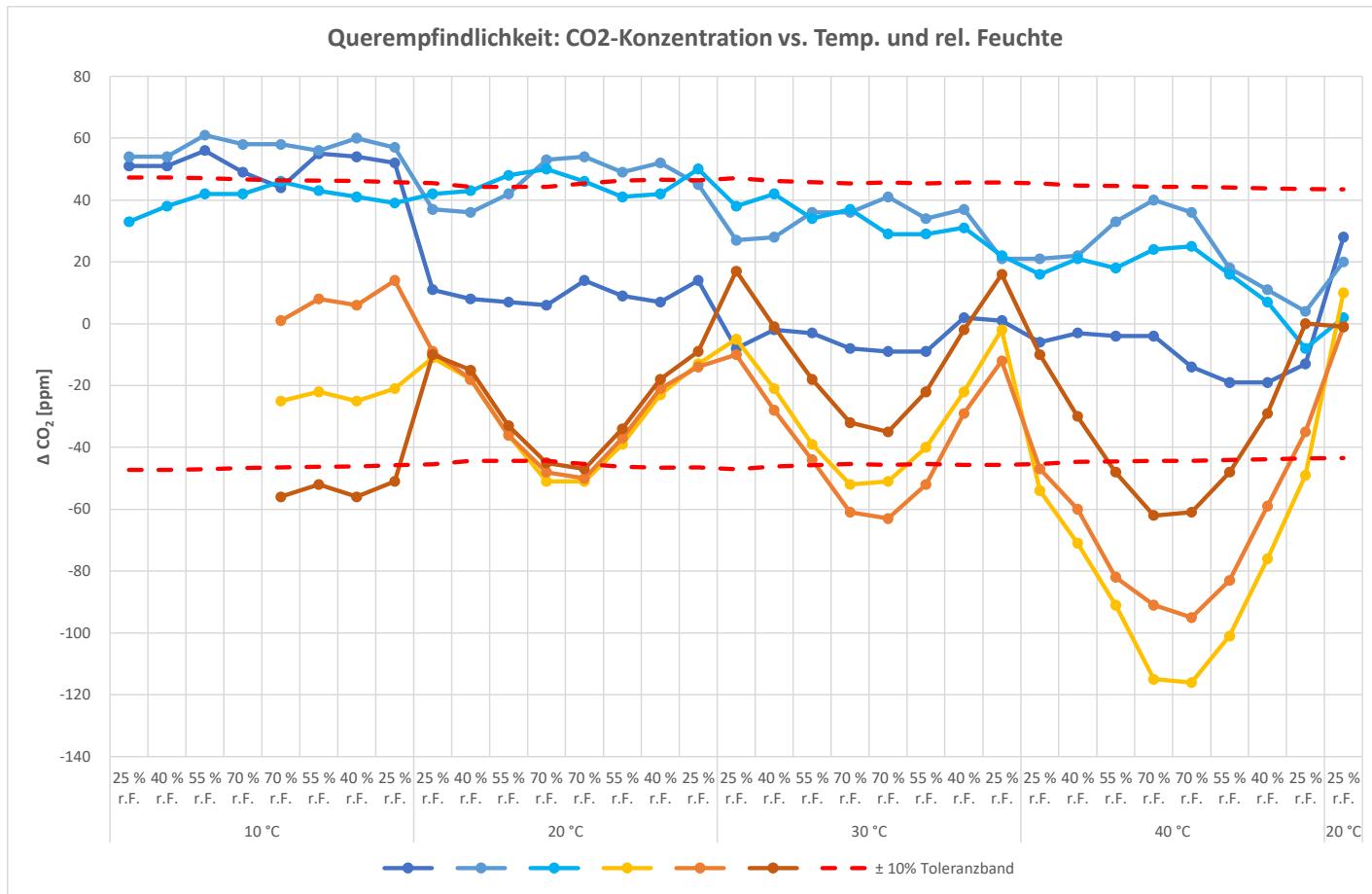
## Ausgewählte Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Messung

