



Tagungsband

10. HSN-Fachsymposium

„Innovative Sensorik, verteilte Sensorsysteme, neue Technologien und Anwendungsfelder“

„Innovative Sensor Technology, Distributed Sensor Nets and New Technologies and Application Fields “

8. und 9. November 2023

ZEISS Innovation Hub @KIT
Hermann-von-Helmholtz-Platz 6
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Herausgeber: Hubert B. Keller¹, Rolf Seifert²

¹Vorsitzender HybridSensorNet e.V. (HSN)

²Geschäftsführer HybridSensorNet e.V. (HSN)

Vorwort

Das 10. Fachsymposium im Jahre 2023 wurde unter dem Thema „Innovative Sensorik, verteilte Sensorsysteme, neue Technologien und Anwendungsfelder“ am ZEISS Innovation Hub @KIT, KIT - Campus Nord, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, veranstaltet werden.

Dr. Hartmut Gliemann, Abteilungsleiter für Chemie Oxidischer und Organischer Grenzflächen, am Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), danke ich für die lokale Organisation einschließlich der Führung durch das Institut für Nanotechnologie.

Alle Welt spricht von Ressourceneffizienz und dem Einsatz alternativer Energieträger. Gleichzeitig müssen immer mehr Stoffe in der Umwelt und in technischen Anwendungen detektiert, gemessen und meist auch in ihrer Konzentration geregelt werden. Hierfür bedarf es einer innovativen und modernen Sensorik.

Dieses Jahr stehen sowohl innovative Sensortechnologien als auch wieder die Verfahren der „Künstlichen Intelligenz“ im Vordergrund. Nicht, dass diese Verfahren wirklich neu wären, aber die enorme Steigerung der Rechenleistung erlaubt neuartige Erkenntnisse und Messmethoden. Soft-Sensoren messen Größen aus Ersatzvariablen und erlauben komplexe Vorgänge messtechnisch zu erfassen. Bisher nicht notwendigerweise zu messenden Größen kommt eine immer wichtigere Bedeutung in der Gesamtsystembetrachtung zu. Eine Optimierung gesamter Systeme erfordert eben auch ein umfangreicheres Wissen über den Zustand und die Dynamik dieser Systeme.

Prof. Dr. Christine Preisach von der Hochschule Karlsruhe trägt über „Künstliche Intelligenz für eine nachhaltige Zukunft unter Nutzung von Sensordaten“ vor und zeigt, wie KI Sensordaten stärker verwerten können.

Prof. Dr. Andreas Güntner von der ETH Zürich geht in seinem Vortrag „Molecular Health Sensing and Devices“ tief in die Grundlagen ein.

Dr.-Ing. Can Dincer vom IMTEK Freiburg wiederum zeigt wie Sensoren für einmal Anwendungen eingesetzt werden können. Sein Vortrag „Disposable sensors for next-generation on-site testing“ kann natürlich unter Ressourceneffizienz diskutiert werden..

Dr. Loreto Mateu vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS geht in dem Vortrag „Integrierte KI auf neuromorpher Hardware für smarte, drahtlose Sensorknoten“ auf ganz neue technologische Entwicklungen ein.

Damit zeigen die Hauptvorträge welche technologischen Entwicklungen möglich sind und wie „intelligente“ Verfahren Sensoren nachhaltig ertüchtigen können.

Daneben gab es noch weit mehr Vorträge zu den unterschiedlichsten Themen an vorderster Front der Forschung oder der Praxis. Beides zusammen erst ermöglichen reale Innovationen.

Der HybridSensorNet e.V. ist anerkannt als Cluster-Initiative in Baden-Württemberg. Die Intension des Vereins ist, als gemeinnütziger und ideeller Träger die Vernetzung im Bereich Sensorik zu fördern und nachhaltige Synergieeffekte und Innovationen bei den Mitgliedern zu bewirken.

Das Symposium richtet sich sowohl an Unternehmen wie Universitäten/Hochschulen oder Forschungseinrichtungen. Auch Verwaltungen und Gremien, die sich mit diesen Sensorthemen auseinandersetzen, profitieren davon. Veranstaltet werden die Fachsymposien vom Verein HybridSensorNet e.V. in Kooperation mit jeweils weiteren Einrichtungen. Alle beteiligten Partner sind hoch aktiv in den Innovationen im Sensorikbereich und damit nutzen alle Teilnehmer

von diesen Expertisen. Gerade auch für Studierende ermöglicht der Einblick in die aktuelle Forschungs- und Entwicklungspraxis positive Erkenntnisse für das Studium. Dies ist auch ein Auftrag nach unserer Satzung.

Mein Dank gilt meinen Vorstandskollegen und beteiligten Experten sowie unserem Geschäftsführer Rolf Seifert für die Organisation des Symposiums. Dr. Hartmut Gliemann vom Karlsruher Institut für Technologie gilt für die lokale Organisation mein besonderer Dank.

Hubert B. Keller, Vorsitzender HybridSensorNet e.V.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	Seite 2
Tagungsprogramm	Seite 5
Eingeladene Vorträge	Seite 7
- Dr. Can Dincer	Seite 7
- Prof. Dr. Christine Preisach	Seite 11
- Prof. Dr. Andreas Güntner	Seite 13
- Dr. María Loreto Mateu Sáez	Seite 15
Vorträge	Seite 17
Poster	Seite 29
OpenForum	Seite 36

Tagungsprogramm

8.11.2023	HybridSensorNet e.V., Mitgliederversammlung, Fachsymposium, Open Forum (ZEISS Innovation Hub @KIT)
10.30-11.30	Mitgliederversammlung HSN e.V
ab 12.00	Einlass und Registrierung
12.50-13.00	Begrüßung
	Session 1 (Chair: NN)
13.00-13.40	Hauptvortrag Integrierte KI auf neuromorpher Hardware für smarte, drahtlose Sensorknoten Dr. María Loreto Mateu Sáez (Fraunhofer IIS, Erlangen)
13.40-14.05	Digital Twin for Hydrogen Refueling Stations: An Analytical Study for Safe and Efficient Operations Raduan Sarif (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM))
14.05-14.30	SoftSensorik am Beispiel der Freikalkbestimmung in der Zementindustrie mittels Machine Learning Dr. Hubert B. Keller, PD Dr. Sina Keller (ci-tec GmbH Karlsruhe):
14.30–15.00	Kaffeepause
15.00-17.00	Besichtigung Institut imKIT
1700-19.00	Open Forum – Partnerbörse für alle
ab 19.00	Get Together

9.11.2023	10. Fachsymposium, Postersession (ZEISS Innovation Hub @KIT)
ab 08:30	Einlass und Registrierung
	Session 2 (Chair: NN)
9:00-09.40	Hauptvortrag Disposable sensors for next-generation on-site testing Dr.-Ing. Can Dincer (Disposable Microsystems Group, University of Freiburg):
9:40-10.05	Application of two-sided laser emission from a transparent organic DFB laser to facilitate low-cost laser absorption spectroscopy Thilo Pudleiner (Institute for Sensor- and Information Systems (ISIS), University of Applied Sciences Karlsruhe)
10.05-10.30	Bioelektrische-Impedanzanalyse mit einem miniaturisierten Multisensor-System Hanno Platz (GED Gesellschaft für Elektronik und Design mbH):
10:30-10:50	Kaffeepause
	Session 3 (Chair: NN)
10:50-11.20	Hauptvortrag Molecular Health Sensors and Devices Prof. Dr. Andreas T. Güntner (Human-centered Sensing Laboratory, Department of Mechanical and Process Engineering, ETH Zürich, Department of Endocrinology, Diabetology and Clinical Nutrition, University Hospital Zurich and University of Zurich).
11:20-11:45	Backwards usage of a spinning rotor gauge as a viscosimeter to measure viscosity of hazardous gases in the zero-density limit down to 77 K Johanna Wydra (Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Astroparticle Physics - Tritium Laboratory Karlsruhe)

11.45-12.20	Discrimination of organic vapors in harsh conditions using a QCM based e-Nose with metal organic frame (MOF) sensor arrays Salih Okur (Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Functional Interfaces)
12:20-13:20	Mittagspause
13:20-13:45	Postersession/Ausstellung
	Elektronische Nase zur Differenzierung von flüchtigen Aromen und anderen gasförmigen Molekülen in Luft Salih Okur, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Functional Interfaces
	Medizinprodukt EQUIVert: ein akustisches Biofeedbacksystem zur Schwindeldiagnose und Schwindel- und Gleichgewichtstherapie, auf Basis eines Multisensorsystems Hanno Platz, Amirhossein Divanpour. GED Gesellschaft für Elektronik und Design mbH
	Pioneering Innovations in SURMOF-Based Sensors: Advancing Towards Industrialization in Optical Sensing Bahram Hosseini Monjezi, Institute of Functional Interfaces (IFG), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany
	Entwicklung einer Bioökonomiestrategie für die TechnologieRegion Karlsruhe "Bioökonomiestrategie für die TechnologieRegion Karlsruhe - RE ² source" Dr. Petra Jung-Erceg, Lenz Sulzer, TechnologieRegion Karlsruhe GmbH
	Session 4 (Chair: Dr.Hartmut Gliemann)
13:45-14:25	Hauptvortrag Künstliche Intelligenz für eine nachhaltige Zukunft unter Nutzung von Sensordaten Prof. Dr. Christine Preisach (Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik (IWI), Hochschule Karlsruhe, University of Applied Sciences)
14:25-14:50	Tritium-compatible spectroscopic monitoring of ozone Dominic Batzler (Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Astroparticle Physics - Tritium Laboratory Karlsruhe)
14:50-15:15	Safety through visibility: supraparticles make H₂ visible to the naked eye <u>Sarah Wenderoth, Jakob Reichstein</u> : (Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC),
	Abschluss
15:15-15:30	Ausklang mit Best Paper Presentation

Eingeladene Vorträge:

Dr. Can Dincer: Short bio:

Dr. Can Dincer is currently junior research group leader at FIT & IMTEK of the University of Freiburg. The main research interest of his group "Disposable Microsystems" is the development of bioanalytical materials/sensors/microsystems and their combination with data science and artificial intelligence for various applications including diagnostics, especially for point-of-care diagnostics and wearables, food and environmental monitoring. Having completed his studies in microsystems engineering, he received in 2016 his PhD degree with honour from the University of Freiburg. Between June 2017 – June 2019, Dr. Dincer also worked as a visiting researcher at the Department of Bioengineering at the Imperial College London. Since September 2019, he is also an Associate Editor of the journal "Biosensors and Bioelectronics" (Elsevier). In 2022, Dr. Dincer also joined to the International Advisory Board of the journal "Advanced Sensor Research" (Wiley).



