

Kurt-Schwabe-Institut  
für Mess- und Sensortechnik  
Meinsberg e.V.



**JAHRESBERICHT 2023**

**Titelbild:** Herr Dr. Andreas Heerwig analysiert Wechselwirkungen an der Oberfläche von triple-negativen Brustkrebszellen.

# **Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V.**

## **Jahresbericht 2023**

<b>Herausgeber</b>	Der Vorstand und Direktor des Kurt-Schwabe-Instituts für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V., Prof. Dr. Michael Mertig
<b>Redaktion</b>	Prof. Dr. A. Arndt / Prof. Dr. M. Mertig
<b>Layout und Satz</b>	Anett Rudelt / Prof. Dr. A. Arndt
<b>Anschrift</b>	Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V. Kurt-Schwabe-Straße 4 04736 Waldheim
	Telefon           +49 34327 608 0
	Telefax           +49 34327 608 131
	Internet <a href="http://www.ksi-meinberg.de">www.ksi-meinberg.de</a>
	E-Mail <a href="mailto:info@ksi-meinsberg.de">info@ksi-meinsberg.de</a>
<b>Redaktionsschluss</b>	September 2024

# INHALT

<b>Inhalt</b>	<b>5</b>	<b>Institutsleben</b>	<b>59</b>
<b>Vorwort</b>	<b>7</b>	Organisation von Konferenzen	59
<b>Highlights</b>	<b>9</b>	Teilnahme an Konferenzen und Workshops	60
<b>Das Institut</b>	<b>11</b>	Instituts-Kolloquium	61
Über das Institut	11	Lehrveranstaltungen	63
Organisationsstruktur	12	Verteidigte Promotionen	64
Gremien des Instituts	13	Doktoranden intern und extern	64
Hauptforschungslinien und Zielgebiete	15	Praktika	65
<b>Forschung und Entwicklung</b>	<b>17</b>	Verbünde und Netzwerke	66
<b>Wissenschaftliche Ergebnisse</b>	<b>53</b>	Tätigkeiten in Gremien und Fachverbänden	67
Publikationen in referierten Zeitschriften	53	Kooperationspartner	69
Vorträge	55	<b>Gerätetechnische Infrastruktur</b>	<b>72</b>
Poster	56	<b>Pressespiegel</b>	<b>79</b>



# VORWORT

## Liebe Leserinnen und Leser,

mit dem vorliegenden Jahresbericht 2023 möchten wir Sie über die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit, die strukturelle Weiterentwicklung des Instituts, die Umsetzung unseres Bildungsauftrags sowie Höhepunkte des Institutslebens informieren.

Hightechforschung im ländlichen Raum ist unser Motto. Entsprechend wurden unsere Zielgebiete Umweltmonitoring, Regenerative Energien, Smart Farming und Medizinische Diagnostik im Hinblick auf die UN-Nachhaltigkeitsziele und die Forschungsstrategie des Freistaates Sachsen weiter geschärft. Insbesondere ist das Thema Wasser-Monitoring für die Arbeit des Instituts zentral. Im Rahmen einer internationalen Partnerschaft mit der Universität Chongqing, China, wurde das Projekt WaterMonitor zur Detektion von Schwermetallen in Oberflächenwässern erfolgreich abgeschlossen und die weitere Zusammenarbeit zur Detektion von Arzneimittelrückständen vereinbart. Zum Abschluss des Projektes TERZinn konnte ein Gerät zur Vor-Ort-Analyse von Schwermetallen wie Arsen in Bergbauwässern erfolgreich einem Praxistest unter Tage unterzogen werden. Auf dem Gebiet des Smart Farming konnte innerhalb des EU-Verbundprojektes PLANTAR die Langzeitstabilität der direktpotentiometrischen Bestimmung von Nitrat in Bodenproben nachgewiesen werden. Im Bereich des Wasserstoffmonitorings in Elektrofahrzeugen wurden am KSI Meinsberg für das chinesisch-deutsche Verbundprojekt H2D4EV sensitive und hoch selektive Schichten für Wasserstoffsensoren entwickelt und praktisch getestet.

Die Hauptforschungslinien Elektrochemische Sensorik, Festelektrolytsensorik und Biologisch-

physikalische Sensorik wurden in den letzten Jahren durch die Forschungsarbeiten der Nachwuchsforschergruppe Organophotonische Sensorik ergänzt und im Rahmen von Drittmittel- und Haushaltsprojekten bearbeitet.