### Querempfindlichkeit: Abweichung CO<sub>2</sub>-Konzentration bei variierenden Temp. und rel. Feuchte

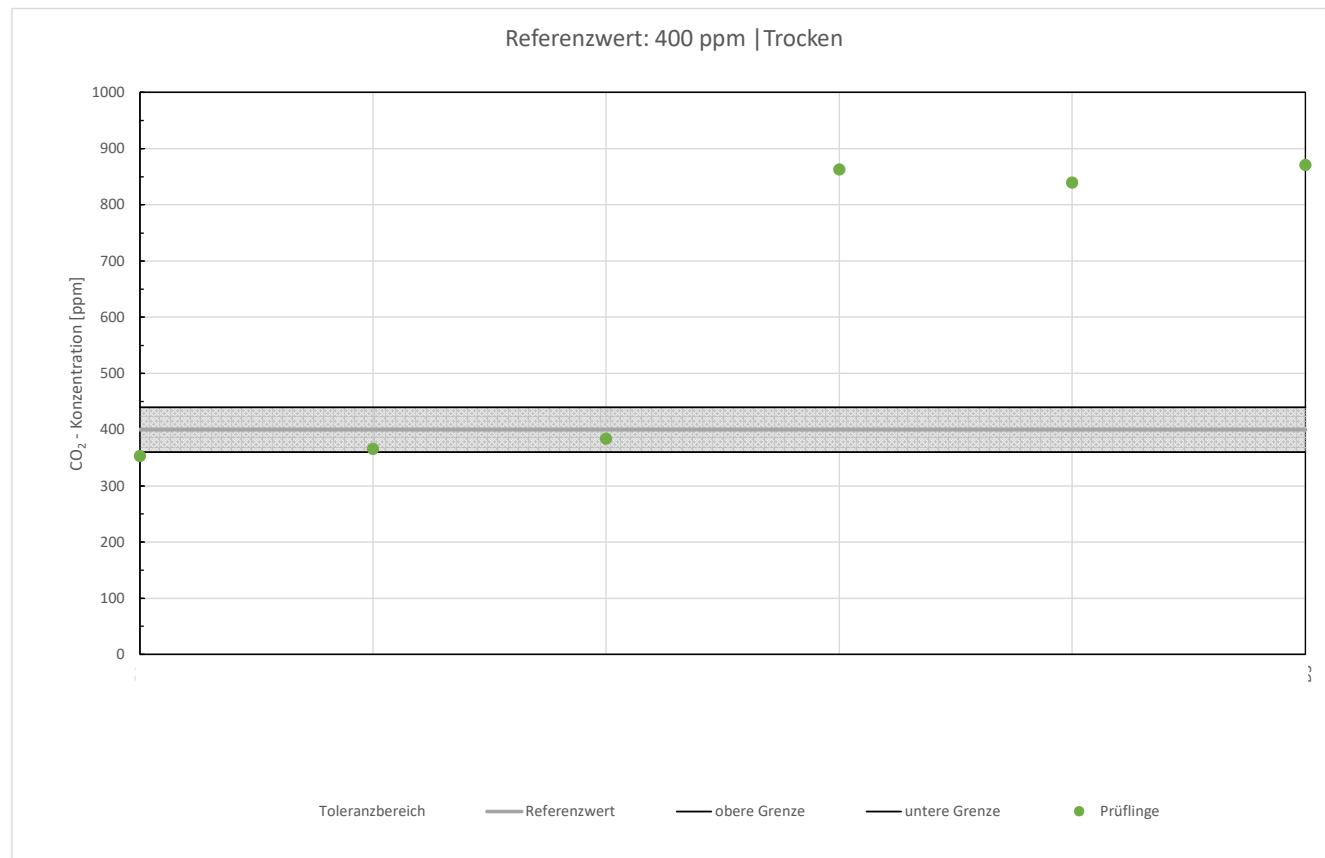


## Ausgewählte Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Messung

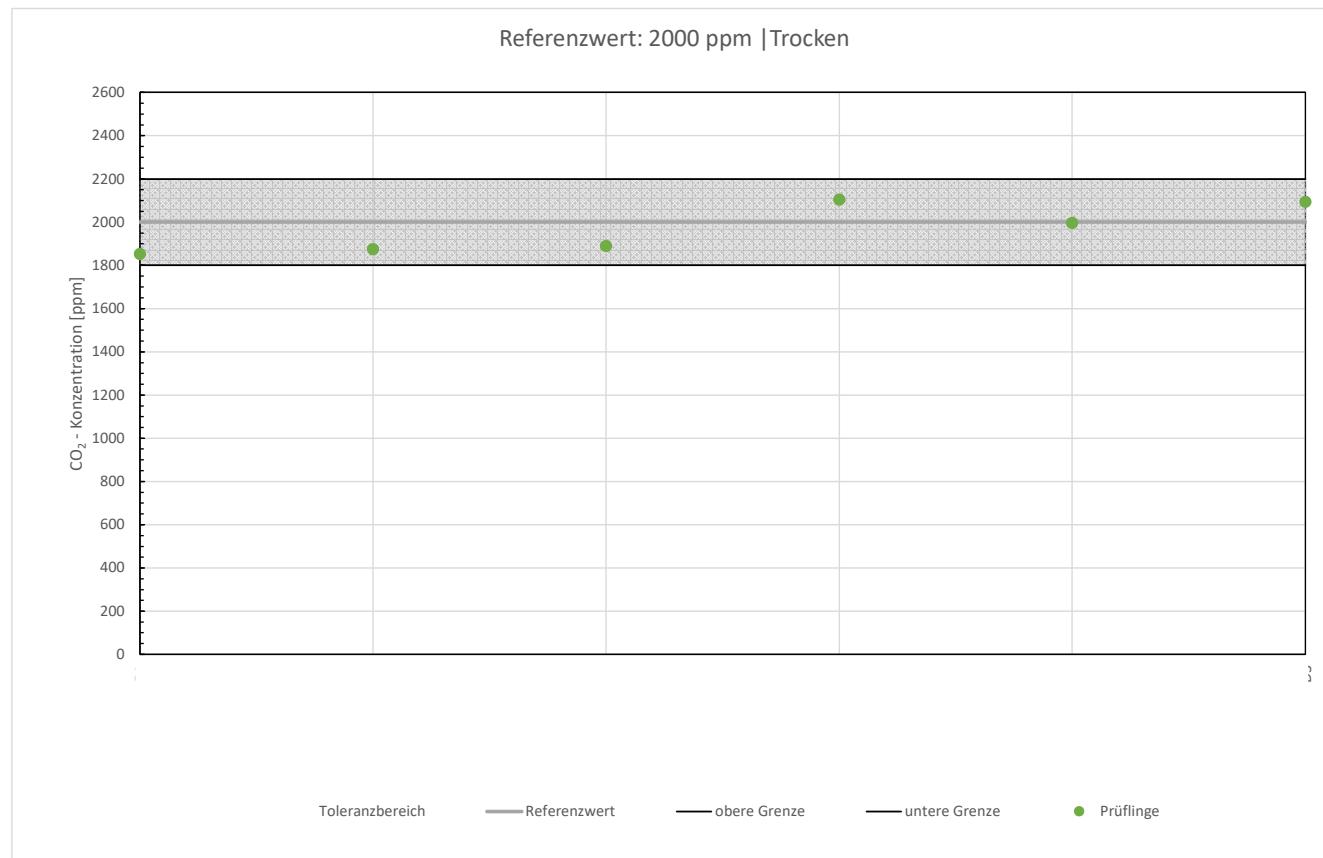
### **Querempfindlichkeit: Abweichung CO<sub>2</sub>-Konzentration bei variierenden Temp. und rel. Feuchte**