Photo by Patrick Seeger (Uni Freiburg)

„Disposable sensors for next-generation on-site testing“

Dr. Can Dincer

Institut für Mikrosystemtechnik – IMTEK, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Abstract:

Disposable sensors are low-cost and easy-to-handle sensing devices for short-term or single-shot measurements. Over the last decade, they have become increasingly important for different applications, including from environmental, forensic, pharmaceutical, agricultural, and food monitoring to diagnostics, especially the point-of-care testing and wearables¹. In this talk, first a short introduction to disposable sensors will be given. Afterwards, different biosensing approaches, developed in my research group, for next-generation on-site testing will be presented: (i) A CRISPR-powered electrochemical biosensor for nucleic-acid-amplification-free, simultaneous and on-site detection of different RNAs for COVID-19 management²⁻⁴, (ii) multiplexed on-site therapeutic drug monitoring of antibiotics from invasive and non-invasive samples toward personalized antibiotherapy^{5,6}, (iii) wearable microfluidic immunosensing devices for lab-on-a-bird applications, (iv) low-cost electrochemical paper-based wearable sensors that can be integrated to any type of facemask for wearable and continuous monitoring of breath biochemistry⁷⁻⁹, and (v) light-controlled dynamic bioassays using optogenetic switches (OptoAssays) for wash- and pump-free point-of-care diagnostics¹⁰.

References

1. Dincer, C. *et al.* Disposable Sensors in Diagnostics, Food, and Environmental Monitoring. *Adv. Mater.* **31**, 1806739 (2019).
2. Johnston, M. *et al.* Multiplexed biosensor for point-of-care COVID-19 monitoring: CRISPR-powered unamplified RNA diagnostics and protein-based therapeutic drug management. *Mater. Today* **61**, 129–138 (2022).
3. Bruch, R. *et al.* CRISPR-powered electrochemical microfluidic multiplexed biosensor for target amplification-free miRNA diagnostics. *Biosens. Bioelectron.* **177**, 112887 (2021).
4. Bruch, R. *et al.* CRISPR/Cas13a-Powered Electrochemical Microfluidic Biosensor for Nucleic Acid Amplification-Free miRNA Diagnostics. *Adv. Mater.* **31**, (2019).
5. Glatz, R. T., Ates, H. C., Mohsenin, H., Weber, W. & Dincer, C. Designing electrochemical microfluidic multiplexed biosensors for on-site applications. *Anal. Bioanal. Chem.* (2022) doi:10.1007/s00216-022-04210-4.
6. Ates, H. C. *et al.* Biosensor-Enabled Multiplexed On-Site Therapeutic Drug Monitoring of Antibiotics. *Adv. Mater.* (2021) doi:10.1002/adma.202104555.
7. Maier, D. *et al.* Toward Continuous Monitoring of Breath Biochemistry: A Paper-Based Wearable Sensor for Real-Time Hydrogen Peroxide Measurement in Simulated Breath. *ACS Sensors* **4**, 2945–2951 (2019).
8. Ates, H. C. *et al.* End-to-end design of wearable sensors. *Nat. Rev. Mater.* **15**, 1–23 (2022).
9. Ates, H. C. & Dincer, C. Wearable breath analysis. *Nat. Rev. Bioeng.* **1**, 80–82 (2023).
10. Urban, N., Hörner, M., Weber, W. & Dincer, C. OptoAssay – Light-controlled Dynamic Bioassay Using Optogenetic Switches. *bioRxiv* (2021).

Vita von Prof. Dr. Christine Preisach

Prof. Dr. Christine Preisach

Professorin für Data Science und Informatik
Institut für Angewandte Wissenschaften

Hochschule Karlsruhe



Nach dem Studium der Informatik an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg hat Christine Preisach im Bereich Maschinelles Lernen /Künstliche Intelligenz zum Thema „Relational Semi-Supervised Classification Using Multiple Relations“ an der Universität Hildesheim promoviert.

Danach war Sie bei SAP SE in verschiedenen Rollen beschäftigt, zunächst als Data Scientist und später als Product Owner, Data Science Manager und Vice President Data Science in IoT. Dort hat sie ein internationale Data Science Team im Bereich Internet der Dinge und insbesondere Predictive Maintenance, geleitet. In vielen Kundenprojekten (in der Automobil-, Maschinenbau-, Luftfahrt- und Energieversorgungsindustrie) hat sie sich mit Maschinellern Lernen auf großen Datenmengen (Sensordaten/ Zeitreihen von Maschinen) beschäftigt, Software Produkte in diesem Bereich entwickelt und angewandte Forschung betrieben.

Bei der Allianz Lebensversicherungs-AG war sie Leiterin des Bereiches Advanced Analytics und Chief Data Officer. Dort war sie im Bereich Digitalisierung für die Daten- und Analytics-Strategie sowie für ein Team von Data Scientists verantwortlich.

Seit 2021 ist sie Professorin für Data Science und Informatik an der Hochschule Karlsruhe und forscht zu Maschinellern Lernen auf Sensordaten.

Künstliche Intelligenz für eine nachhaltige Zukunft unter Nutzung von Sensordaten

Prof. Dr. Christine Preisach

*Fakultät für Informationsmanagement und Medien, Institut für Angewandte Forschung, Hochschule
Karlsruhe*

Motivation und Einführung

Künstliche Intelligenz (KI) und Maschinelles Lernen (ML) werden in vielen Anwendungsfeldern eingesetzt, zum Beispiel in verschiedenen Branchen der Wirtschaft [1], z.B. Versicherungen, Bankenwesen, produzierende Industrie, usw. Auch unabhängig von der Branche wird KI immer häufiger genutzt um verschiedene Prozesse der Wertschöpfungskette (z.B. Marketing, Vertrieb, Finanzbuchhaltung [2]) zu optimieren.

Weniger häufig wird KI für die größten Herausforderungen unserer Zeit eingesetzt: Den Klimawandel und die damit verbundene Notwendigkeit ausreichender Erneuerbaren Energien sowie der Verlust der Biodiversität. Die globalen Nachhaltigkeitsziele (SDG - Sustainable Development Goals – Abb.1), die von der Vereinten Nationen in der Agenda 2030 definiert wurden, beschreiben gut, welche Ziele für mehr Nachhaltigkeit erreicht werden sollten.

Wenn man die Anzahl der Veröffentlichungen zum Thema KI und Nachhaltigkeit betrachtet, sieht man eine positiven Trend [3], allerdings ist bisher Nachhaltigkeit nicht der treibende Faktor für den Einsatz von KI [4], [5].



Abb.1: 17 globale Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, kurz SDGs) der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen [6]

Anwendungsfälle und Lösungen

Im Folgenden werden verschiedene Anwendungsfälle, die man den Nachhaltigkeitsziele 7 – (bezahlbare und saubere Energie), 9 (Industrie, Innovation und Infrastruktur), 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) und 15 (Leben an Land) zuordnen kann, vorgestellt. Diese Anwendungsfälle sind dadurch gekennzeichnet, dass häufig Sensordaten in großer Menge verfügbar sind oder gesammelt werden können.

Für jeden Anwendungsfällen, werden umgesetzte bzw. mögliche Lösungen diskutiert.

Erhöhung der Energiesicherheit durch Reduzierung von Infrastrukturausfällen:

Um die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung und der Europäischen Union zum Thema erneuerbare Energien zu erreichen, müssen die Ressourcen für die Energieversorgung effizient genutzt werden. Die Zustandsüberwachung von Windenergieanlagen spielt dabei eine wichtige Rolle, da sie Stillstandzeiten und Folgeschäden verhindern kann. Darüber hinaus ermöglicht eine präzise Fehlerfrüherkennung eine Steigerung des Energieertrags und den Übergang von reaktiver Instandhaltung zu einer zustandsbasierten Instandhaltung (condition-based maintenance). Die Leistungsfähigkeit erneuerbarer Erzeugungsanlagen ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen, wodurch zunehmend mehr Daten, insbesondere Sensordaten aus SCADA Systemen zur Verfügung stehen. Ohne maschinelle Unterstützung wird es dadurch immer schwieriger, den Zustand der Anlagen zu beurteilen. Jede neue Analyse, Überwachungsmethode oder Kennwert erhöht den Bedarf an manueller Klassifizierung durch Fachexperten. Mit zunehmender Anzahl der zu überwachenden Kennwerte oder verfügbaren Signale wird auch die Verwaltung und Aktualisierung von Schwellenwerten zur Erkennung von Abweichungen immer komplexer und zeitintensiver. Zusätzlich erschweren unterschiedliche Arten von Informationen und deren zeitliche Auflösung die Situation (Datenheterogenität).

Da Schäden selten und sehr vielfältig auftreten können, benötigen selbstlernende Verfahren viele charakterisierende Schadendaten. Diese Daten fehlen in der Praxis, wodurch solche Verfahren in der Regel nur allgemeine Aussagen über den Zustand einer Anlage machen können. Konkret bedeutet dies, dass eine sehr allgemeine Klassifikation durch ein Modell z.B. "Die Anlage ist auffällig" eine manuelle Analyse nach sich zieht, um auf bestimmte Defekte und spezifischen defekte Komponenten zu schließen. Aus dieser Situation ergibt sich die Notwendigkeit der Entwicklung von skalierbaren und ganzheitlichen Überwachungsmethoden. Der Überwachungsaufwand darf sich mit dem steigenden Anlagenzubau nicht weiter erhöhen. Dies erfordert automatisierte Diagnosen von Schäden (zum Beispiel über halbüberwachte ML Verfahren) und die Anwendung der Erkenntnisse zwischen Anlagen (Transfer Learning). Der manuelle Diagnoseaufwand sollte sich auf seltene und schwierige Schäden konzentrieren. Kleinere Modelle überwachen zurzeit kontinuierlich einzelne Komponenten und bewerten ihren Zustand. Ein übergeordnetes Meta-Modell soll auf Grundlage der Zustandsbewertungen der kleinen Modelle, Probleme identifizieren und den betroffenen Komponenten zuordnen können.

Dies wird im Verbundvorhaben „AutoDiagCM – Automatisierte Diagnose von Schäden an Windenergieanlagen“ [7] das im Rahmen der Energieforschung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz erforscht.

Automatisierte Ermittlung des Solarenergiepotentials:

Um die Menge an Erneuerbarer Energie zu erhöhen, ist die automatische Erkennung gut geeigneter Dächer für Photovoltaik ein gutes Mittel. So kann das Solarenergiepotential für eine ganze Stadt oder Gemeinde einfach und kostengünstig ermittelt werden.

Zurzeit wird in der aktuellen Forschung mit hochauflösenden Daten die durch LiDAR Sensoren aufgezeichnet werden, gearbeitet, dadurch ist es möglich die Fläche und Ausrichtung von Dächern automatisch und sehr genau zu erkennen. Diese Daten sind aber für sehr viele Gebiete nicht vorhanden, da die Aufzeichnung durch LiDAR Sensoren teuer ist.

Ein Lösungsansatz für dieses Problem ist die Nutzung von Satelliten- oder Luftbildern statt von LiDAR Daten, diese sind für alle Gebiete kostenlos verfügbar. In unsere Arbeit haben wir den Roof Information Dataset - RID Datensatz [8] der hochaufgelöste Luftbilder von der Google Maps API [9] enthält, genutzt und mit weniger aufwändig aufbereitete Trainingsdaten (weniger Klassen für die Dachorientierung als in [10]) Deep Learning Algorithmen für das Erkennen von Dachsegmenten und eine intelligente Nachverarbeitung implementiert [11], um die Orientierung des Daches performant und genau zu berechnen.

