

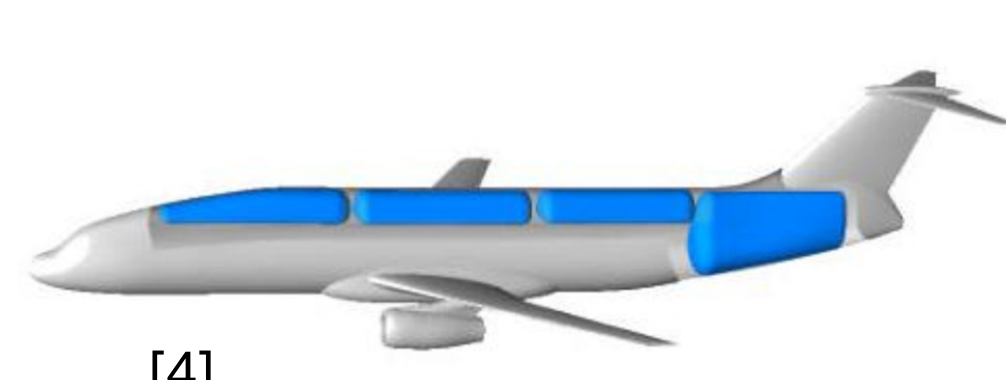
Mobile Leakageprüfung und –lokalisierung für H2-Antriebskonzepte in der Luftfahrt



C. Masuhr, T. Schüppstuhl
Institut für Flugzeug-Produktionstechnik
Technische Universität Hamburg



Quelle: Airbus



[4]



Notwendigkeit effiz. Leakageprüfung für H2-Systeme in der Luftfahrt

- Sicherheit [1]
- Empfehlungen und rechtliche Vorgaben [3,4,5]
- Komplexität steigt [1]

Spez. Anforderungen der Leakageprüfung in der Luftfahrt

- Detektionsgrenzen gering
- Dokumentationspflichten (z.B. genauer Ort einer Leckage)
- Zugänglichkeit des Bauraums [5]

Condition Monitoring

Leakage Inspektion

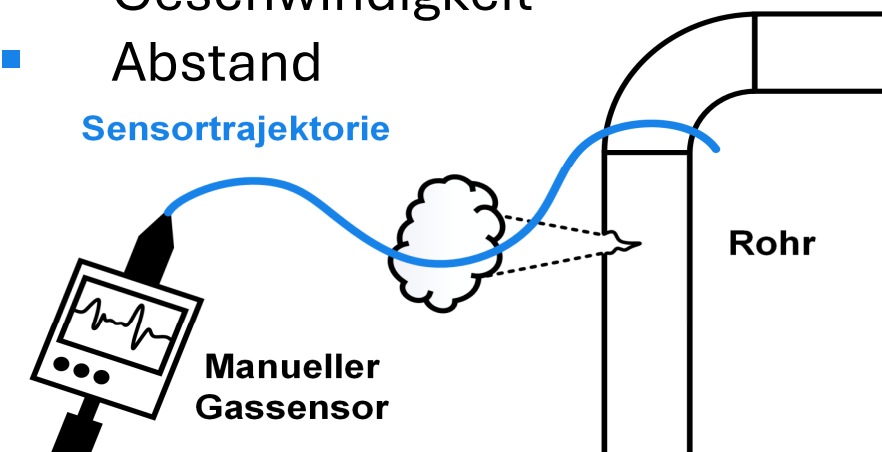
Mobile Leakageinspektion mittels Sniffer-Sensorik

- Für mobile Anwendungen die einzige wirtschaftliche Variante mit geringer Detektionsgrenze [6]
- Kontrolle aller relevanten Oberflächen & Leakagelokalisierung
- Unterscheidungsmerkmale mobiler Gassensortechnologien
 - Messbereich
 - Messverzögerung
 - Genauigkeit

Quelle: Dräger

- Hauptanforderungen Prozessführung
 - Geschwindigkeit
 - Abstand

Quelle: IFPT



Effizienzsteigerung durch Automatisierung der mobilen Leakageprüfung

Mobile Robotik

- Existierende Anwendungen roboterbasierter Leakageprüfungen in der Industrie



Quelle: Agramkow



Quelle: IFPT

- Kosten für eine mobile Robotik sind für die meisten Anwendungsfälle zu hoch
→ Anwendungsbeispiel: Prüfung Enapter Multicore
- Geringe Flexibilität für den Anwendungsfall
- Limitierte Erreichbarkeit

