



Projekt HyMeAS

Detektionskonzepte für neue Einsatzszenarien von Wasserstoff
Hydrogen Measurement Concepts for new Application Scenarios

Teilvorhaben

Sensoren und Auswertemethoden zur Detektion, Messung
und Charakterisierung von Wasserstoff-Austritts-Szenarien

Arbeitstreffen am 28/29. 1. 2026



GTE Industrieelektronik GmbH

Dr. Jörg Kelleter
joerg.kelleter@gte.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Arbeitspakete

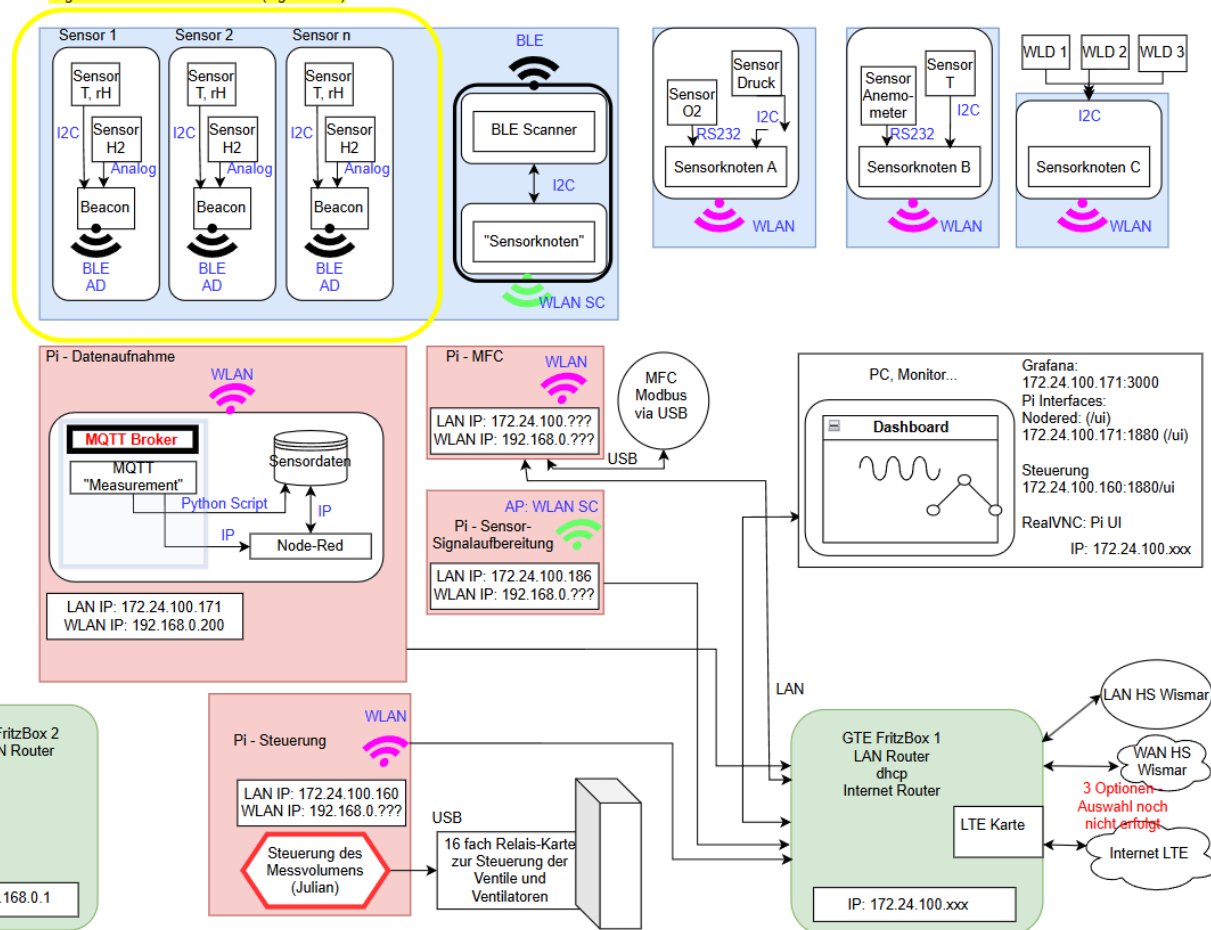
AP		P Monate
3	Vorversuche zum Ausbreitungsverhalten von Wasserstoff unter verschiedenen Bedingungen 3.4 Sensorintegration	[8 PM]
7	Konzeption des Sensornetzwerkes für Realversuche in großvolumigen Strukturen 7.1 Auswahl von Wasserstoffsensoren für verschiedene Messbereiche 7.2 Auswahl von Begleitsensoren 7.3 Design einer einfach vervielfachbaren Messplattform 7.4 Konzept der Datenübertragung und Datenerfassung	[4 PM]
8	Technische Umsetzung des Sensornetzwerkes 8.1 Produktion einer größeren Stückzahl Sensorarrays auf Messplattformen	[10 PM]
9	Durchführung von Realversuchen in großvolumigen Strukturen 9.2 Sensorintegration 9.3 Durchführung der Versuche 9.4 Auswertung und Simulation-Modellanpassung	[5 PM]