Biodiversität – Vorhersage der Bienenaktivität und Zusammenhänge zu Umwelteinflüssen:

Im Rahmen des Forschungsprojektes OCELI [12], ein Forschungsvorhaben zum Schutz von Bienen und weiteren Bestäuber Insekten in der Agrarlandschaft, haben wir Zusammenhänge zwischen Bienenaktivität und Umweltparametern datenbasiert untersucht. Es wurden Auswirkungen einzelner Einflussfaktoren auf die Bienen untersucht um, so Hypothesen über konkrete Ursachen des Insektensterbens zu überprüfen. Bisläng gab es noch keine Möglichkeit, systematisch und großflächig Daten darüber zu sammeln, wie sich Maßnahmen der Gestaltung landwirtschaftlich genutzter Flächen auf Insekten auswirken.

In diesem Projekt wurden Sensordaten über das Wetter (Luft-, Bodentemperaturen, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit usw.), die Luftqualität sowie Informationen aus Satellitendaten (Bodenfeuchte, Landnutzung) genutzt. Die Bienenaktivität wird über ein vernetztes Kamerasystem aufgezeichnet, das am Eingang von Bienenstöcken installiert wurde. Es erfasst dort kontinuierlich alle ein- und ausfliegenden Tiere und die Informationen, die diese über ihre Umgebung mitbringen. Aus den Videoaufnahmen wurde die Bienenaktivität quantitativ und qualitativ mit KI Technologie extrahiert [12]. Um die Bienenaktivität vorherzusagen wurden nichtlineare Blackbox Modelle (unter anderem Deep Learning Algorithmen) eingesetzt die zu einer hohen Genauigkeit geführt haben. Für die Erklärung der Zusammenhänge zwischen Bienenaktivität und Umweltfaktoren wurden einerseits klassische erklärbare Regressionsmodelle, andererseits aber auch Ansätze von „Explainable AI“ [13] genutzt. Die Erklärung wurde bei dem verwendeten Explainable AI Ansatz nachträglich mit Shapley Werten [13] aus den Blackbox Modellen extrahiert.

Herausforderungen

In unseren Anwendungsfällen sind wir einige Herausforderungen begegnet. Diese kann man in vier Kategorien einteilen:

1. Datenmenge und Datenqualität
2. Problem der unbalancierten Klassen /seltene Ereignisse
3. Merkmalsauswahl
4. Erklärbarkeit der Ergebnisse

Im Folgenden werden wir diese Herausforderungen und mögliche Lösungen beschreiben.

Bei einige Anwendungsfällen hatten wir zu wenige beobachtete Daten (zum Beispiel im Projekt zur Vorhersage der Bienenaktivität). Bei Zeitreihendaten die oft eine Saisonalität aufweisen (wie es bei Umweltsensordaten ist), ist es wichtig mindestens ein ganzes Jahr an Daten zu nutzen. Wenn das nicht gegeben ist, können die Erkenntnisse nicht gut verallgemeinert und zum Beispiel auf andere Zeiträume angewandt werden. In diesem Fall müssen also mehr Daten gesammelt werden um zu robusten, verallgemeinerbaren Erkenntnissen zu kommen.

Datenqualitätsprobleme sind weitläufig bekannt und treten sehr häufig aus, auch in unseren Sensordaten, die in den hier vorgestellten Anwendungsfällen genutzt wurden, war das der Fall. Fehlende Werte, Ausreißer und unzuverlässige Labels waren häufig ein Problem und mussten behandelt werden. Hier haben wir die Daten bereinigt und zum Beispiel intelligente Imputationsverfahren für fehlende Werte genutzt bzw. haben wegen unzuverlässiger Labels (im Fall von Fehlerklasse bei Windenergieanlagen) auf halb- und unüberwachte Verfahren zurückgegriffen.

Wenn eine Klasse deutlich weniger häufig beobachtet wird, spricht man von unbalancierte Klassenverteilung bzw. vom „Rare Event Problem“. Dies tritt auch bei Sensordaten häufig auf, zum Beispiel gilt das für Naturkatastrophen, Auftreten von Fehlern bei Anlagen (hier in Windenergieanlagen) und allgemein bei der Anomalie Erkennung. Unbalancierte Klassenverteilung führen bei vielen ML Klassifikationsalgorithmen zu einer geringen Genauigkeit [14], [15] .

Hier gibt es verschiedene Lösungsmöglichkeiten: Durch Over- oder Undersampling bzw. eine kombinierte Strategie (SMOTE) [16] eine künstliche Balance der Klassen in den Daten herstellen oder die Verwendung von halbüberwachten oder unüberwachten ML-Algorithmen die weniger von dem Problem der unbalancierten Klassenverteilung betroffen sind.

Die Auswahl der relevanten Merkmale die in einem ML Modell verwendet werden, ist oft schwierig, das trifft insbesondere bei großen Datensätzen mit multidimensionalen Sensordaten zu. Häufig sind die gemessenen Werte auch stark miteinander korreliert und führen dadurch zu schlechteren Vorhersageergebnissen. Hier kann es helfen Domänenexperten hinzuzuziehen um relevante Merkmale zu identifizieren oder zusätzlich automatisierte Merkmalsauswahl-Algorithmen anzuwenden. Eine andere Möglichkeit ist es Deep Learning Verfahren zu nutzen, wo keine Merkmalsauswahl durchgeführt werden muss, dies geschieht automatisch im gelernten tiefen Neuronalen Netz.

Die Nutzung sogenannter Blackbox Modelle kann generiert oft sehr genaue Vorhersagen, führt aber dazu, dass wir die Effekte und Ergebnisse solcher Modelle nur schlecht oder gar nicht erklären können.

Erklärbare (oft lineare Modelle) sind allerdings meist weniger genau. Zurzeit wird intensiv an Lösungsmöglichkeiten für dieses Dilemma geforscht, diese erforschten Verfahren werden dem Bereich „Explainable AI“ zugeordnet. Bei der Analyse der Bienenaktivität haben wir gute Erfahrung mit der Nutzung von Shapley Values, die Auskunft über den Beitrag eines Merkmals zur Vorhersage geben, gemacht.

Zusammenfassung und Fazit

Es gibt viele Anwendungsfälle für die Nutzung von KI die zu einer nachhaltigen Zukunft beitragen können. Wir haben exemplarisch Anwendungsfälle zur Nutzung von KI Verfahren im Bereich der Erneuerbaren Energien und der Biodiversität vorgestellt und Lösungen sowie Herausforderungen aufgezeigt.

Neben diesen praktischen Herausforderungen die sich in vielen KI-Projekten mit Sensordaten ergeben, ist aber zu beachten, dass der Einsatz von KI-Modellen insbesondere von rechenintensiven Deep Learning Ansätzen, selbst meist einen negativen Einfluss auf den Klimawandel hat. Dies ist durch den hohen Strombedarf der Rechenzentren, die für das Lernen der Modelle eingesetzt werden, zu hohen CO₂ Emissionen führen (da die Stromerzeugung noch zu einem erheblichen Anteil durch Verbrennung von fossilen Energieträgern bestimmt ist). Der Technologie Sektor ist heute global für bis zu 4% der CO₂ Emissionen pro Jahr verantwortlich [17] und der Anteil der KI daran steigt stetig. Die Nutzung von Erneuerbaren Energien ist hier unbedingt erforderlich um mit KI einen positiven Beitrag zu einer nachhaltigen Zukunft zu leisten.

Literatur

- [1] B. E, L. R. Flaih, D. Yuvaraj, S. K, A. Jayanthiladevi, und T. S. Kumar, „Use Case of Artificial Intelligence in Machine Learning Manufacturing 4.0“, in *2019 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy (ICCIKE)*, Dez. 2019, S. 656–659. doi: 10.1109/ICCIKE47802.2019.9004327.
- [2] A. De Mauro, A. Sestino, und A. Bacconi, „Machine learning and artificial intelligence use in marketing: a general taxonomy“, *Ital. J. Mark.*, Bd. 2022, Nr. 4, S. 439–457, Dez. 2022, doi: 10.1007/s43039-022-00057-w.
- [3] L. Waltersmann, S. Kiemel, J. Stuhlsatz, A. Sauer, und R. Mieke, „Artificial Intelligence Applications for Increasing Resource Efficiency in Manufacturing Companies—A Comprehensive Review“, *Sustainability*, Bd. 13, Nr. 12, Art. Nr. 12, Jan. 2021, doi: 10.3390/su13126689.
- [4] D. Koch, J. Lentjes, F. Schuseil, und L. Waltersmann, „Nachhaltigkeit durch KI“, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Zugegriffen: 13. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/Publikationen/studien/nachhaltigkeit-durch-ki.html>
- [5] D. Koch, J. Lentjes, F. Schuseil, und L. Waltersmann, „Nachhaltigkeit durch KI“, Fraunhofer-Gesellschaft | KI-Fortschrittszentrum »Lernende Systeme und Kognitive Robotik«. Zugegriffen: 13. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ki-fortschrittszentrum.de/de/studien/nachhaltige-ki.html>
- [6] „Ziele für Nachhaltigkeit“. Zugegriffen: 15. Mai 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/nachhaltigkeit.html>
- [7] „AutoDiagCM - Automatisierte Diagnose von Schäden an Windenergieanlagen“. Zugegriffen: 13. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2&q=Manz%20AG&m=1&v=10&p=8&s=10&id=12649637>
- [8] S. Krapf, L. Bogenrieder, F. Netzler, G. Balke, und M. Lienkamp, „RID—Roof Information Dataset for Computer Vision-Based Photovoltaic Potential Assessment“, *Remote Sens.*, Bd. 14, Nr. 10, Art. Nr. 10, Jan. 2022, doi: 10.3390/rs14102299.
- [9] „Google. Google Maps Static API.“ Zugegriffen: 21. März 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://developers.google.com/maps/documentation/maps-static/overview>

- [10] S. Krapf, N. Kemmerzell, S. Khawaja Haseeb Uddin, M. Hack Vázquez, F. Netzler, und M. Lienkamp, „Towards Scalable Economic Photovoltaic Potential Analysis Using Aerial Images and Deep Learning“, *Energies*, Bd. 14, Nr. 13, Art. Nr. 13, Jan. 2021, doi: 10.3390/en14133800.
- [11] „Deep Learning for Photovoltaic Potential - Evaluation of an Alternative Approach for Roof Segmentation and Orientation Determination“. [Online]. Verfügbar unter: https://github.com/dpakprajul/RID-master_Parajuli
- [12] „Verbundprojekt: OCELI“. Zugegriffen: 14. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://oceli.de/>
- [13] A. Holzinger, A. Saranti, C. Molnar, P. Biecek, und W. Samek, „Explainable AI Methods - A Brief Overview“, in *xxAI - Beyond Explainable AI: International Workshop, Held in Conjunction with ICML 2020, July 18, 2020, Vienna, Austria, Revised and Extended Papers*, A. Holzinger, R. Goebel, R. Fong, T. Moon, K.-R. Müller, und W. Samek, Hrsg., in Lecture Notes in Computer Science. , Cham: Springer International Publishing, 2022, S. 13–38. doi: 10.1007/978-3-031-04083-2_2.
- [14] H. He und E. A. Garcia, „Learning from Imbalanced Data“, *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, Bd. 21, Nr. 9, S. 1263–1284, Sep. 2009, doi: 10.1109/TKDE.2008.239.
- [15] R. P. Ribeiro und N. Moniz, „Imbalanced regression and extreme value prediction“, *Mach. Learn.*, Bd. 109, Nr. 9, S. 1803–1835, Sep. 2020, doi: 10.1007/s10994-020-05900-9.
- [16] A. Fernandez, S. Garcia, F. Herrera, und N. V. Chawla, „SMOTE for Learning from Imbalanced Data: Progress and Challenges, Marking the 15-year Anniversary“, *J. Artif. Intell. Res.*, Bd. 61, S. 863–905, Apr. 2018, doi: 10.1613/jair.1.11192.
- [17] C. Freitag, M. Berners-Lee, K. Widdicks, B. Knowles, G. S. Blair, und A. Friday, „The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations“, *Patterns*, Bd. 2, Nr. 9, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.patter.2021.100340.