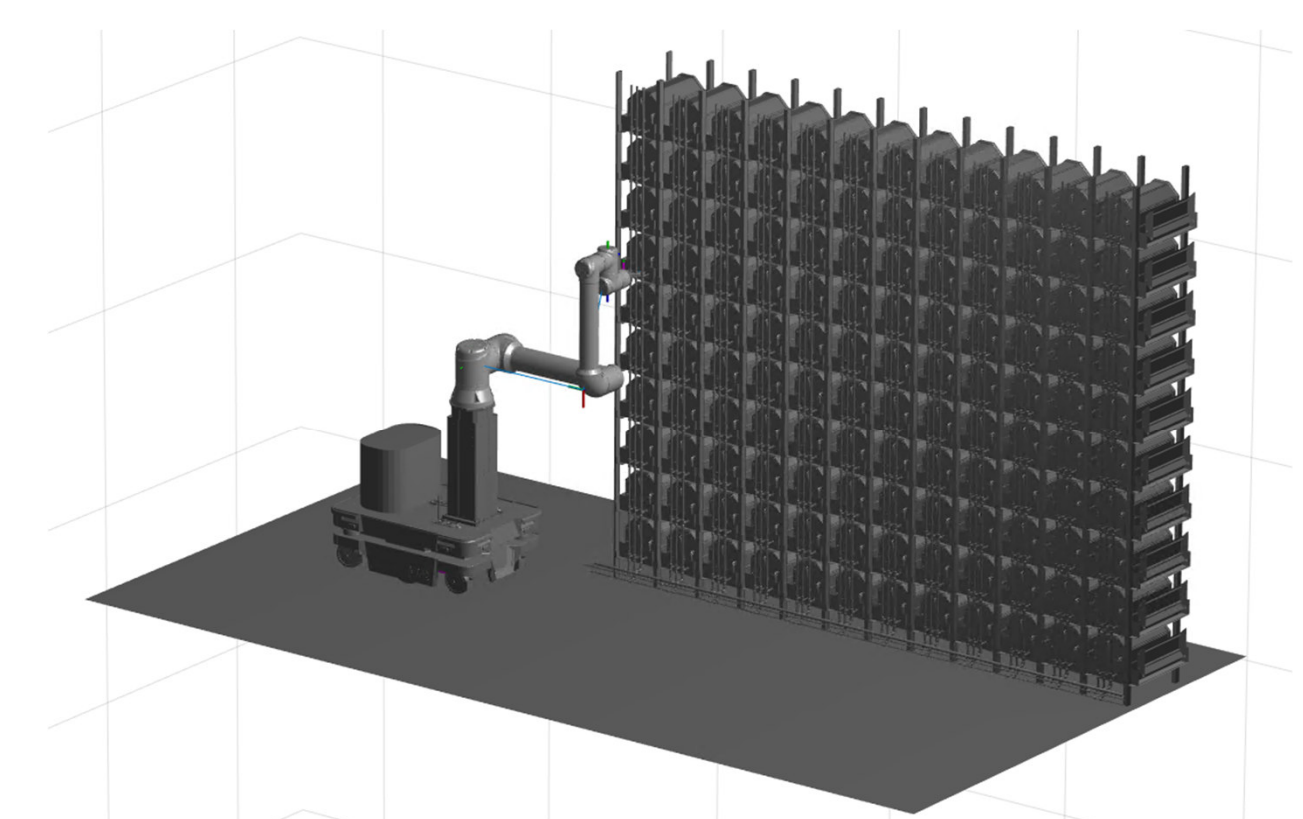


Abbildung 1: Simulation einer mobilen Leakageprüfung eines Elektrolyseurs

Assistenzsysteme

- Die manuelle Prozessführung ist insb. durch die Sensoreigenschaften fehleranfällig
- Assistenzsysteme können die Prozesssicherheit erhöhen und die Effizienz steigern
 - Einhaltung von Sensortrajektorien oberhalb von Dichtflächen
 - Dokumentation
 - Leakagelokalisierung