AP 7.1 Auswahl von Wasserstoffsensoren für verschiedene Messbereiche AP 7.2 Auswahl von Begleitsensoren

Sensoreinheit	Messwert	Übertragung	Leistungsaufnahme	Anzahl (geplant)
H2, Elektrochemisch T und rF	C(H2) [0 ... 2000+-1 ppm] T [0...125+-0.1 °C] rF [0-100+-1 %]	BLE	Ca. 0,01 VA	>20 ist 20
Anemometer (3D-US)	V (v _x ,v _y ,v _z) [0...100+-0.01 m/s]	Kabelgebunden	Ca. 3 VA	1 in Vorb. 1
O2 und Druck H2 Pellistor	C(O2) [0...25+-0.01 %] p [0... 1200+-1 mbar] C(H2) [0 ... 10.000+-100 ppm]	WLAN	Ca. 2VA	2 Ist 2
Temperatur	T[0...85 +-0.4 °C]	Kabelgebunden	Ca. 1 VA	10
H2, WLD T und rF	C(H2) [0 ... 200.000+-100 ppm] T [0...125+-0.1 °C] rF [0-100+-1 %]	WLAN	Ca. 1 VA	10 Ist 9

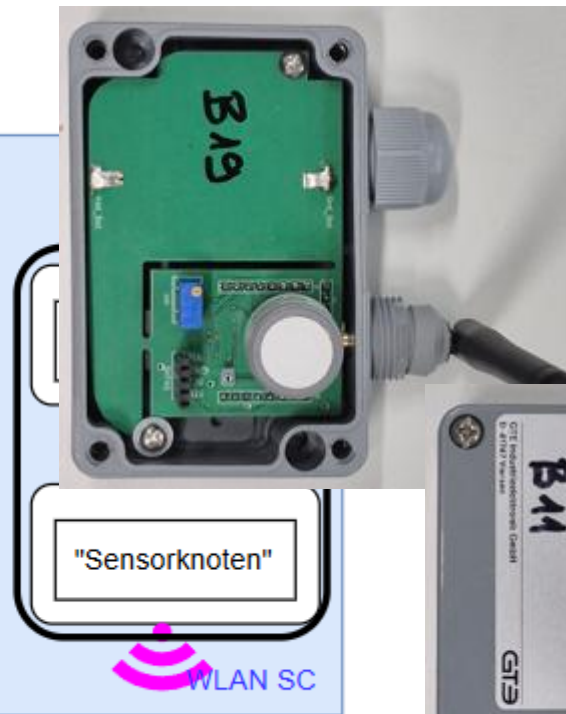
7.3 Design einer einfach vervielfachbaren Messplattform

angelehnt an : Zündschutzart nA (eigensicher)



IP adressen, die hier vollständig angegeben sind, sind statisch vergeben!

8.1 Produktion einer größeren Zahl Sensorarrays auf Messplattformen



... in (fast) gas-
dichtem Gehäuse



7.3 Design einer einfach vervielfachbaren Messplattform

BLE H2 Sensor

Design Randbedingungen:

Gas-EX Umgebung → Anlehnung an Zündschutzart **EX-i** (intrinsically safe)
→ „**Low Energy**“

Freie Anordnung → Datenübertragung via Funk
→ WLAN / LORA / ZigBee / **BLE Advertising**

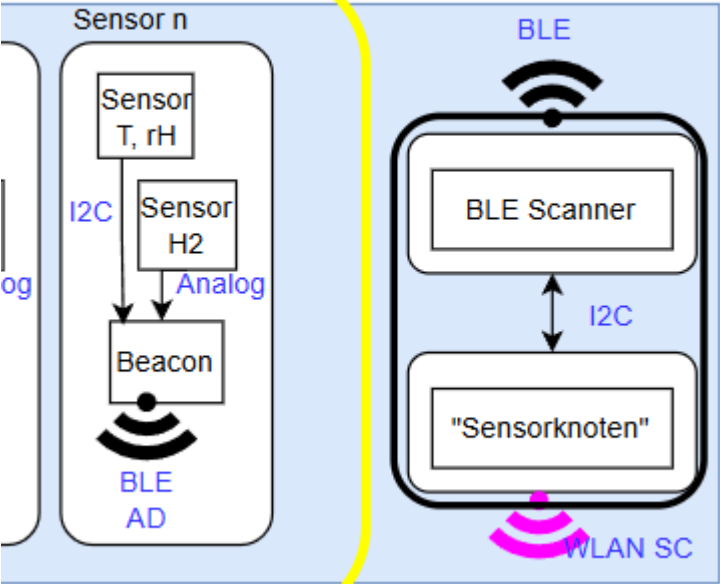
Stromversorgung mit Batterie

→ Batterie Li AA 3,6V, 2400 mAh, erwartete **Betriebszeit > 1 y**
abh. von Übermittlungszyklus