Prof. Dr. Andreas Güntner: Short Bio:

Andreas Güntner is an Assistant Professor of Chemical Sensing at ETH Zürich and a Research Associate at the University Hospital Zürich. He completed his MSc in Mechanical Engineering in 2014 and his Ph.D. in 2017 at ETH Zürich earning him two ETH Medals for outstanding theses. Thereafter, he served as CEO and co-founder of Alivion AG that has successfully commercialized the first handheld methanol detector with clients on four continents in the food, oil & gas, health and transportation industries. In 2022, Andreas returned to academia and founded the Human-centered Sensing Laboratory at ETH Zürich that centers around physics, chemistry and medicine to gain new fundamental understanding on micro/nanosystems and their application as chemical sensors to tackle healthcare and environmental issues. Andreas has published >40 original research articles in leading journals (e.g. Nature Food, Nature Commun., Angew. Chemie, Advanced Science) and has been frequently featured by news outlets around the world (100+ since 2016). His scientific and entrepreneurial activities have been recognized by several awards, including ERC Starting Grant, Emerging Technology Award by the Royal Society of Chemistry, Beiersdorf Excellence Award in Product Design and Engineering by the European Fed. Chem. Eng., Association for Aerosol Research (GAeF) PhD Award and the De Vigier Award.



Molecular Health Sensors and Devices

Andreas T. Güntner^{1,2}

¹Human-centered Sensing Laboratory, Department of Mechanical and Process Engineering, ETH Zürich

²Department of Endocrinology, Diabetology and Clinical Nutrition,
University Hospital Zurich and University of Zurich

Contact: andregue@ethz.ch

Abstract: Today's electronic devices like smartphones or smartwatches would be ideal for mobile and point-of-care health monitoring. Yet, such devices are not capable of tracing chemicals, as suitable molecular sensors are missing. While nanotechnology offers strategies to design transducers (e.g., plasmonic or chemoresistive nanoparticles) that can quantify critical compounds at sufficiently low concentrations, selectivity and reversibility remain contradictory constraints. Here, I will discuss novel processes to tailor the morphology and surface properties of sensing nanostructures by dry synthesis methods¹. Recently, this has enabled receptors and transducer with selective and reversible interaction for various molecule types. To demonstrate the immediate practical impact, I will highlight several showcases: (1) continuous sensing of breath acetone^{2, 3} in health and diabetes⁴ that is currently evaluated in clinical trials, sensing carcinogenic air pollutants like benzene⁵ and formaldehyde⁶ even by smartphone or naked eye, and finally the detection of toxic methanol⁷ in breath⁸ and beverages⁹ that has led last year to a commercial device with customers already in 24 countries¹⁰.

Literatur

1. Güntner, A. T.; Pineau, N. J.; Pratsinis, S. E., Prog. Energy Combust. Sci. 2022, 90, 100992.
2. Weber, I. C.; Braun, H. P.; Krumeich, F.; Güntner, A. T.; Pratsinis, S. E., Adv. Sci. 2020, 7, 2001503.
3. Weber, I. C.; Derron, N.; Königstein, K.; Gerber, P. A.; Güntner, A. T.; Pratsinis, S. E., Small Science 2021, 1 (4), 2100004.
4. Güntner, A. T.; Weber, I. C.; Schon, S.; Pratsinis, S. E.; Gerber, P. A., Sens. Actuators B 2022, 367, 132182.
5. Weber, I. C.; Rüedi, P.; Šot, P.; Güntner, A. T.; Pratsinis, S. E., Adv. Sci. 2022, 9 (4), 2103853.
6. Güntner, A. T.; Schenk, F. M., Nanoscale 2023, 15 (8), 3967-3977.
7. van den Broek, J.; Abegg, S.; Pratsinis, S. E.; Güntner, A. T., Nature Commun. 2019, 10 (1), 4220.
8. van den Broek, J.; Bischof, D.; Derron, N.; Abegg, S.; Gerber, P. A.; Güntner, A. T.; Pratsinis, S. E., Anal. Chem. 2021, 93 (2), 1170-1178.
9. Abegg, S.; Magro, L.; van den Broek, J.; Pratsinis, S. E.; Güntner, A. T., Nature Food 2020, 1 (6), 351-354.
10. Güntner, A. T.; D'Andria, M.; van den Broek, J., Nature Reviews Bioengineering 2023, 1 (6), 385-387.

Dr. María Loreto Mateu Sáez (Fraunhofer IIS, Erlangen)

Vita:

Integrierte KI auf neuromorpher Hardware für smarte, drahtlose Sensorknoten

Dr. María Loreto Mateu Sáez (Fraunhofer IIS, Erlangen)

Abstract

VORTRÄGE:

Safety through visibility: supraparticles make H₂ visible to the naked eye

Sarah Wenderoth, Jakob Reichstein, Benedikt Schug, Susanne Wintzheimer, Karl Mandel

Fraunhofer-Institute for Silicate Research ISC, Würzburg

In the future, green hydrogen (H₂) will be a key component of a climate-friendly and sustainable energy economy. H₂ cannot be seen, smelled or directly perceived by other human senses. Mixtures of H₂ and air, however, pose an acute danger by due to their wide flammable range (4-75 vol% H₂) and the possibility to form explosive atmospheres. Therefore, any undesired release of H₂ must be detected quickly, inexpensively, reliably, without electricity, safely, and most importantly, in a way that is universally understandable. This is the only way to make the future use of H₂ in industry, but also in households, safe.

Our approach to detect H₂ in a simple way is a novel particle-based powder indicator concept. The special feature of this flexible, powder-based indicator derives from the structure of the individual particles. These are so-called supraparticles[1], which are created in the spray-drying approach and consist of thousands of smaller nanoparticles (NPs). In the case of H₂ indicator supraparticles, various different building blocks (framework-building NPs, catalyst NPs, resazurin dye molecules) are used, that each possess a specific function in the detection of H₂. [2] Due to the supraparticulate structure, it is possible to create a microenvironment in a very small space in which a sensitive dye can change its molecular structure and thus its color. In the presence of H₂, gas molecules enter the pore system of the supraparticles and dissociatively adsorb at the reactive surfaces of the incorporated catalyst NPs. The activated H-atoms can subsequently react with the dye molecules. In a first reduction reaction, resazurin is irreversibly converted into resorufin, which results in a first color change of the supraparticle powder from violet to pink (Figure 1). With continued exposure to H₂, resorufin is reversibly reduced to hydroresorufin accompanied by a second color change from pink to colorless. As soon as the H₂ load is removed, hydroresorufin is converted back into resorufin and the supraparticles regain their pink color. [2] This creates a traffic light system that uses a simple color change to indicate the presence of H₂ in the ambient air.

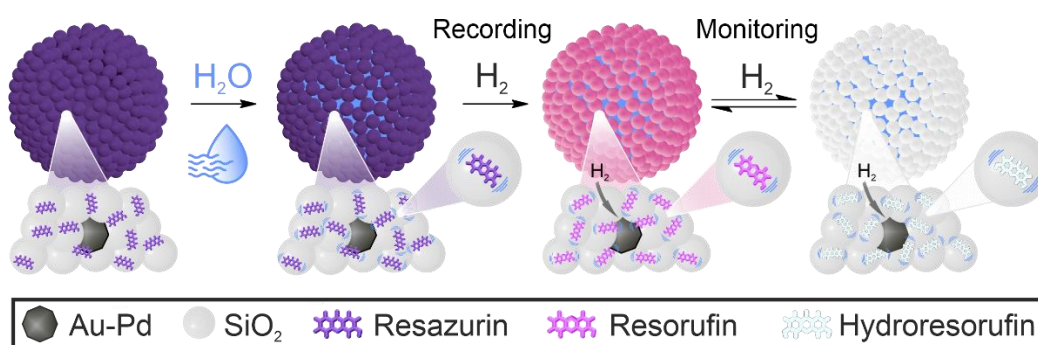


Figure 1. H₂ indicator supraparticles adsorb H₂O from humid atmospheres into their mesopores, granting molecular mobility of dye molecules. In the presence of H₂, the supraparticles show a two-step (ir)reversible color change reaction of purple resazurin to pink resorufin and colorless hydroresorufin. [2].

This indicator system can be easily and inexpensively manufactured on a large scale and can be used in a variety of ways. Moreover, the utilized toolbox-like fabrication approach offers multiple options to customize the performance of the supraparticles by variation of their key components. Varying the incorporation catalyst NPs, for instance, can drastically improve the extend of their color change reaction as well as their response time (Figure 2). [3] In addition, H₂ indicator supraparticles possess a broad detection range over more than three orders of magnitude (up to more than 66 vol% H₂) and a low limit of

detection (lower than 0.2 vol% that is, more than one order of magnitude below the lower explosion limit).[4] Thanks to their particulate character, the supraparticles can be flexibly applied into various matrices and application scenarios. Incorporated into gloves or leak detection sprays, they can detect faulty seals in pipelines. As additive in a coating of, e.g., hydrogen refuelling stations, cars or heating systems, the color change of the supraparticles can quickly and easily alert anyone to a hazard.

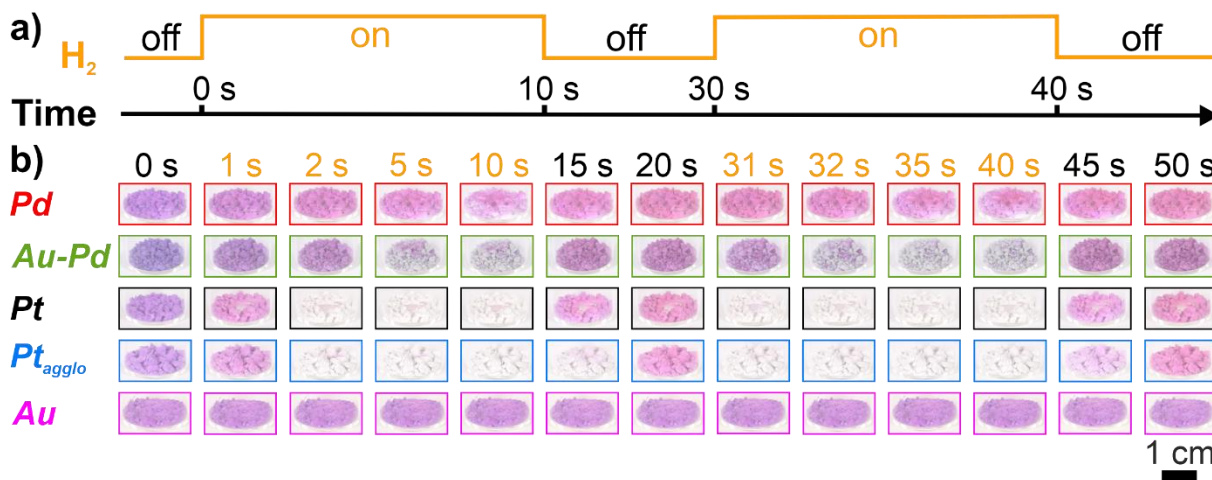


Figure 2. Color change reaction of H₂ indicator supraparticles in the presence of H₂: (a) applied H₂ gas dosing procedure; (b) snapshots of SPs with different catalyst NPs at certain times during the H₂ gas dosing indicating their color change.