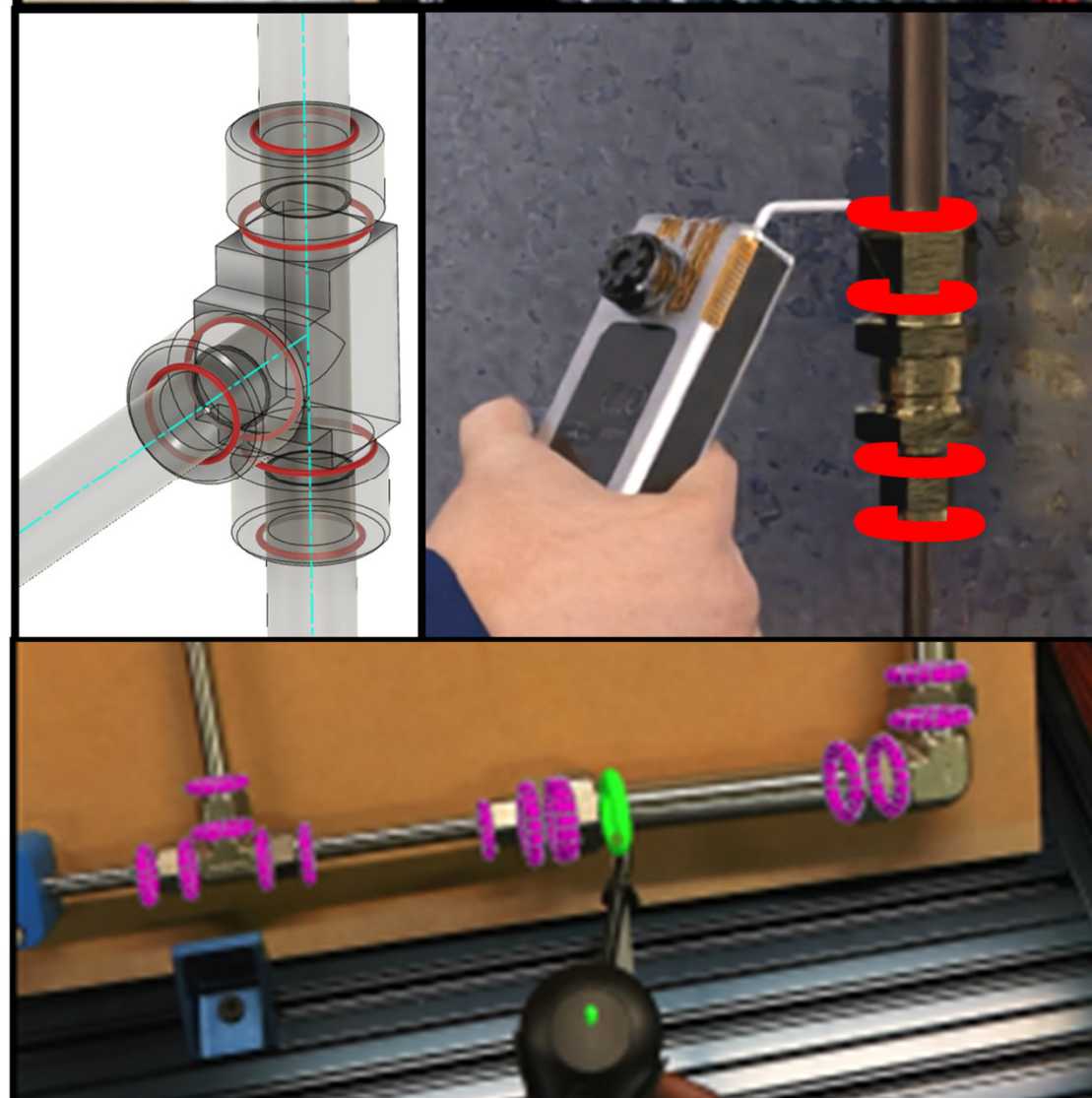
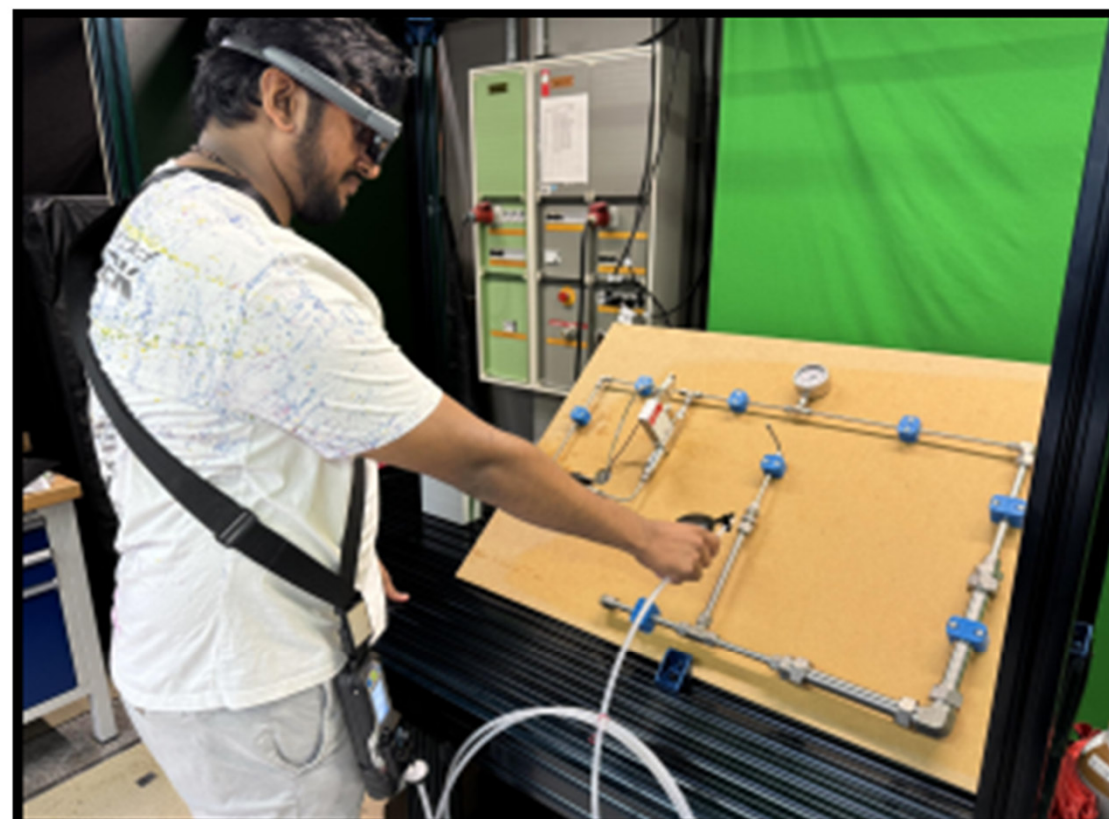


Abbildung 2: AR-Assistenzsystem für das Einhalten von Sensortrajektorien eines manuell geführten Gassensors

[7]

Versuchsdurchführung Datenakquise: Mobile Datenaufnahme für eine Leakagelokalisierung mittels Sniffer-Sensorik