Datenrate → **10 Sekunden** oder kürzer

7.3 Design einer einfach vervielfachbaren Messplattform

(eigensicher)

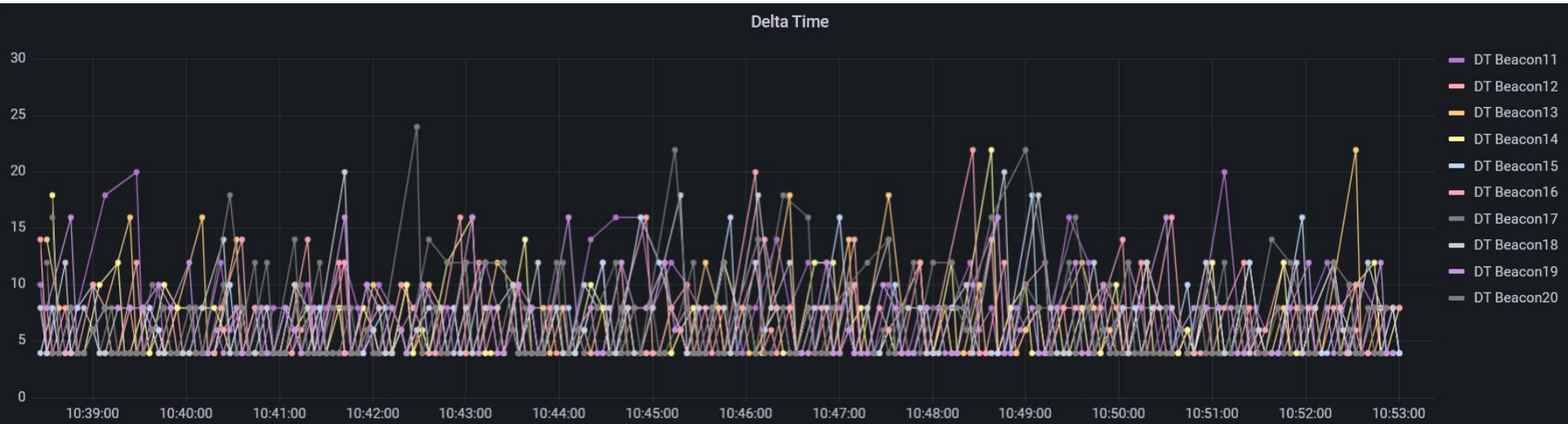


BLE Scanner
und WLAN Sender



7.3 Design einer einfach vervielfachbaren Messplattform

BLE Scan – Datenaufnahme-Rate



Einzelne IN100 Beacons senden alle ca. 4 Sekunden mit einem „random-delay“ 0 ... 160ms (max. möglicher Eintrag)
Das führt zu einem praktikabel geringen Anteil an Kollisionen.

AP 7.2 Auswahl von Begleitsensoren

WLAN O2 + H2 (Pellistor) Sensor

in (fast) gasdichtem Gehäuse (EX-Relevant)

O2: Luminox (Luminiszenz-Relaxation)

0 ... 25% O2 (+/- 0,1%; Ansprechzeit ca. 30 Sekunden)

H2: Pellistor

0 ... 1% H2 (+/- 100 ppm; Ansprechzeit ca. 10 Sek.)

Querempfindlich auf Feuchte und andere brennbare Gase

Leistungsaufnahme ca. 2 VA;

Stromversorgung 5V über USB Kabel

„Sensorknoten0421“; Datenübertragung via MQTT über WLAN → Broker auf Pi7



7.4 Konzept der Datenübertragung und Datenerfassung

Datenübertragung

[BLE-Sensor]

BLE Advertising (Binär - Spannungen)

{ [BLE Scanner] → i2c → [BLE Sensorknoten] }

WLAN SC (192.168.0.200/MQTT) (json - Konzentrationen)

[Raspberry Pi 22 192.168.0.200]

LAN 172.24.100.171/MQTT (json - Konzentrationen)

[Raspberry Pi 7 172.24.100.171]

Ein Python Script sortiert MQTT Daten, die

SensorData" enthalten, in die influxDB <http://localhost:8086>.