References

- [1] Wintzheimer, S., Reichstein, J., Groppe, P., Wolf, A., Fett, B., Zhou, H., Pujales-Paradela, R., Miller, F., Müssig, S., Wenderoth, S., Mandel, K., *Adv. Funct. Mater.*, **2021**, 31, 2011089.
- [2] Reichstein, J., Schötz, S., Macht, M., Maisel, S., Stockinger, N., Collados, C. C., Schubert, K., Blaumeiser, D., Wintzheimer, S., Görling, A., Thommes, M., Zahn, D., Libuda, J., Bauer, T., Mandel, K., *Adv. Funct. Mater.*, **2022**, 32, 2112379.
- [3] Zhang K., J., Schötz, S., Reichstein, J., Groppe, S., Stockinger, N., Wintzheimer, S., Mandel, K., Libuda, J., Retzer, T., *J. Chem. Phys.*, **2023**, 158, 134722.
- [4] Zhang K., J., Reichstein, J., Groppe, S., Schötz, S., Stockinger, N., Mandel, K., Libuda, J., Wintzheimer, S., Retzer, T., *Chem Mater.*, **2023**, 35, 6808-6822.

Application of two-sided laser emission from a transparent organic DFB laser to facilitate low-cost laser absorption spectroscopy

Thilo Pudleiner, Matthias Wagner, Christian Karnutsch

Institute for Sensor- and Information Systems (ISIS), Research Group 'Integrated Optofluidics and Nanophotonics (IONAS)', University of Applied Sciences Karlsruhe, Germany

A novel compact laser absorption spectrometer is developed for colorimetric and turbidimetric detection. We show the realization of the setup as well as the implementation of two fundamentally different types of measurements. The colorimetric malachite green (MG) method is used for the detection of phosphates in water samples, and a particle-enhanced turbidimetric immunoassay method is used to analyze the protein Cystatin C, a biomarker for kidney function. This photometer system demonstrates the ease of integration of organic distributed feedback (DFB) lasers and their miniaturizability, leading the way towards optofluidic on-chip absorption spectrometers.

We constructed an optically pumped organic second-order DFB laser on a transparent substrate, including a transparent encapsulation layer, to have access to both emission directions of the surface-emitting laser. Using the two different surface emission directions of the laser resonator allows monitoring of the emitted light intensity without using additional optical elements. Our laser absorption spectrometer is compared to a conventional UV-VIS spectrometer. The presented application examples show that the organic laser absorption spectrometer yields comparable absorbance values with similar signal-to-noise ratio as a commercial spectrometer.

The use of organic emission sources covers the entire visible spectrum (and beyond) and enables the detection of analytes through many different color-forming reactions. The sandwich design and the surface emission of an organic second-order DFB laser offer the possibility to integrate a laser source directly onto a microfluidic channel. Our work highlights the integrability by enabling the laser source to be monitored using two-sided emission.

Digital Twin for Hydrogen Refueling Stations: An Analytical Study for Safe and Efficient Operations

Raduan Sarif¹, Carlo Tiebe¹, Marc Reichenbach²

This contribution is dedicated to the memory of Dr. rer. nat. habil. Michael Maiwald¹

¹*Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM),*

²*Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg*

Abstract

Hydrogen (H₂) fuels are gaining significant attention as an alternative energy source because it is clean, non-toxic, and sustainable; as a result, it becomes an appropriate substitute for petroleum-derived fuels in automotive applications. Furthermore, there is a substantial focus on commercializing hydrogen fuel cell vehicles (FCVs) and new infrastructure plans for safely transferring hydrogen fuel to automobiles and achieving zero carbon emissions. A hydrogen refueling station (HRS) is a complex unit consisting of various devices that interact with each other and simultaneously have significant interactions with the external atmosphere and environmental influences. The fundamental risks of HRS include burning, fire, explosion, overpressure, temperature risk, hydrogen flow, and possible adverse effects on human health from close contact or exposure. It must incorporate measurement techniques to lower the risk of fire, explosion, deflagration, and pressure waves to a manageable level. Several regulations, codes, and standards apply to the design, construction, and operation of hydrogen refueling stations, constantly being updated, and revised as new technologies and practices emerge. The standards SAE J2601^[1], ISO 19880-1:2020^[2] and academic studies^[3] published hydrogen standard fueling protocol process limits for light-duty vehicle dispensing systems; during the fueling process, the dispensing system shall meet the fueling protocol limits or terminate the fueling within 5 s. Fueling pressure should be less than the maximum operating pressure (MOP), a minimum of 700 bar, and a maximum of 875 bar. The dispenser fuel temperature is between -40 °C to -17°C. Also, the vehicle's compressed hydrogen storage system (CHSS) temperature of 85 °C, pressure of 350 or 700 bar (depending on vehicle size), and H₂ flow rate is 60 g/s. Overall to enhance the safety and ensure the proper application of the fueling protocol, several technology solutions are necessary to monitor the total process status data of the HRS dispensing unit.

Statistical process control (SPC) is a set of statistical tools and techniques to monitor and control industrial processes. A digital twin (DT) is one type of SPC that can improve process efficiency, increase productivity, and better quality control of the industries. It can be defined as a virtual dynamic representation of a physical space connected to it over the entire lifecycle for bidirectional information and data exchange. The physical space automatically transfers information to the virtual space during the whole process lifecycle. The virtual space instead identifies the improvements, control demands, or predictions and sends them back the data to the real space for improvements; data exchange is an automatic process. The digital twin has emerged as a possible option for HRS system monitoring by improving innovation and design, visually enhancing collaboration, and enabling the ongoing operation of connected components. It provides live or near real-time information to proactively improve, optimize, and transform the process operation using emerging technologies like the Internet of Things (IoT), Big Data, edge computing, machine learning, and predictive analytics. The DT will help with HRS real-time monitoring, leakage detection, future condition prediction, optimization, indirect carbon emissions reductions, and maintenance. HRS is the real space for this project, and the IoT, software simulation, data analytics, and data cloud are the virtual space.

The project's extended goal is to optimize and validate the process management based on pipe and instrumentation diagrams (P&ID) of hydrogen fueling stations using a digital twin, specifically sensor technology and data mining methods. Applications of trustworthy hydrogen sensors, manometers, thermometers, flow meters, and the acquisition of weather data (mobile and stationary) create an essential foundation for collecting additional relevant measured variables in the test platform. The development of Data Mining ideas for process control technologies for condition monitoring and identification of process

abnormalities is prioritized. Develop digital fueling station management modules using machine learning, and AI approaches with other strategies to extend the existing policies, such as the demand-side response (DSR) system. Applying AI-driven DSR measures for maintenance, leak detection, and indirect carbon emissions reductions, as well as attaining a net-zero objective via renewable energy trading at the operator level. Demonstrate using data mining techniques for analysis and forecasting in the service station control room. One of the challenges in implementing this project would be identifying potential safety hazards associated with HRS, including dispensing unit; as well as finding and validating the key factors and parameters that affect hydrogen behavior during the fueling process. This study is the initial step of the project, which includes a thorough analysis of the current literature, refueling protocol, standards, mathematical model, simulation model, and current trends in digital twins and H₂ technologies to investigate the different characteristics (leakage, temperature, pressure, and hydrogen flow) and use cases of the hydrogen fuel station to digitalize the process. Various real gas equations, such as the Van der Waals^[4] and Able-Noble equations^[5, 6], are applied to analyze the key factors and parameters affecting hydrogen and the MATLAB simulation model to validate the key elements and parameters. This study also focuses on identifying and addressing research gaps in hydrogen technology, contributing to advancing hydrogen infrastructure, and supporting the global transition to cleaner energy solutions.

Overall, hydrogen is the next-generation fuel that holds the potential to meet the world's energy needs while effectively reducing carbon emissions. However, to realize its full potential, several technological limitations must be addressed to ensure safety and reliability. Therefore, a strong focus on modern hydrogen infrastructure, such as automated and digitalized hydrogen fueling stations (HRS), becomes crucial. These analytical studies with real gas equations provide an overview of the safe fueling process, which involves calculating the maximum pressure before fueling to mitigate risks like over-pressure, over-heating, and over-flow. Also, the current research gaps in hydrogen technology led to the development of a digital, secure, and fully automated HRS, including a proposed use case that could be a blueprint for future digital twins for the hydrogen sensor's traceability and calibration. Analyzing critical factors and parameters based on mathematical and simulation models helped to optimize the overall HRS process. These efforts contribute significantly to creating a greener and cleaner future, aligning with global goals of reducing carbon emissions and promoting environmentally friendly energy solutions.

Keywords: H2Safety@BAM; Graduate School "Trustworthy Hydrogen", SensRef; Digital twin; Data analytics; Sensor network

References

- [1] SAE J2601, Fueling protocols for light duty gaseous hydrogen surface vehicles **2020**, https://www.sae.org/standards/content/j2601_202005/.
- [2] ISO 19880-1:2020-03, *Gaseous hydrogen - Fuelling stations - Part 1: General requirements*, <https://www.iso.org/standard/71940.html>.
- [3] S. Maus, J. Hapke, C. N. Ranong, E. Wuchner, G. Friedlmeier, D. Wenger, Filling procedure for vehicles with compressed hydrogen tanks *International Journal of Hydrogen Energy* **2008**, 33, 17, 4612-4621, <https://10.1016/j.ijhydene.2008.06.052>.
- [4] P. Atkins, J. de Paula, *Physical Chemistry, Eighth Edition*, Oxford University Press, **2006** ISBN: 0-7167-8759-8.
- [5] I. A. Johnston, The Noble-Abel equation of state: thermodynamic derivations for ballistics modelling **2005**, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA454209.pdf>.
- [6] Vladimir Molkov, Mohammad Dadashzadeh, Dmitriy Makarov, Physical model of onboard hydrogen storage tank thermal behaviour during fuelling *International Journal of Hydrogen Energy* **2019**, 44, 8, 4374-4384, 10.1016/j.ijhydene.2018.12.115.