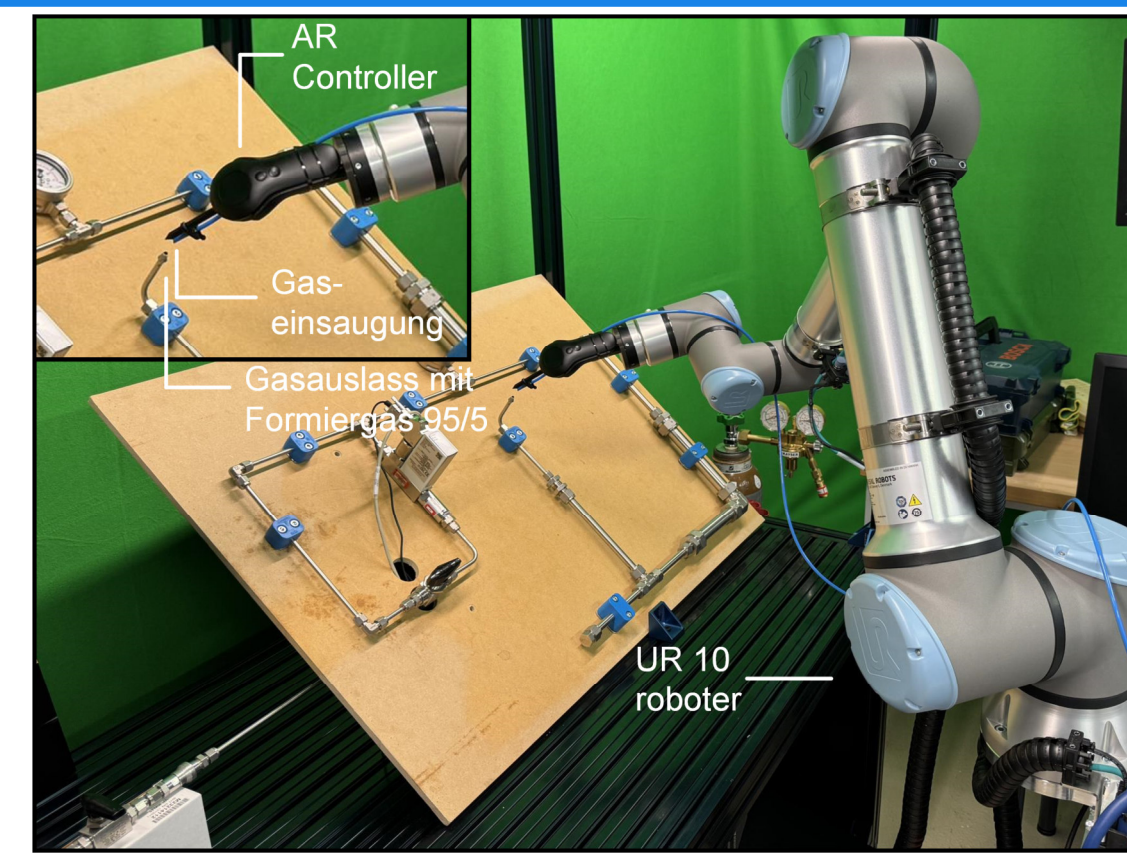


Abbildung 3: Versuchsaufbau

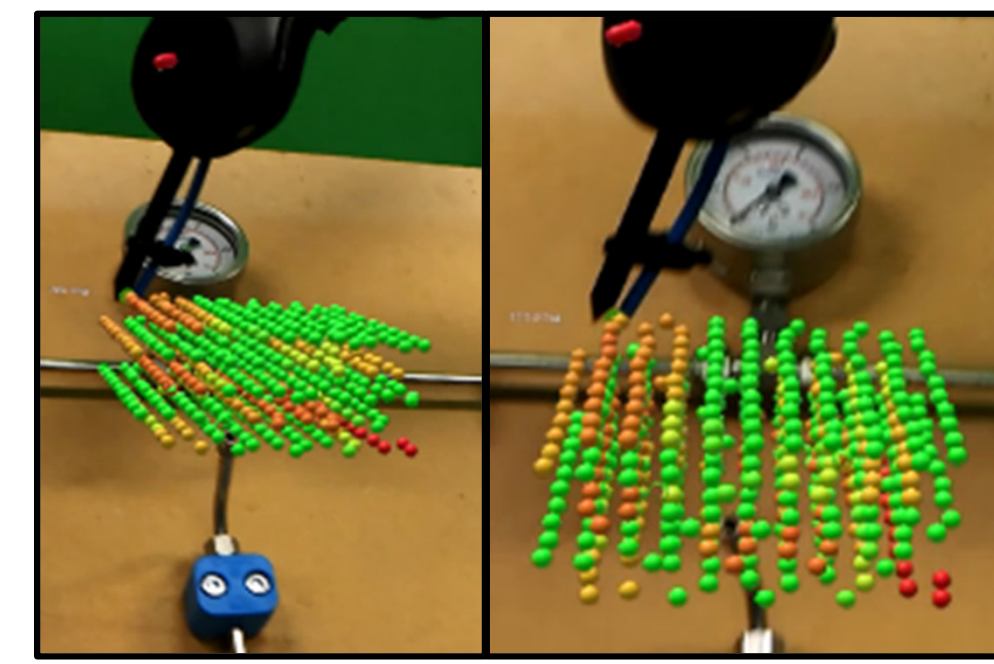


Abbildung 4: Messdaten des H2-Sensors für das autom. Abfahren eines Würfels mit 10 cm Kantenlänge in der AR-Applikation