... im LAN:

[Laptop - Browser]

„Grafana“ als Tool, die Zeitreihendaten in der influxDB anzusehen

Weiterleitung ... in eine cloud, z. B. AWS Tunnel MQTT

MQTT
Explorer

RealVNC
Zugang zu Pi7

Grafana

7.4 Konzept der Datenübertragung und Datenerfassung

Datenübertragung

MQTT: Daten im json Format

MQTT Topic:

BRAWA/Measurement

Payload (Beispiel BLE-H2 Sensor #19):

```
{"BEACONS19":{"SensorData":{"Time":1768895284,"Gaskonz":0.2,"ADC1":0.219,"ADC0":0.021,"Gaskonz2":1.8,"T_SHT":0.0,"rF_SHT":0.0,"NF_Faktor":0.00563,"Delta_Time":8.0}}}
```

Payload (Beispiel O2 und H2_Pell Sensorknoten0421):

```
{"Sensorknoten0421":{"SensorData":{"O2_Room":216.0,"Pressure_Room":1009,"Wifi_Strength":-39,"H2_Pell":18}}}
```

3.4 Sensorintegration

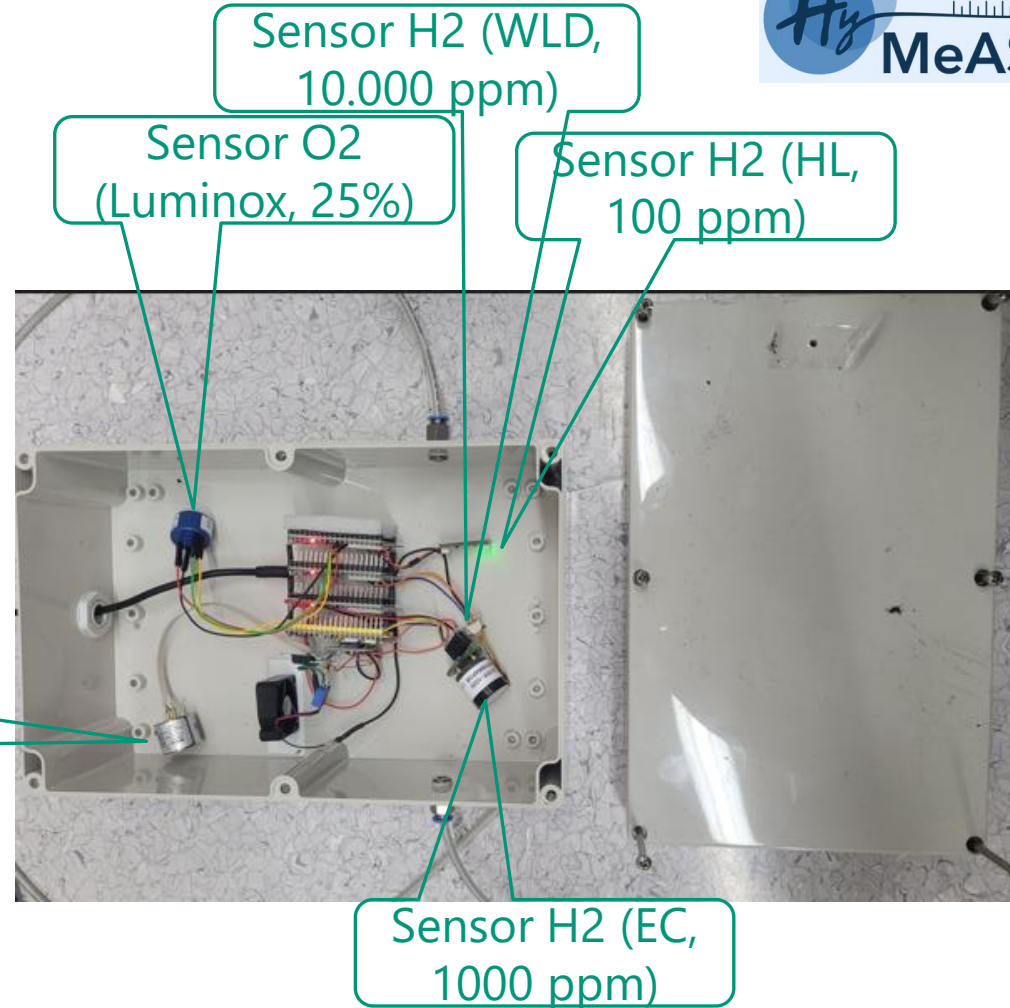
Experimentiervolumen I
bei GTE

Kunststoff-Box, 4 l

Umluftventilator

Einleitung N₂

Eindüsungsöffnung H₂



3.4 Sensorintegration

Experimentiervolumen I bei GTE

Experimente zu O₂ Einfluss

Sensor H₂ (EC,
1000 ppm)

Sensor O₂
(Luminox, 25%)

Sensor H₂ (WLD,
10.000 ppm)

Sensor H₂
(Pellistor, 1%)