Tritium-compatible spectroscopic monitoring of ozone

Dominic Batzler, Robin Größle, Daniel Kurz, Semen Rusakov, Peter Winney

¹Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Institut für Astroteilchenphysik (IAP), Tritiumlabor Karlsruhe (TLK), Karlsruhe/Deutschland

Tritiated surfaces can be decontaminated by exposure to ozone that can be produced in-situ by UV light interaction with O₂. However, the underlying mechanism for UV based production and natural decay of ozone in a closed system are not well investigated. Hence, applications remain difficult to realise or may not be used to their full potential. With our dedicated setup, the UV/ozone (UVO) experiment, we aim to develop relevant analytic tools, and quantitatively investigate the production and decay properties of ozone and the ozone tritium decontamination method. For this, it is required to monitor ozone and other species, like normal and heavy water in the gas phase. This is assumed to be a major step in the decontamination process. The chosen methods for this are both IR and UV spectroscopy in order to detect ozone independently. In this contribution we present the use of two commercial spectrometers, as well as the analysis chain of the raw spectra and in house calibration to obtain quantitative information about the ozone concentration at different pressures. This is a very typical approach for the TLK to use as many of the shelf components and to adapt the interface or measurement cell and develop and proof a sound calibration strategy for the tritium use case.

Bioelektrische-Impedanzanalyse mit einem miniaturisierten Multisensor-System

Hanno Platz

GED Gesellschaft für Elektronik und Design mbH, Ruppichterodt-D

Die von GED neu entwickelte BIA-SensorNode Elektronik bietet eine Multisensor-Plattform für die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA), die Messungen von Vital- und Gesundheitsparametern am Körper ermöglicht. Über die hochsensitiven elektrochemischen Messungen wie die Amperometrie und Square-Wave Voltametrie (SWV) sind Messungen von wichtigen Körperparametern möglich. Blutzucker- und pH-Werte aber auch Troponin, Kreatin, Hämoglobin und Laktat können über die Adaption der neuen Foliensensoren vom Kooperationspartner accensors gemessen werden. Die Elektronik kann aufgrund der Miniaturisierung zusammen mit den Foliensensoren am Körper getragen werden und eignet sich damit für unterschiedlichste Sensorpatches.

Bei der BIA werden kleine elektrische Ströme erzeugt und in einem Frequenzbereich von 1kHz bis 200kHz die resultierende Impedanz (Impedanzspektroskopie) gemessen. Damit lassen sich verschiedene Informationen über die Körperzusammensetzung in Erfahrung bringen wie z.B. Muskelmasse, Fettanteil, Wasseranteil und andere Körperparameter.

Bei amperometrischen Messungen wird der resultierende Strom einer elektrochemischen Reaktion an einer Elektrodenoberfläche gemessen. Bei der hochsensitiven Messung werden Ströme im Bereich von Nanoampere bis Milliampere gemessen.

Das Sensor-Modul kann über die Bluetooth Low Energie Schnittstelle (BLE) mit Hilfe einer Hostsoftware über einen PC konfiguriert werden. Die Messdaten lassen sich dann in Echtzeit darstellen. Anschließend können diese Daten auf eine integrierte SD-Karte gespeichert werden. Das Multisensor-System SensorNode bietet die Möglichkeit weitere Sensoren wie Temperatur-, Feuchtigkeit-, Kraft- und Drucksensoren in das kleine, leistungsstarke Embedded System zu integrieren.

Highlight des BIA-SensorNode Systems ist die integrierte Funktion, dass mithilfe maschineller Lernalgorithmen (ML) verschiedene Moleküle anhand ihrer elektrochemischen Signaturen identifiziert und unterschieden werden können. Das erhöht die Präzision und Wirksamkeit der molekularen Identifizierung erheblich und macht sie zu einem wichtigen Werkzeug in einer Vielzahl von Disziplinen, einschließlich Umweltüberwachung, medizinischer Diagnostik und analytischer Chemie.

Der BIA-SensorNode bietet eine Plattform für ein einfaches KI-System für elektrochemische Analyse.

Discrimination of organic vapors in harsh conditions using a QCM based e-Nose with metal organic frame (MOF) sensor arrays

Salih Okur^a, Tawheed Hashem^a, Evgenia Bogdanova^a, Patrik Hodapp^b, Lars Heinke^a, Stefan Bräse^{b,c} and Christof Wöll^a

^a Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Functional Interfaces, Germany.

^bKarlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Organic Chemistry, Germany.

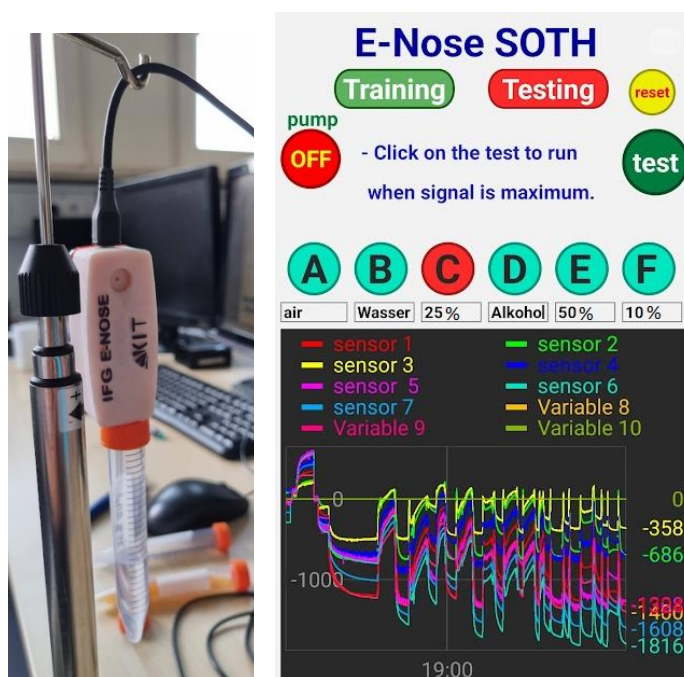
^cKarlsruhe Institute of Technology (KIT), Biological and Chemical Systems – Functional Molecular Systems (IBCS-FMS), Germany

Metal-organic frameworks (MOFs), with their well-defined and highly flexible nanoporous architectures, provide a material platform ideal to produce sensitive, selective and stable sensors. Sensitivity and selectivity of Volatile organic compounds (VOCs) can be significantly enhanced using a range of slightly varied MOFs. A QCM based gravimetric e-nose with surface anchored MOF-based (SURMOF) sensor array with highly stable UiO-66-X family have been fabricated by post-synthesis modification of a parent UiO-66-NH₂ SURMOF (X=NH₂, Cl, and N₃). 8 different volatile organic compounds have been discriminated using a low-cost custom-made portable e-Nose with three different classification techniques such as linear discriminant analysis (LDA) n-Nearest Neighbor (k-NN) and neural network classification analysis (NNA). Close to 100% discrimination accuracy was obtained in saturated vapor pressure. At low concentrations between 10 and 100 ppm, the discrimination accuracies were obtained between 74.8% and 99.9%. The lowest detection limits depend on the type of analytes and are between 20 and 400 ppm for most VOCs. The UiO-66-based sensors showed high stability and survived in harsh conditions, e.g. operation at @100%RH/@90 °C and even inside water @ pH of 1–7, @20 °C. Our results demonstrate that QCM-based sensors employing UiO-66-NH₂ SURMOFs represent a very versatile, robust, and highly sensitive platform for VOC detection. High sensitivity for target VOC can be obtained by suitable functionalization of the NH₂ side groups in highly stable UiO-66-X SURMOFs.

Some other different classical MOF sensors such as NU1000, HKUST-1, ZIF-8, UiO66, UiO66-NH₂, MOF-74, MOF-125, and MIL-68 have also been tested against some typical organic vapors such as aldehydes (acetaldehyde), ketones (acetone), some alcohols (ethanol, methanol), certain carboxylic acids (formic acid, acetic acid), sulphur compounds (allylphenylsulfide, DMSO) and nitrogen compounds (triethylamine DMF), chloride acid (HCl) and water. The structural stability tests and discrimination accuracies of the MOFs will be presented as well.

We have also developed a MOF based pocket size USB QCM e-nose model to be connected to handy/table via WiFi for practical e-nose application as seen in Figure 1. It can be easily trained with different organic vapors and tested with unknown substances among trained VOCs. A live demo will be presented with different organic vapor discrimination at the end of the presentation.

Figure 1: E-nose SOTH (IFG-KIT)



References

- 1- Hashem, T.; Valadez Sánchez, E. P.; Weidler, P. G.; Gliemann, H.; Alkordi, M. H.; Wöll, C., Liquid-Phase Quasi-Epitaxial Growth of Highly Stable, Monolithic UiO-66-NH₂ MOF thin Films on Solid Substrates. *Chemistry Open* 2020, 9 (5), 524-527.
- 2- Hashem, T.; Sanchez, E. P. V.; Bogdanova, E.; Ugodchikova, A.; Mohamed, A.; Schwotzer, M.; Alkordi, M. H.; Wöll, C., Stability of Monolithic MOF Thin Films in Acidic and Alkaline Aqueous Media. *Membranes* 2021, 11 (3), 207.
- 3- Qin, P.; Day, B. A.; Okur, S.; Li, C.; Chandresh, A.; Wilmer, C. E.; Heinke, L., VOC mixture sensing with a MOF film sensor array: Detection and discrimination of Xylene Isomers and their Ternary Blends. *ACS sensors* 2022, 7 (6), 1666-1675.
- 4- Okur, S.; Zhang, Z.; Sarheed, M.; Nick, P.; Lemmer, U.; Heinke, L., Towards a MOF e-Nose: A SURMOF sensor array for detection and discrimination of plant oil scents and their mixtures. *Sensors and Actuators B: Chemical* 2020, 306, 127502.
- 5- Okur, Salih; Hashem, Tawheed; Bogdanova, Evgenia; Hodapp, Patrick; Heinke, Lars; Bräse, Stefan; Wöll, Christof, "Optimized Detection of Volatile Organic Compounds Utilizing Durable and Selective Arrays of Tailored UiO-66-X SURMOF Sensors" submitted to *ACS Sensors* (2023)

Backwards usage of a spinning rotor gauge as a viscosimeter to measure viscosity of hazardous gases in the zero-density limit down to 77 K

Johanna Wydra, Michael Sturm, Robin Größle, Alexander Marsteller, Simon Niemes

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Institut für Astroteilchenphysik (IAP), Tritiumlabor Karlsruhe (TLK), Karlsruhe/Deutschland

The viscosity of gases is an important value in computational fluid dynamics. The viscosity of the radioactive hydrogen isotopologue tritium is still not known in literature in a sufficient accuracy to be used in such simulations. Tritium is becoming more and more important, since it is fueling fusion power. Values known from literature are only ab initio values carried out on a classical approach or extracted from hydrogen and deuterium by extrapolation of their mass ratios, with an estimated uncertainty of 5-10%. Especially the effect of the radioactivity and therefore the production of radicals and ions is unique for the tritium isotope and is neglected in all these models. The radioactivity also introduces several technical and safety constraints concerning the tritium handling, the allowance of operation and its confinement.

For viscosity measurements, different methods like the capillary viscometry are known for high accuracy results. In most cases the capillary has a length of about 1.5 m which have to be kept at constant temperature over the full length. This can be achieved by a thermal bath, where only a few temperature setpoints are measured. For tritium, this is no choice, since we want to measure over a continuous temperature range from 77 K to 300 K. In addition, most capillaries are made out of glass and therefore have a high risk of breaking, which is a show stopper for safe tritium handling.