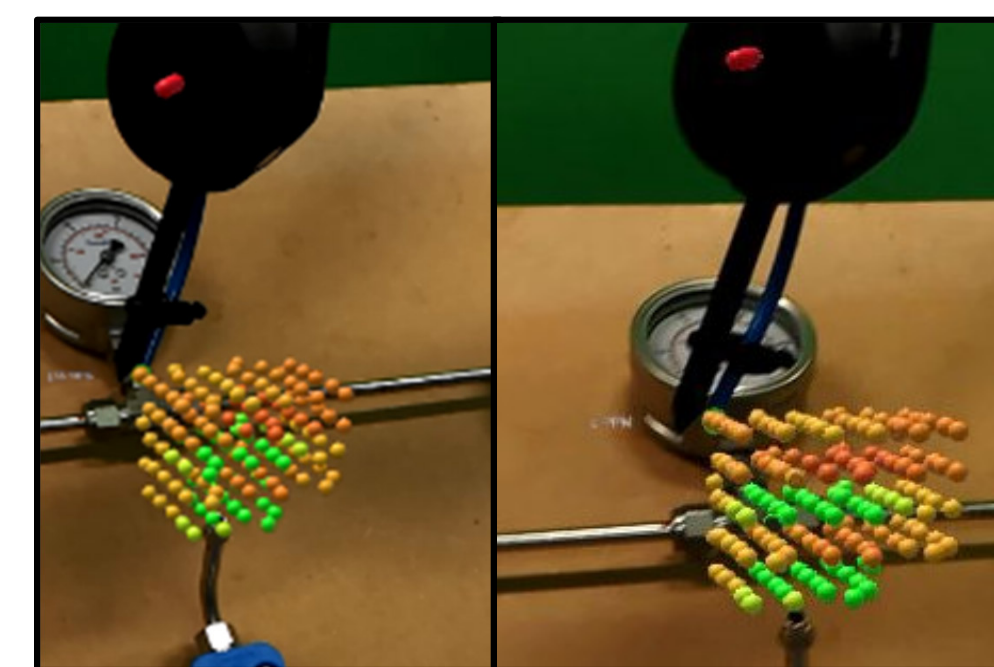


Abbildung 6: Messdaten des H2-Sensors für das autom. Abfahren eines Würfels mit 5 cm Kantenlänge in der AR-Applikation

- Haupt-Einflussparameter auf die Erzeugung von Rohdaten**
 - Messverzögerung und Abklingzeit
 - Prozessführung (Anhalten oder durchgehende Messung)
 - Ansaugeometrie

Ergebnisse der Datenakquise:
Rohdaten sind aktuell noch nicht nutzbar und müssen angepasst werden

→ Hohes Potenzial effiziente Lokalisierung durch eine Datenauswertung zu beschleunigen

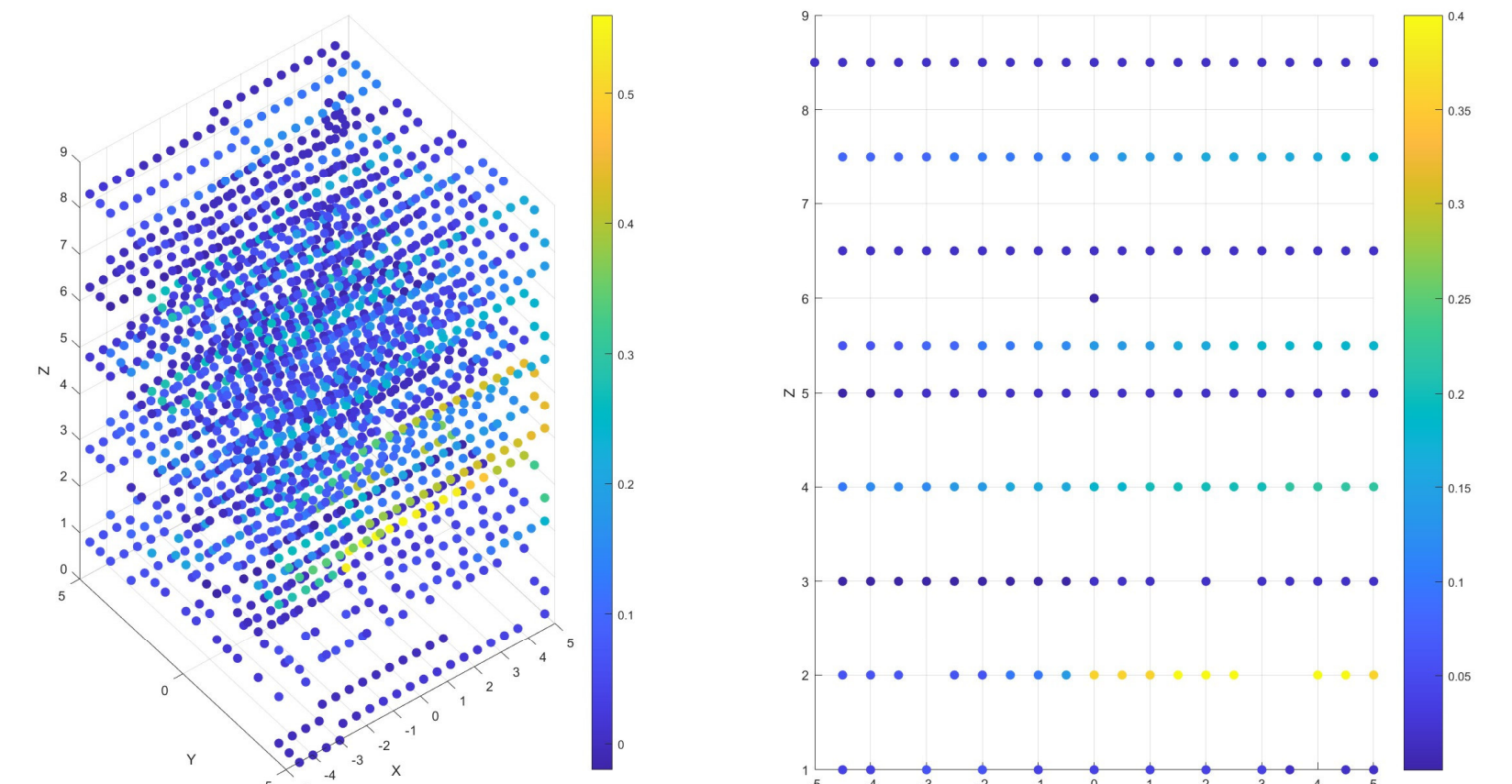


Abbildung 5: Messdaten des H2-Sensors für das autom. Abfahren eines Würfels mit 10 cm Kantenlänge