3.4 Sensorintegration

Teilaspekt: Sensoreigenschaften

Beispiel: **Einfluss von Inertisierung**

Elektrochemische Sensoren

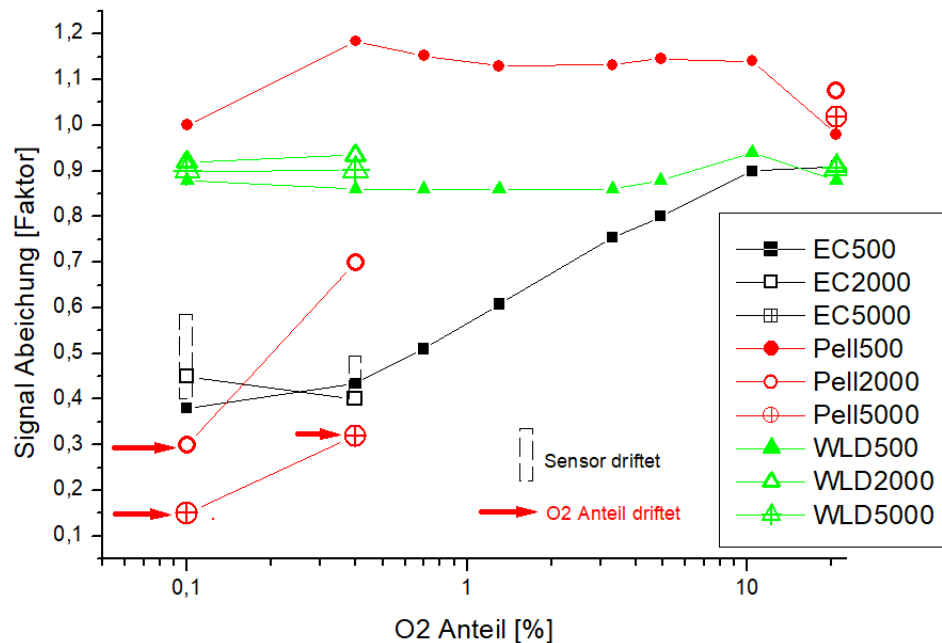
... Empfindlichkeit lässt nach unter 5%O₂

Pellistoren

... Empfindlichkeit lässt stark
nach wenn [O₂] < [H₂]