Sensors like the spinning rotor gauge (SRG) from MKS instruments are fully made out of stainless steel and therefore intrinsically compatible to tritium. By using the SRG the volume which has to be thermally stabilized is small compared to the capillary viscometry, since the SRG is only about 10 cm long and 5 cm in diameter. Normally the SRG is a pressure gauge for ultra-high vacuum. In this case, the viscosity of the measured gas has to be known, to calculate the pressure. By measuring the pressure with a capacitance pressure gauge, the viscosity of the medium can be extracted from the measured deceleration of the rotor.

In our Cryogenic viscosity measurement apparatus (Cryo-ViMA) the SRG is cooled with cold nitrogen gas. The temperature of the gas could be stabilized at any temperature between 77 K and 330 K. Since the measurement at one temperature setpoint can be done very fast, we only need to ramp the temperature down once and wait for the system to warm up again. With these measurements we achieve an accuracy of 2% without any corrections concerning thermal systematics. By including thermal systematics, we can even reach 1% accuracy. With this setup we are able to improve our knowledge on the viscosity of tritium by a factor of 5 to 10. This is one of many examples where we at TLK develop sensors and systems for tritium analytics. Since high availability is crucial for the tritium environment it is useful to have systems with a high technology readiness for other gases and adapt and calibrate them for the tritium use case.

Soft-Sensorik am Beispiel der Freikalkbestimmung in der Zementindustrie mittels Verfahren des Maschinellen Lernens



*Dr. Hubert B. Keller & PD Dr. Sina Keller
ci-tec GmbH, Karlsruhe, Deutschland*

ci-tec ist in Forschung und Praxis weltweit aktiv engagiert. So bringt das ci-tec Team nachhaltige und innovative Lösungen nach neustem Stand der wissenschaftlichen Entwicklungen in den Industrieinsatz. Ziele sind hierbei eine funktionsfähige Ressourcenschonung und Effizienzsteigerung zu gewährleisten. Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI) setzt ci-tec als Standardwerkzeuge für eine Prozessoptimierung ein.

Die Verwendung fossiler Brennstoffe bei steigenden Energiekosten fordert vermehrt den Einsatz von alternativen Brennstoffen. Mithilfe von inspect pro control C lässt sich der Energieeinsatz verschiedener Brennstofffraktionen mit selektiven Schwankungen im Heizwert, im Abbrandverhalten und der veränderlichen Stückung online erfassen, durch Kenngrößen bewerten und regelungstechnisch optimieren. Zudem gilt es, industrielle Hochtemperaturprozesse weiter zu optimieren, um den Energieeinsatz prinzipiell zu verbessern und CO₂-Emissionen zu reduzieren. Solche Prozesse können durch bildbasierte Infrarot-Temperaturmessungen als Teil des inspect-Systems und durch die in der Anlage bereits vorhandenen Sensorik messtechnisch erfasst.

KI-Verfahren ermöglichen es, die unterschiedlichen Daten zu fusionieren und über eine datengetriebene Modellierung mit der Produktqualität zu verknüpfen. Hieraus kann ein erheblicher Mehrwert für den Anlagebetrieb generiert werden, da solche Verfahren in der Lage sind, die Produktqualität im laufenden Prozess kontinuierlich und echtzeitfähig zu schätzen. Damit ergänzen sie die lediglich diskontinuierlich und verzögert vorliegenden Laborergebnisse für die jeweiligen Prozesse. Durch die schnelle Rückkopplungsmöglichkeit werden neue Potenziale zur Prozessoptimierung eröffnet, insbesondere bei schwankenden Roh- und Brennstoffeigenschaften, die zum Betriebsalltag in der Prozessindustrie gehören. Entscheidend für die Überführung in die Praxis ist die (Daten-)effiziente Übertragbarkeit auf unterschiedliche Anlagen und Prozesse.

Im Nachfolgenden wird ein Anwendungsbeispiel – die Zementherstellung mit der Zielgröße Freikalk – betrachtet. Hierbei wird basierend auf Verfahren des maschinellen Lernens (hier: überwachte ML-Verfahren) datengetrieben die komplexen Zusammenhänge zwischen den Eingangsdaten (Infrarot-Bilddaten und Prozessdaten) und der Zielgröße (Freikalkwert) modelliert. Ziel ist es, dass die Maschine (bzw. das Verfahren) in der Lage ist, bestimmte Aufgabenstellungen wie die Vorhersage bzw. die Schätzung der Produktqualität zu lernen. Dazu werden der Maschine Erfahrungswerte zum Training angeboten [1]. Es handelt sich um Eingangsdaten inklusive Referenz („Label“ – hier das Laborergebnis zur Freikalkqualität), die die zu lernende Aufgabenstellung beschreiben. Das trainierte Modell kann verwendet werden, um Schätzungen auf unbekanntem Daten zu treffen. Durch den Vergleich der geschätzten Ergebnisse mit der bekannten Referenz wird das Verfahren validiert. Die Visualisierung für eine solche Validierung zeigen die Abbildungen 1 und 2. Während Abbildung 1 den Vergleich zwischen modellbasierten, geschätzten Freikalkwerten und Laborwerten einer Anlage für eine Woche visualisiert, zeigt Abbildung 2 den analogen Vergleich für einen kleineren Zeitraum von einiger Stunden. Besonders geeignet für die Berücksichtigung der zeitlichen Verläufe aller Eingangsgrößen sind verschiedene Architekturen tiefer künstlicher neuronaler Netze, sog. Deep-Learning-Verfahren.

Ein solcher Echtzeit-Softsensor ist bereits an einer industriellen Anlage installiert und läuft erfolgreich mit der Einbindung in die anlagenspezifische Prozessführung. Inwieweit die Schätzung des Freikalkwertes aus den hier beschriebenen Verfahren kombiniert mit nur Prozessdaten realisiert werden kann, wird in einem anlaufenden Forschungsvorhaben untersucht.

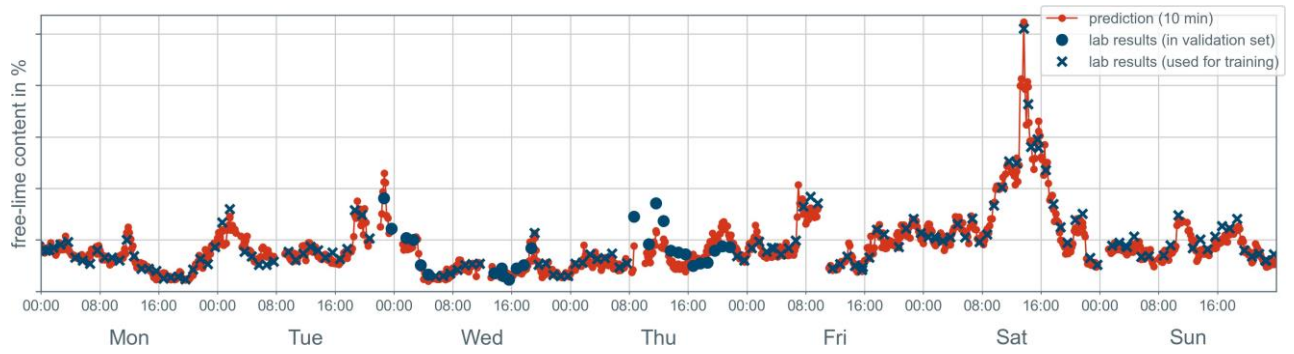


Abbildung 1: Beispiel für die Visualisierung zwischen geschätzten Freikalkwerten (rot) und Laborwerten eines Zementwerkes (blau) für eine Woche.

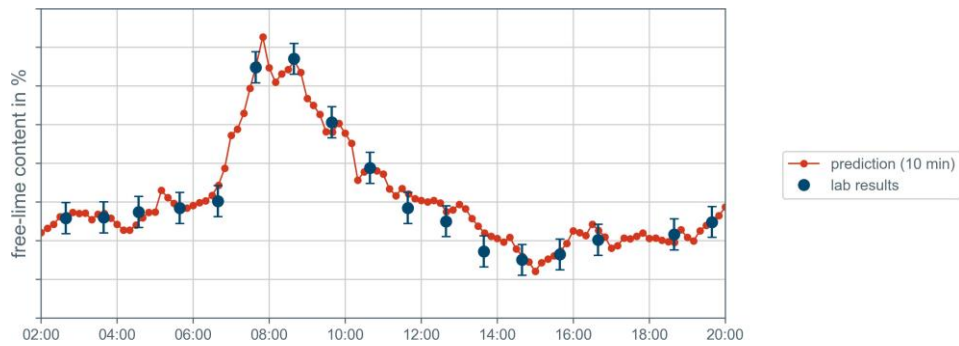


Abbildung 2: Beispiel für die Visualisierung zwischen geschätzten Freikalkwerten (rot) und Laborwerten eines Zementwerkes (blau) für ausgewählte Stunden.

References

- [1] Tim Michael Mitchell, *Machine Learning*, New York (McGraw-Hill Education).

Ausstellung:

Elektronische Nase zur Differenzierung von flüchtigen Aromen und anderen gasförmigen Molekülen in Luft

Salih Okur, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Functional Interfaces

Medizinprodukt EQUIVert: ein akustisches Biofeedbacksystem zur Schwindeldiagnose und Schwindel- und Gleichgewichtstherapie, auf Basis eines Multisensorsystems.

Hanno Platz, Amirhossein Divanpour. GED Gesellschaft für Elektronik und Design mbH

Poster:

Pioneering Innovations in SURMOF-Based Sensors: Advancing Towards Industrialization in Optical Sensing

Bahram Hosseini Monjezi^{1,2}, Salih Okur¹, Abhinav Chandresh¹, Alexander Knebel³, Christof Wöll¹

¹ *Institute of Functional Interfaces (IFG), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany*

² *Institute for Nuclear Waste Disposal (INE), Karlsruhe Institute of Technology (KIT),
Germany*

³ *Friedrich Schiller University Jena, Otto Schott Institute of Materials Research, Germany*

Abstract:

In the relentless pursuit of innovation, cutting-edge optical sensing solutions have become essential for a wide array of industrial applications. Our research focuses on SURMOF-based sensors, a revolutionary technology that promises to redefine the landscape of optical sensing. Through a groundbreaking approach to thin-film synthesis, we have shattered the constraints of conventional methods, achieving the synthesis of highly oriented MIL-68(In) thin films. These films exhibit exceptional optical quality, setting new standards for precision and clarity.

Our dynamic layer-by-layer synthesis method has enabled the deposition of highly oriented MIL-68(In) thin films with adjustable thicknesses ranging from 50 to 2000 nm within a remarkably short timeframe of 60 minutes on gold substrate. The synthesis process was closely monitored in-situ using a quartz crystal microbalance (QCM). In-plane X-ray diffraction analysis revealed highly oriented growth of MIL-68(In) with pore channels aligned parallel to the substrate. Scanning electron microscopy (SEM) confirmed the exceptionally low roughness of the thin films.