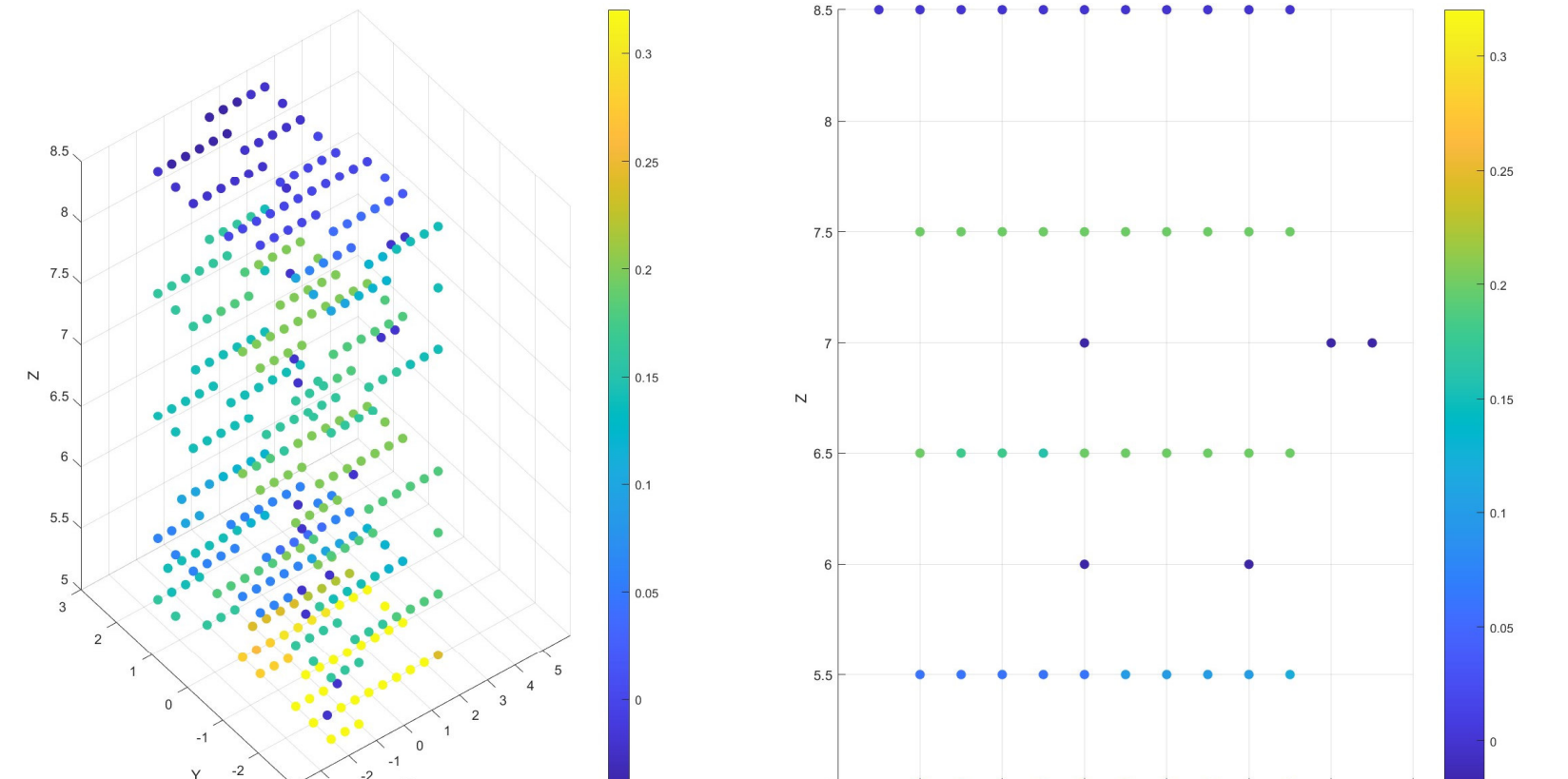


Abbildung 7: Messdaten des H2-Sensors für das autom. Abfahren eines Würfels mit 5 cm Kantenlänge