WLD Sensoren

... Stabil,
aber O₂ Korrektur erforderlich
Empfindlichkeit ab ca. 100 ppm



3.4 Sensorintegration

Experimentiervolumen II
bei GTE

Schaltschrank, 600 l

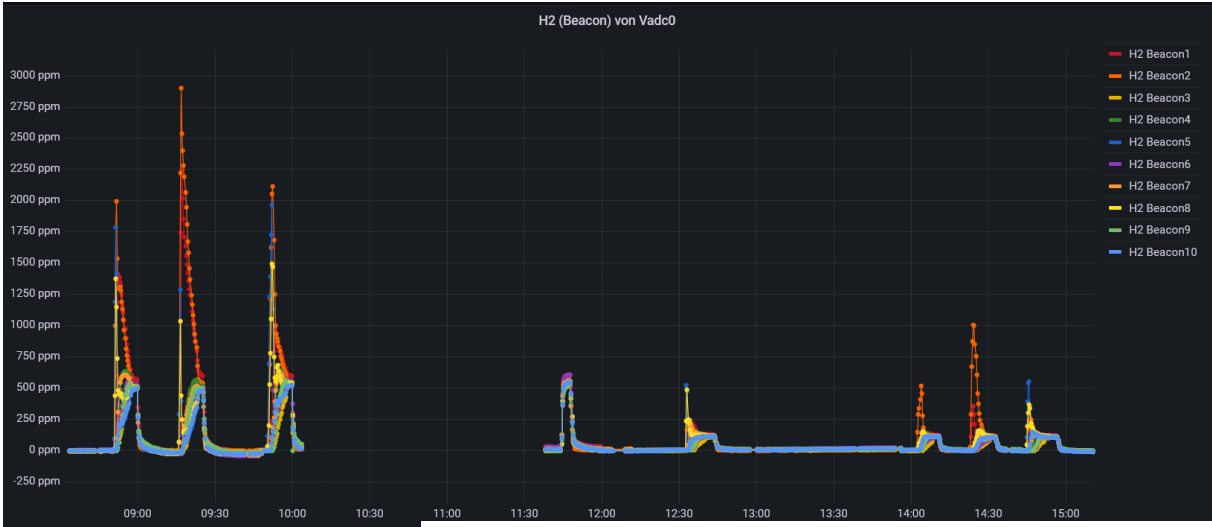
Zuluft, Abluftklappe

Abluft-Ventilator

Diverse Eindüsen-
Öffnungen



3.4 Sensorintegration

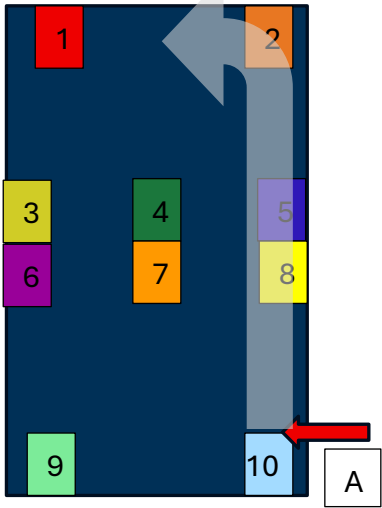
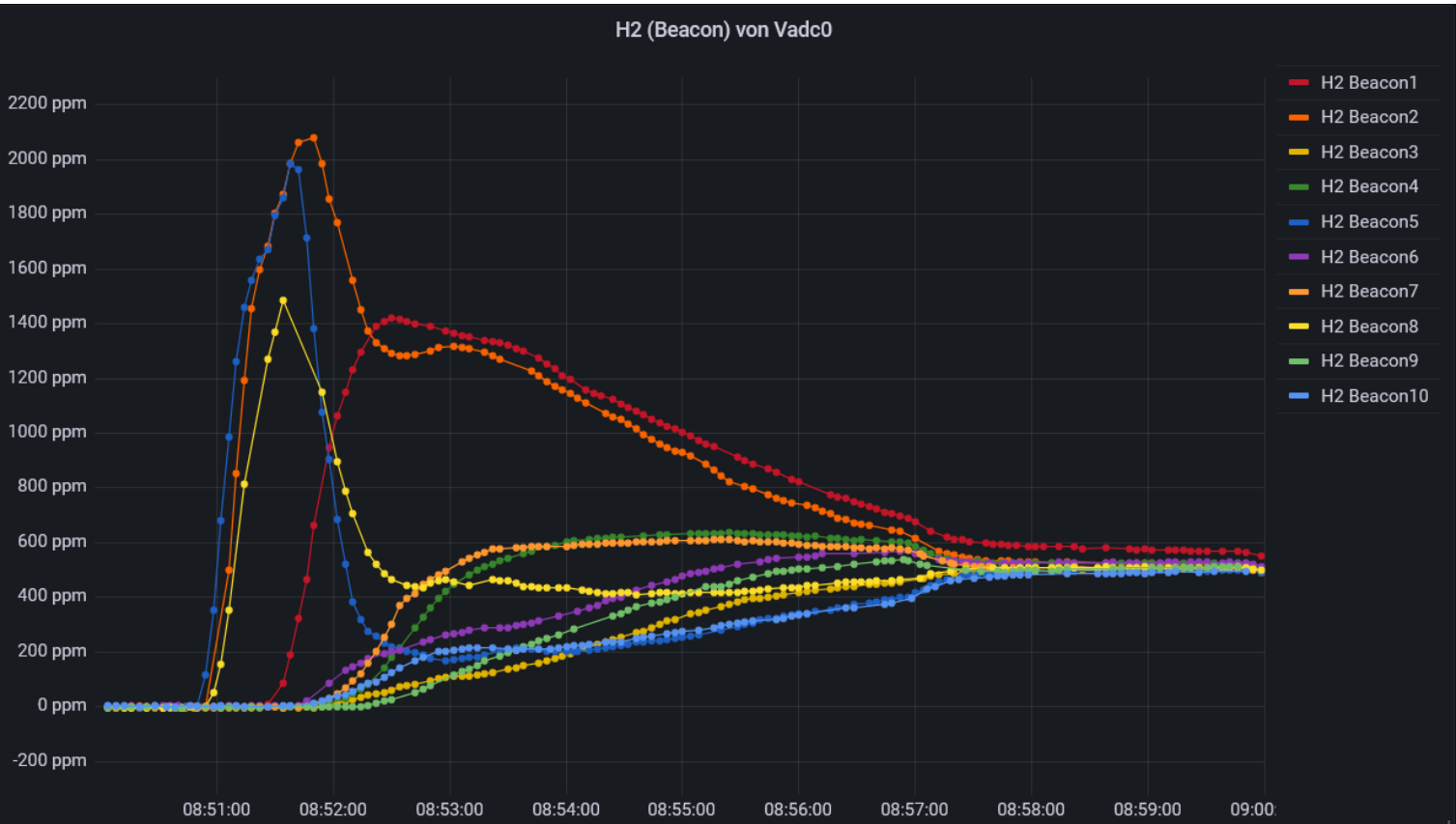


Beispiele für Eindüsungen in die Kammer II

Zeit	Pos	Dauer	Menge
8:51	A	1 Min	300 ml – 500 ppm
9:18	A	5 Sek	300 ml – 500 ppm
9:50	A	2 Min	300 ml – 500 ppm
11:45 Kalibriertest	A	mit Umluft	300 ml – 500 ppm
12:33	A	1 Sek	60 ml – 100 ppm
14:02	A	2 Min	60 ml – 100 ppm
14:22	C	2 Min	60 ml – 100 ppm
14:43	A	2 Min	60 ml + 300 ml Luft – 100 ppm