Our journey extends beyond synthesis, as we integrate these MOF thin films into Fabry-Perot interferometers, unlocking a world of possibilities. These optical marvels resonate precisely within the UV-Vis regime, responding sensitively to changes in the refractive index by exposure to volatile compounds. They offer remarkable clarity in detecting volatile compounds, paving the way for transformative applications in gas sensing, chemical detection, and more. This research contributes to the advancement of MOF-based sensor technologies, offering a rapid and efficient synthesis method for high-quality MOF thin films with implications for various industrial and scientific fields.

Keywords: MOFs; Optical Sensor; Thin Film Deposition; SURMOF; Resonating Cavity; Gas Sensor

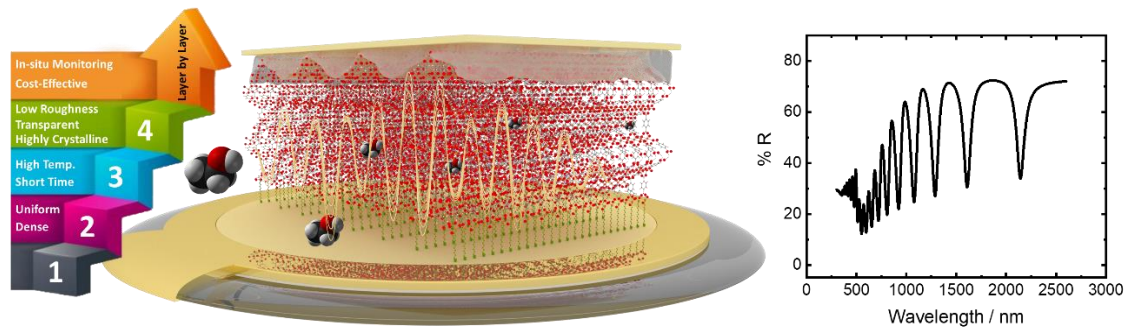


Figure. The schematic of a Fabry-Perot cavity sensor using MIL-68(In) SURMOF

Entwicklung einer Bioökonomiestrategie für die TechnologieRegion Karlsruhe

"Bioökonomiestrategie für die TechnologieRegion Karlsruhe - RE²source"

Dr. Petra Jung-Erceg, Lenz Sulzer, TechnologieRegion Karlsruhe

Das Umweltministerium Baden-Württemberg fördert die Entwicklung einer regionalen Bioökonomiestrategie für die TechnologieRegion Karlsruhe (TRK) im Rahmen der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie.

Unter Federführung der TechnologieRegion Karlsruhe GmbH werden gemeinsam mit den Kommunen und Landkreisen der TRK sowie weiteren ausgewählten Partnern in einem partizipativen Prozess Trends und Potenziale der Bioökonomie erhoben. Auf Basis des gemeinsamen Dialoges wird eine Roadmap erarbeitet, die die bioökonomische Transformation der Region zu aufzeigen und anzustoßen soll. Der Strategieentwicklungsprozess wird begleitet und moderiert durch das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI sowie gestützt durch gemeinsame Potenzial- und Stoffstromanalyse mit dem Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB.

Gegenstand der Strategie soll die Erarbeitung von gemeinsamen Zielen und Maßnahmen sein, um die Potenziale bioökonomischen Wirtschaftens für die Standortförderung und nachhaltige Transformation in der TRK zu nutzen. Unter Mitwirkung relevanter Stakeholdergruppen und Akteure, insbesondere der kommunalen Ebene, sollen Vorhaben in einem Dialog identifiziert werden, die Lösungen zum intelligenten Rohstoff- und Stoffstrommanagement bieten und Chancen für die regionale Wirtschaft und Innovation darstellen.

Diese beinhalten die Bereiche Emissionsreduktion und Ressourcen-Rückgewinnung sowie die Stärkung der Wertschöpfung auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen und Schaffung von Kreisläufen, so dass der Einsatz fossiler Rohstoffe reduziert werden kann und die Importabhängigkeit sinkt.

Weiterhin soll die Strategieentwicklung als Impuls für die wirtschaftliche Nutzung von bioökonomischen Potenzialen dienen, welche neue Arbeitsplätze und Geschäftsfelder in neuen Gebieten, wie auch den bestehenden, etablierten Industrien schaffen können. Dadurch wird das Profil der Region als Innovationsregion und Spitzenreiter im Bereich der Bioökonomie-Technologie durch regionale, wissensbasierte Innovationsförderung gestärkt.

Kontakt:

Dr. Petra Jung-Erceg, petra.jung-erceg@technologieregion-karlsruhe.de, Tel. +49 721 40244-715

Lenz Sulzer, lenz.sulzer@technologieregion-karlsruhe.de, Tel. +49 721 40241-728

OPEN FORUM:

- Hanno Platz, GED Gesellschaft für Elektronik und Design mbH, Ruppichteroth
- Simon Niemes, KIT, Institut für Astroteilchenphysik (IAP), Tritiumlabor Karlsruhe (TLK)
- Michael Siegrist, Siegrist GmbH, Mess- und Analysentechnik, Karlsruhe
- Hubert Keller, ci-Tec - Gesellschaft für Kommunikations- und Informationstechnologien mbH; Karlsruhe
- Lenz Sulzer, TechnologieRegion Karlsruhe GmbH
- Peter Rabenecker, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal
- Markus Graf, Hochschule Karlsruhe
- Hartmut Gliemann, Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG), KIT
- Hubert Keller, HybridSensorNet e.V.
- Carlo Tiebe, BAM, Berlin

Wissenschaftliche Leitung / Organisation

Wissenschaftliche Leitung

Hubert B. Keller, HybridSensorNet (HSN)

Heinz Kohler, Hochschule Karlsruhe

Markus Graf, Hochschule Karlsruhe

Peter Rabenecker, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal

Sebastian Geiger, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal

Hartmut Gliemann, Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG), KIT

Rolf Seifert, HybridSensorNet (HSN)

Organisation

Hubert B. Keller, HybridSensorNet (HSN)

Rolf Seifert, HybridSensorNet (HSN)

HybridSensorNet e.V.

Intelligente Sensorsysteme und –netze sind die Grundlagen der Zukunft, um im technischen Bereich Ressourcen intelligenter und effizienter zu verwenden, in der menschlichen Umgebung gefährdende Einflüsse zu erkennen oder auch im persönlichen Bereich selektiv Einschränkungen des Menschen selbst auszugleichen. Die Realisierung dieser umfassenden und innovativen Sensorik bedarf einer hoch interdisziplinären und eng abgestimmten Vorgehensweise aller Akteure. An Ihre Erforschung, technologischen Entwicklung und produktorientierten Umsetzung werden enorme Anforderungen gestellt, denen keine Forschungseinrichtung und kein Unternehmen allein gewachsen sind. Nur die Vernetzung aller Beteiligten wird diesen Anforderungen gerecht.

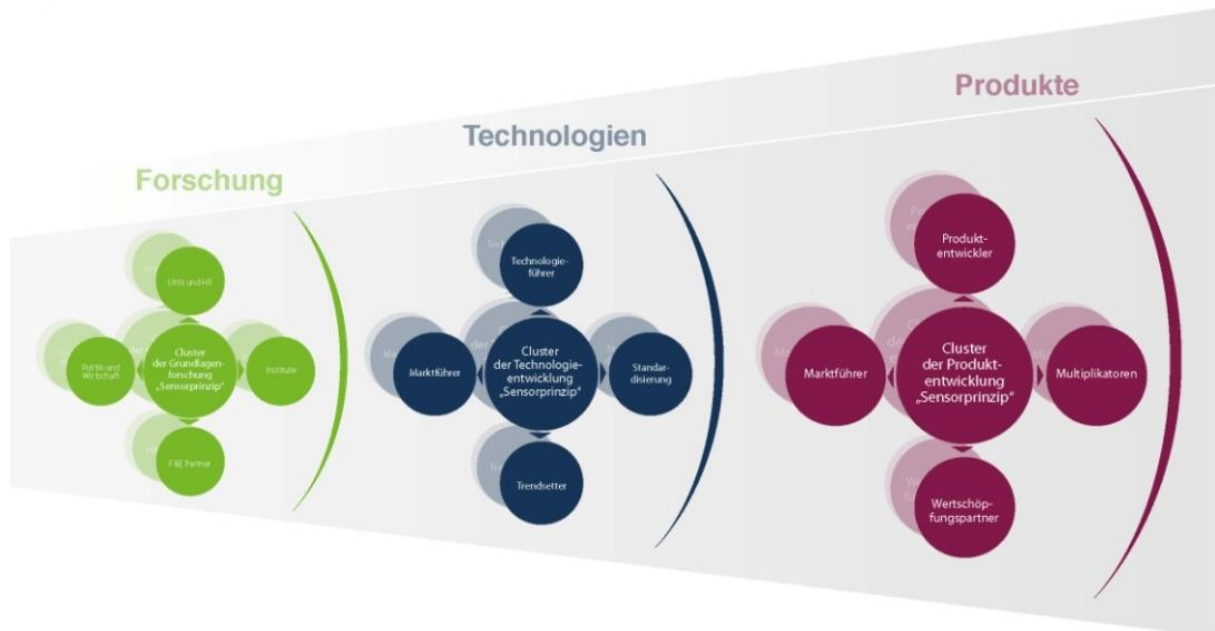
HybridSensorNet e.V. wurde gegründet, um diesen hohen Anforderungen zu entsprechen und die Kompetenzen aller Fachgebiete aus Industrie, Forschung, Entwicklung und öffentlicher Hand so miteinander zu vernetzen, damit diese neuen Sensorsysteme und -netze und die zugrundeliegenden Sensortechnologien der Zukunft entwickelt werden können. HybridSensor-Net e.V. ist anerkannt als Cluster-Initiative in Baden-Württemberg.

In einer langfristig angelegten Strategie erfolgt Forschung, Technologieentwicklung und die Umsetzung in Produkte in spezifisch organisierten Themenbereichen über alle und in allen Fachgebieten, die für hybride Sensoren der Zukunft erforderlich sind. So wird sichergestellt, dass Forschungs- und Technologieentwicklung zielgerichtet durchgeführt und die Ergebnisse ohne Zeitverlust in Innovationen überführt werden können.

Im koordinierten Zusammenwirken von Forschung, Entwicklung, Vermarktung und Verwaltung werden Wissen, Know-How und regulatorische Maßnahmen gebündelt, gezielt eingesetzt und am Marktbedarf wirksam werden. Der Verein treibt Projekte und Forschungen zielgerichtet voran und unterstützt Klein- und Mittelständische Unternehmen in der Projektbeantragung und -durchführung bis zur Produktentwicklung.

Unsere Intention

Die Intension des Vereins ist, als gemeinnütziger und ideeller Träger die Vernetzung im Bereich Sensorik zu fördern und nachhaltige Synergieeffekte und Innovationen bei den Mitgliedern zu bewirken.



HybridSensorNet e.V.

c/o Dr. Hubert B. Keller (Vorsitzender)
Erasmusstraße 3
76139 Karlsruhe

Mobil: +49 171 2 07 52 69
Fax: +49 721 9 68 35 30

info@hybridsensornet.org
www.hybridsensornet.org