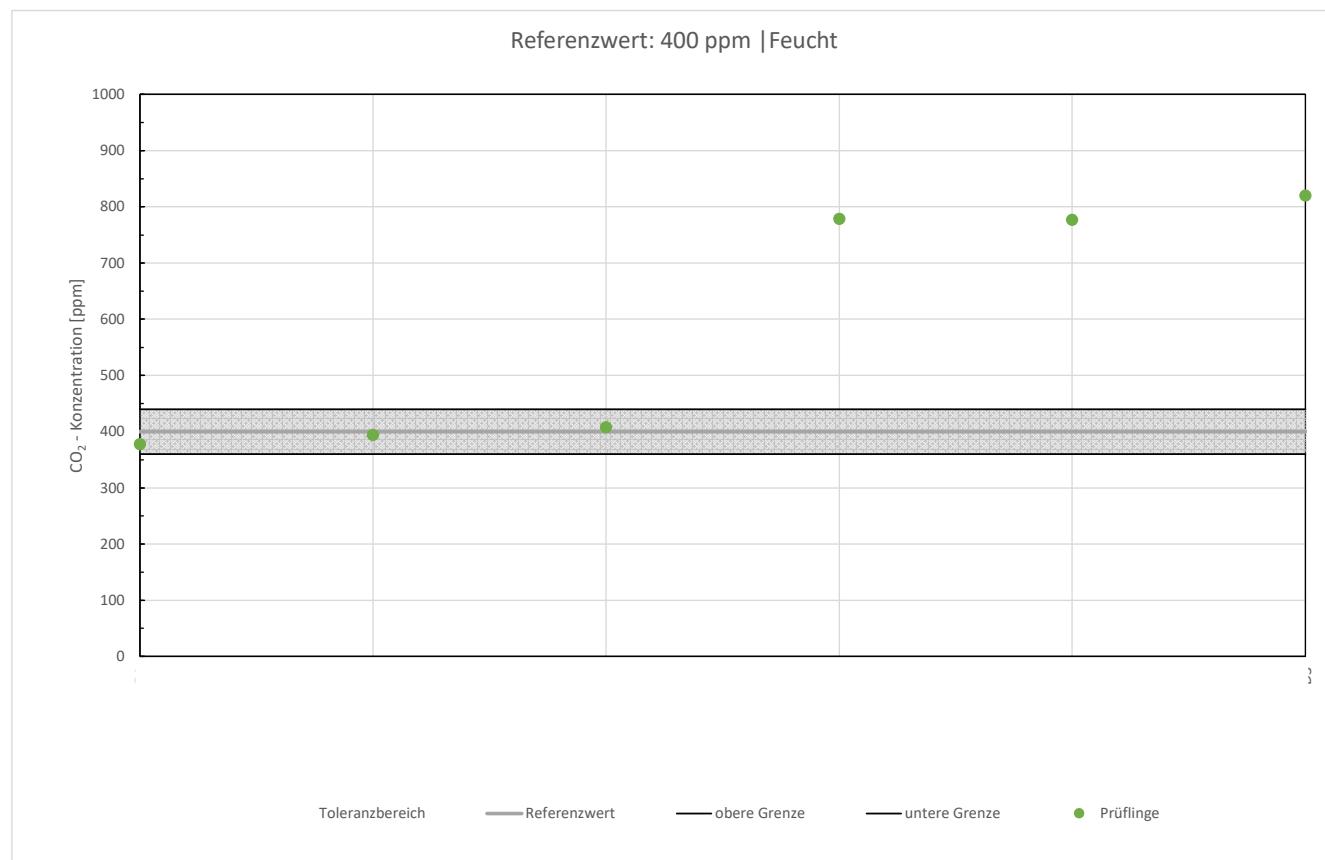
## Ausgewählte Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Messung: konform vs. nicht konform