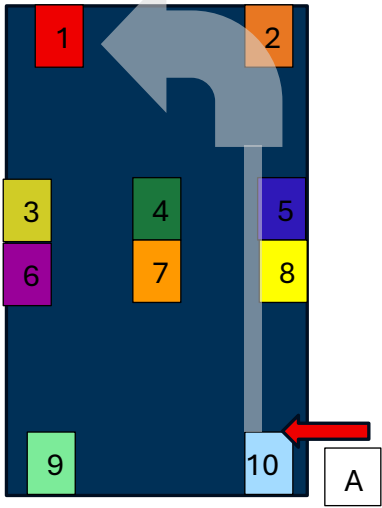
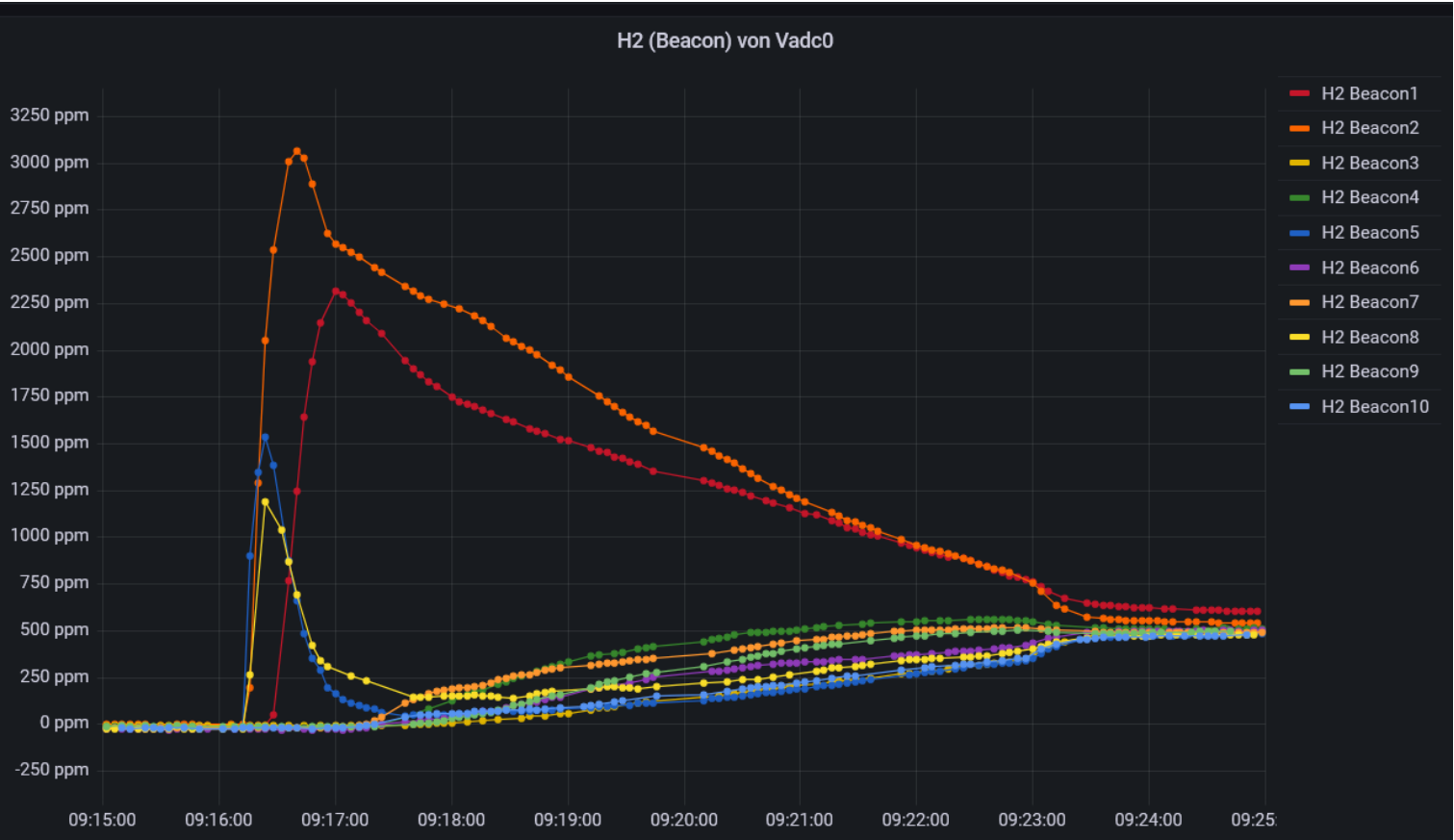
3.4 Sensorintegration