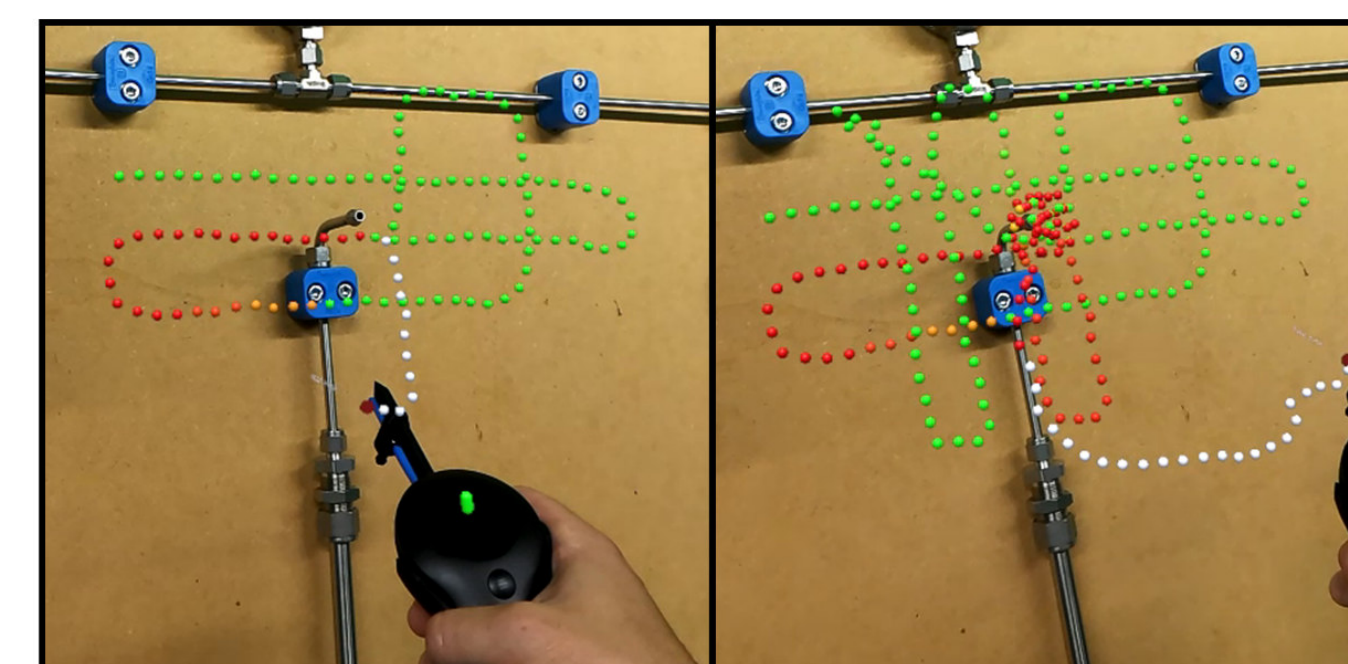


Abbildung 8: Manuelle Leakagelokalisierung am Beispiel der Ausströmung aus eines offenem Rohrquerschnitt

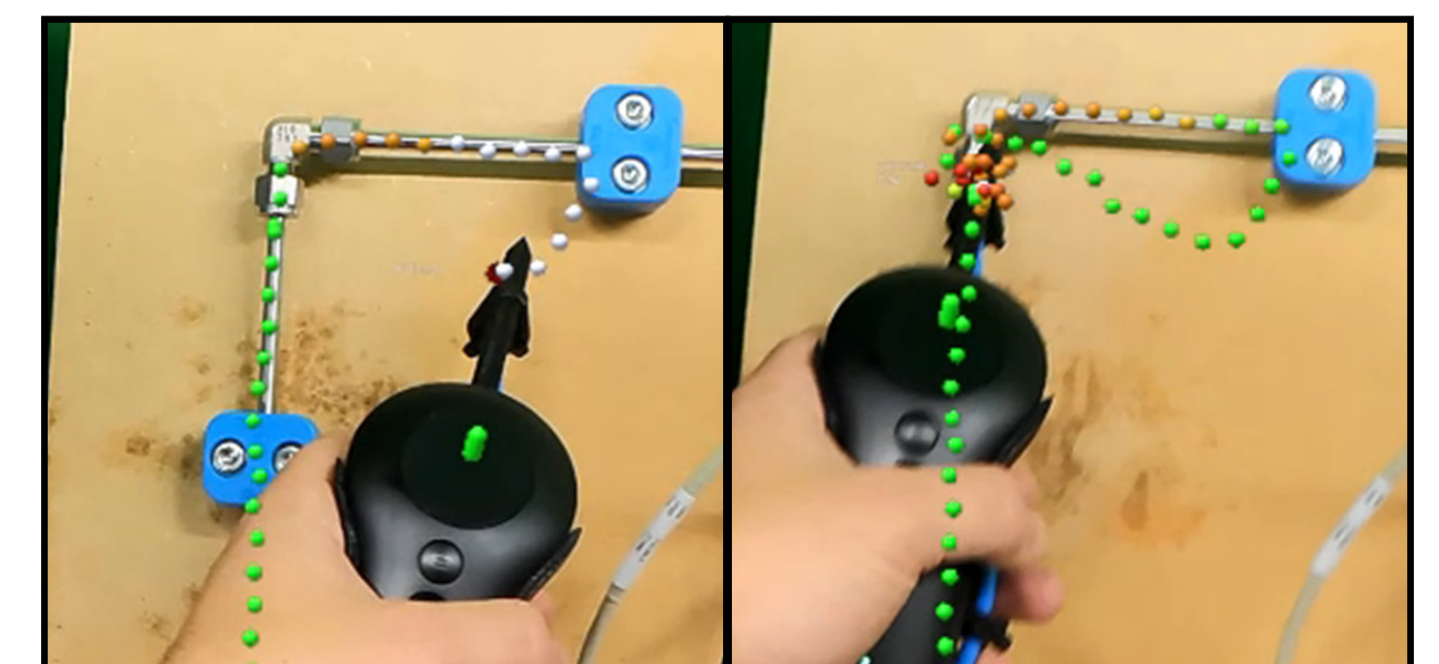
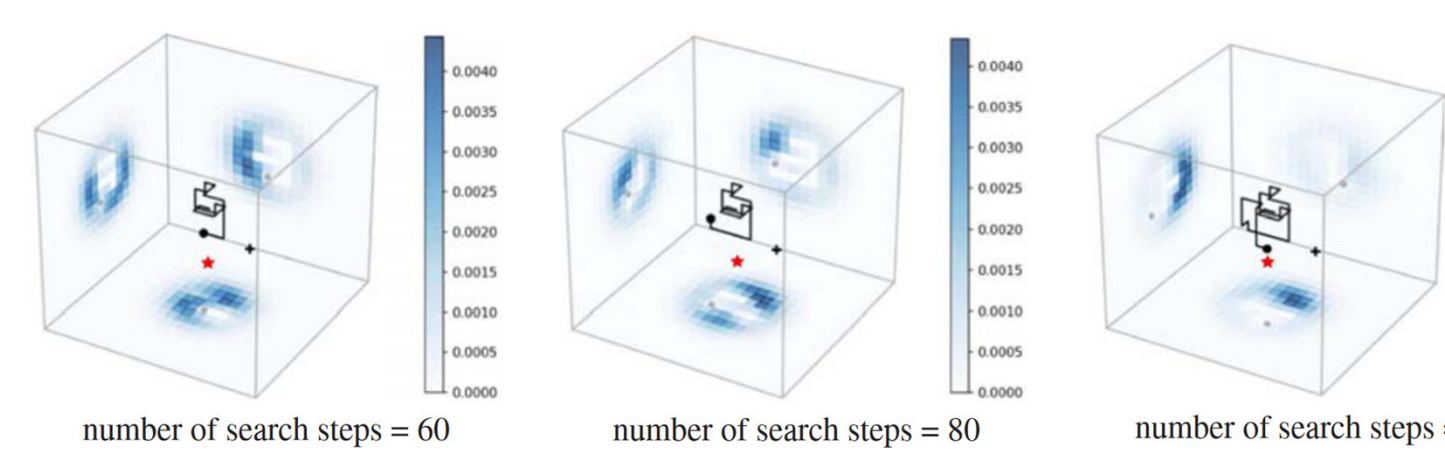