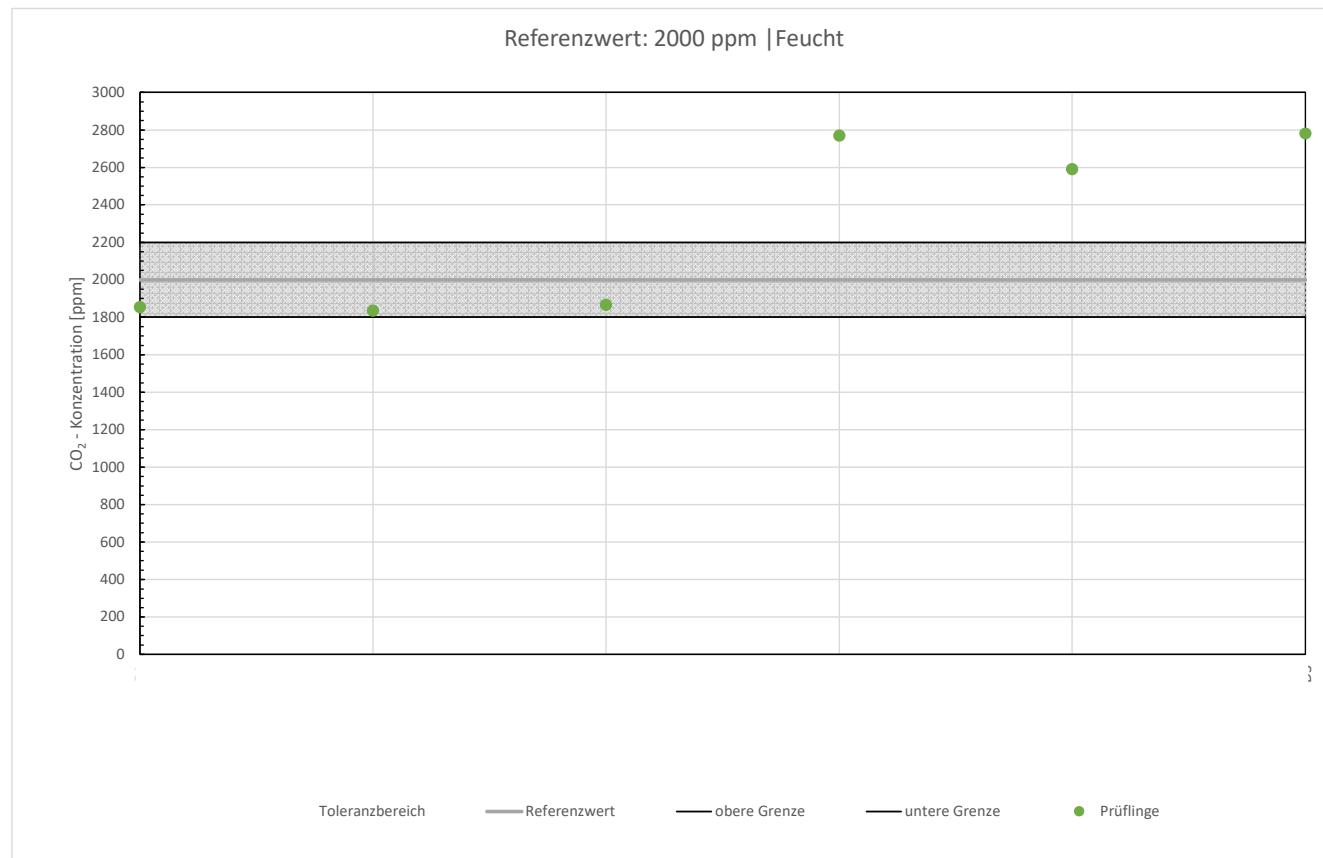
## Ausgewählte Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Messung: konform vs. nicht konform