Pos. A, **1 Minute**, H2 300 ml → 500 ppm



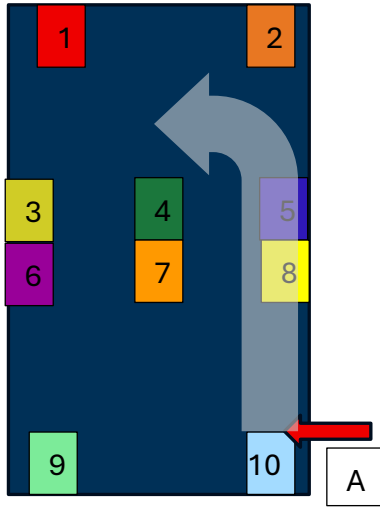
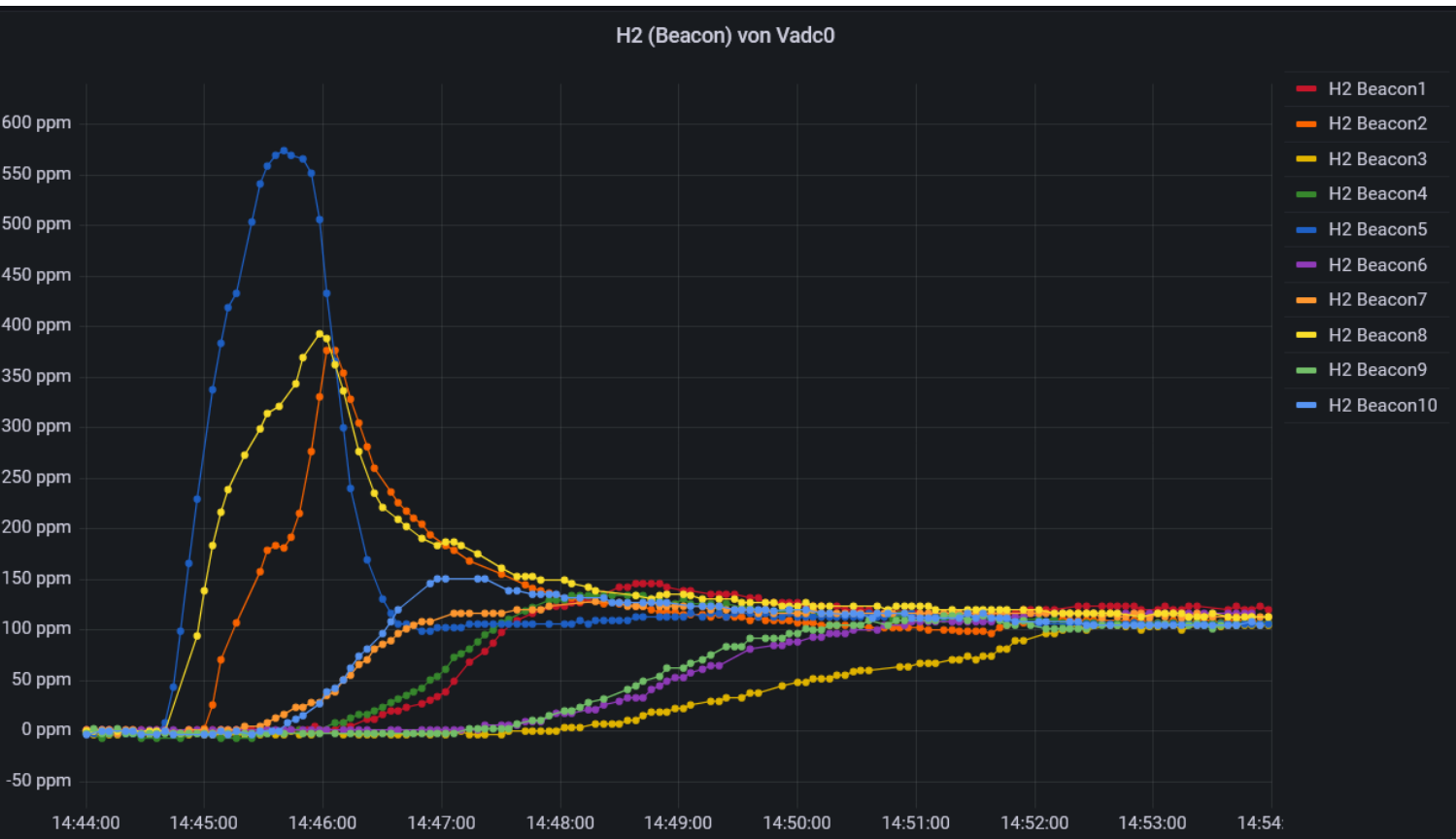
3.4 Sensorintegration

Pos. A, **5 Sekunden**, H2 300 ml → 500 ppm



3.4 Sensorintegration

Pos. A, **5 Sekunden**, H2 60 ml + N2 300 ml → 100 ppm „Formiergas20“



- Inbetriebnahme eines Teststandes für Wasserstoff-Ausbreitung:
Fehlersuche, Optimierung...
- Zusammenarbeit bei der Versuchsplanung
Welche Parameter werden variiert:
 - > Positionen, Orientierung und Verteilung der Sensoren
 - > Einleitungsrate
 - > Vormischung (z. B. Formiergas)
 - > Temperaturschichtung
 - > Ventilation
- Optimierung bei der Datenerfassung (Cloud, vpn Tunnel ...?)
 - > WireGuard zur Fritz Box (wenn die das unterstützt)
 - > WireGuard zum Pi7 (Dann Grafana von jedem beliebigen PC)

Kontakt

Forschung – Konzepte

joerg.kelleter@gte.de

02162 3703 21

Technische Assistenz

dirane.djikam@gte.de

Produktmanagement

paul.wurm@gte.de