Abbildung 9: Manuelle Leakagelokalisierung am Beispiel der Ausströmung aus einem undichten Rohrverbinder

Datenanalyse Leakagelokalisierung: Übersicht über Gas Source Localization (GDL) Ansätze



Gradient climbing	Infotaxis(2D)	Infotaxis(3D)+PF
37.65%	70.35%	97.65%

[8]

Tabelle 1: Auswahl von Algorithmen für die Lokalisierung von Gaslecks

Auswahl möglicher Ansätze für eine Leakagelokalisierung									
CFD	Topologische Ansätze	Direktionale Suchverfahren	Probabilistische Modelle	Kernel DM+V GDM	MC kernel DM+V	SMRF	Partikelfilter	Heuristische Ansätze	Explorative Ansätze
✓	x	x	x	✓	x	✓	x	o	o
✓	x	x	x	✓	x	✓	x	o	✓
x	✓	x	✓	x	x	x	x	✓	o
✓	x	x	✓	x	✓	✓	x	o	✓
✓	x	x	x	x	x	✓	x	o	✓
x	✓	x	x	x	o	o	o	o	o
✓	x	x	x	x	✓	x	x	o	✓/o

Legende
✓ = Erfüllt die Anforderung
x = Erfüllt die Anforderung nicht
o = Teilweise erfüllt / eingeschränkt anwendbar

Quellen:
[1] Meissner, Robert, et al., „Towards Climate-Neutral Aviation: Assessment of Maintenance Requirements for Airborne Hydrogen Storage and Distribution Systems“ (2023)
https://doi.org/10.1016/j.jhydene.2023.04.058.
[2] Europäische Kommission: Fly the Green Deal. Europe's Vision for Sustainable Aviation. policy, Luxembourg: Publ. Off. of the Europ. Union, ISBN ISBN 978-92-76-43368-2
[3] Energy Supply Device Aviation Rulemaking Committee: Energy Supply Device ARC Recommendation Report, DOT/FAA/TC-19/16, (2017)
[4] CryoPlane, Liquid Hydrogen Fuelled Aircraft – System Analysis, GRD1-1999-10014 (2003)
[5] Adler, E. J.; Martins, J. R.: Hydrogen-powered aircraft: Fundamental concepts, key technologies, and environmental impacts. Progress in Aerospace Sciences, Bd. 141, PII: S0376042123000386, S. 100922 (2023)
[6] Masuhr, Christian, et al., „Leakage inspection for the scale-up of hydrogen electrolyzers: A case study and comparative analysis of technologies“, (2023)
https://doi.org/10.1007/978-3-031-38241-3_56
[7] Hanser Assistenzsysteme 2024 (Accepted)
[8] He, Duan, et al., „Gas Source Localization for UAV Using Infotaxis-Based Three-Dimensional Algorithm and Particle Filtering“, (2024)
https://doi.org/10.23919/CCC63176.2024.10662172.

Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) durch das H₂Giga-Projekt HyPLANT100 unter dem Förderkennzeichen 03HY114 gefördert. Wir danken an dieser Stelle ganz besonders für diese Förderung.



Kontakt
Institut für Flugzeug-Produktionstechnik
Denickestraße 17
D-21073 Hamburg
www.tuhh.de/ifpt



GEFÖRDET VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung



Finanziert von der Europäischen Union
NextGenerationEU