## Ausgewählte Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Messung: konform vs. nicht konform



## Ausgewählte Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Messung: konform vs. nicht konform



## Haupterkenntnisse der Untersuchung

- Einfluss von Temperatur und Feuchte auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration konnte festgestellt werden (je nach Gerätetyp bis zu 80 ppm zur Referenz)
- Abweichung von Temperatur und Feuchte zur Referenz entsprechen den Angaben in Bedienungsanleitung des Herstellers
- Abweichung von angezeigter CO<sub>2</sub>-Konzentration entspricht **nicht immer** den Angaben der Bedienungsanleitung des Herstellers
- Unterschiedliche Resultate der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit Referenzgas – direkt ab Gasflasche - (i.e. trockenes Referenzgas) oder befeuchtetem Referenzgas festgestellt → Feuchtkorrektur nicht immer zufriedenstellend
- Das Warnsignal/Ampelfarbe ist abhängig von den Einstellungen des jeweiligen Gerätetypen und teilweise auch sogar von den einzelnen Geräten selbst. → Bei Messungen in öffentlichen Räumen, einheitlichen Einstellungsvorschriften benötigt (z.B. durch Normvorgaben)

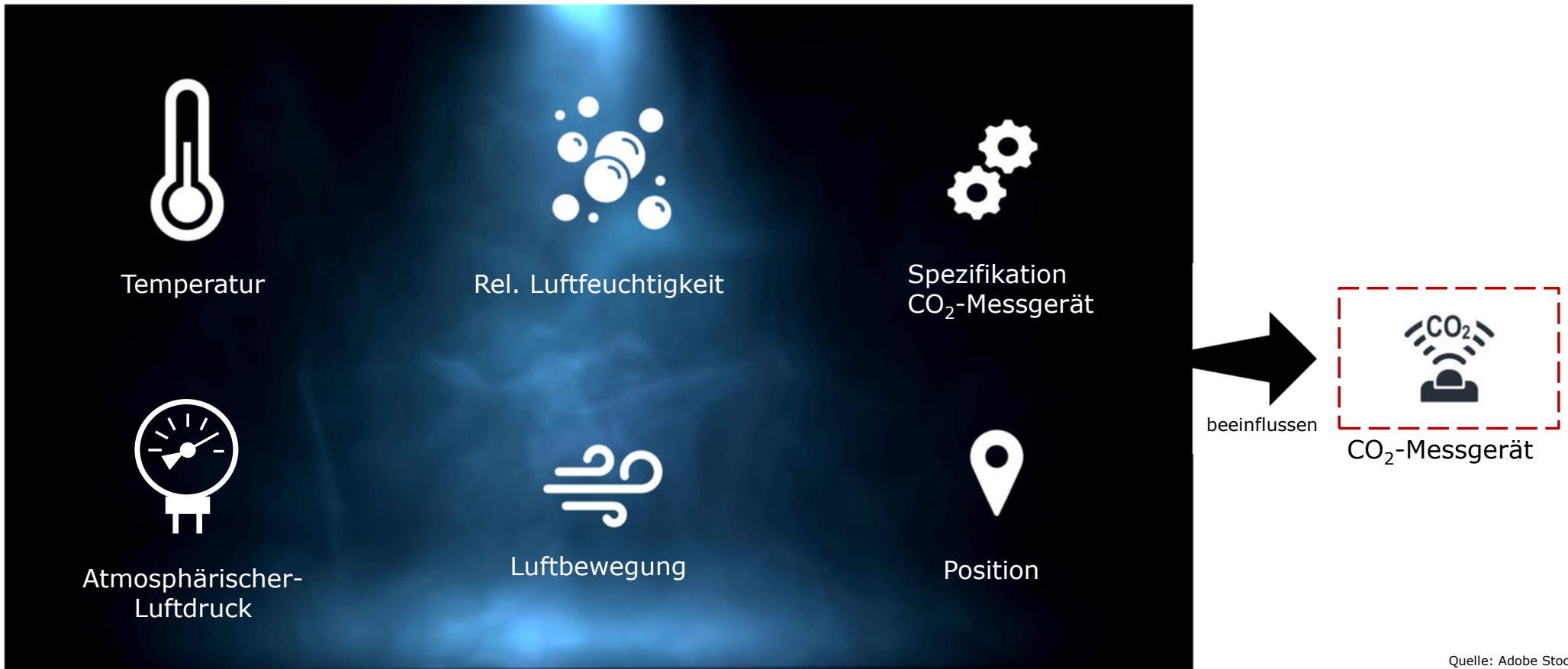
## **Wichtige Punkte für die Auswahl von CO<sub>2</sub>-Messgeräten 1/2**

- In den folgenden Punkten werden einige wesentliche Parameter angegeben, welche ein Messverfahren/Messprinzip wesentlich beeinflussen können, bzw. kompensiert werden sollten:
  - Kompensation von Temperaturänderungen (insb. durch interne Wärmequellen wie die Ampel)
  - Kompensation von rel. Feuchteänderungen
  - Kompensation von Luftdruckänderungen
  - Qualität und Messgenauigkeit der eingesetzten Sensorik, bzw. Messverfahren sowie interne Algorithmen (z.B. wöchentliche interne Justierung des CO<sub>2</sub>-Werts)
- Bei der Qualität der Datenerfassung wurde gewisse Auffälligkeiten festgestellt:
  - Daten wurden nicht oder nicht korrekt vom internen Datenlogger erfasst (z.B. falsche Zeitangabe)
  - Ausgabe-Dateinamen/ Benennung der Messdaten sind nicht benutzerfreundlich am Computer auswertbar - Entsprechend waren die Auswertung umständlich, bzw. teilweise nicht möglich.
  - Einfrieren des Bildschirms oder Anzeige-Probleme bei einigen Prüflingen.

## **Wichtige Punkte für die Auswahl von CO<sub>2</sub>-Messgeräten 2/2**

- Das Warnsignal ist abhängig von den Einstellungen des jeweiligen Gerätetypen und teilweise auch sogar von den einzelnen Geräten selbst.
- Die untersuchten Geräte verfügen oftmals über eine nicht-abschaltbare automatische Kalibrierung (ABC-Logik), die bei manchen Messkonstellationen (z.B. schlecht belüfteten Raum) zu falschen Ergebnissen führen kann.

## Haupterkenntnisse der Untersuchung



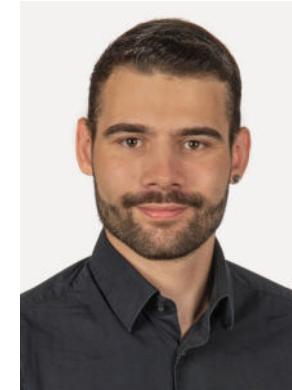
# Danke



Franziska  
Rölli



Constantin  
Kannewischer



Dave  
Morgenthaler



Reto  
von Euw



Benoit  
Sicre



Stephan  
Zuber



Christina  
Giger



Geraldine  
Cerretti

**Hochschule Luzern**  
**Technik & Architektur**  
Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE  
**Dave Morgenthaler**  
Masterassistent

T direkt +41 41 349 38 22  
dave.morgenthaler@hslu.ch