Im zurückliegenden Jahr wurde mit der Besetzung der Position des stellvertretenden Institutsdirektors durch Prof. Dr. Andreas Arndt ein wichtiger Schritt zum Aufbau von Kompetenzen zur Entwicklung digitaler, intelligenter Sensorsysteme am KSI Meinsberg vollzogen. Die Position des stellvertretenden Direktors ist mit der Professur für wissenschaftliche Instrumentierung und Systemintegration an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Dresden verbunden. Damit wird die Anbindung an den Bereich Ingenieurwissenschaften der TU Dresden erreicht und die Integration des KSI Meinsberg in das Forschungsnetzwerk Dresden concept weiter inhaltlich untersetzt. Durch die fachliche Fokussierung auf elektronische und datentechnische Konzepte wird die Integration von Sensoren in Datennetzwerke zukünftig direkt am Institut ermöglicht.

Im Zuge dieser Neubesetzung wird auch die Nachwuchsgruppe Digitale und Intelligente Sensorsysteme aufgebaut. Diese Gruppe soll neue Konzepte zum energieautarken Betrieb von Sensoren und Einbindung von Sensoren in Sensornetzwerke entwickeln.

Im Jahr 2024 soll dann auch die Position des Institutsdirektors in bewährter Form einer gemeinsamen Berufung mit der Fakultät für Chemie und Lebensmittelchemie der TU Dresden neu besetzt

werden. Mit beiden Neubesetzungen werden zukünftig neue Forschungsrichtungen am KSI Meinsberg etabliert.

Das KSI Meinsberg ist seinem Bildungsauftrag sowohl durch die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Rahmen von Abschluss- und Promotionsarbeiten wie auch durch die Begeisterung von Schülerinnen und Schülern für die naturwissenschaftliche Forschung innerhalb des Projektes SFregio nachgekommen. Letzteres soll aufgrund der sehr positiven Erfahrungen in den Folgejahren verstetigt werden. Weiterhin wurde im Jahr 2023 ein Tag der offenen Tür unter dem Motto KSI – Kommen, Staunen, Informieren

mit überwältigender Resonanz durchgeführt. Jung und Alt, Fachleute und Laien führten Experimente durch, lauschten Vorträgen und bestaunten die Forschungsarbeiten in den Laboren.

Im Rahmen der fortgesetzten Anstrengungen zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes unseres Instituts wurde die energetische Ertüchtigung unserer Institutsgebäude durch den Austausch der Verglasung im Altbau begonnen und soll in den Jahren 2024/2025 durch ein neues Heizungskonzept und die Installation von Photovoltaik fortgesetzt werden. Unsere Fahrzeugflotte wurde teilweise durch E-Autos ersetzt und die dafür erforderliche Ladetechnik auf dem Institutsgelände installiert.

Wir bedanken uns herzlich für Ihr Interesse an unserem Jahresbericht und wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre,

Ihr



Michael Mertig

Vorstand und Direktor

Ihr



Andreas Arndt

Stellvertretender Direktor

# HIGHLIGHTS

▶ Harthaer Gymnasiasten erhalten praktischen Unterricht am KSI Meinsberg



▶ Vor-Ort-Analyse von Schwermetallen wie Arsen in Bergbauwässern



▶ Anschaffung eines E-Autos und von Ladesäulen

▶ Dr. Caroline Murawski mit dem Status „TUD Young Investigator“ ausgezeichnet



▶ Fortführung der Zusammenarbeit mit der Universität Chongqing zum Wasserqualitätsmonitoring

▶ Landrat Dirk Neubauer zu Besuch am KSI Meinsberg



▶ Smart Farming: Nachweis der Langzeitstabilität der direkt-potentiometrischen Bestimmung von Nitrat in Bodenproben

▶ Tag der offenen Tür



▶ Prof. Andreas Arndt, stellvertretender Institutsdirektor des KSI Meinsberg, wird auf die Professur für Systemintegration und wissenschaftliche Instrumentierung an der TU Dresden berufen



# DAS INSTITUT

## Über das Institut

Das Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V. ist als gemeinnützig tätiges Landesinstitut verantwortlich für die Durchführung grundlagen- und anwendungsorientierter innovativer Forschung auf den Gebieten der physikalischen Chemie und Elektrochemie, der Sensorik und der damit verbundenen Entwicklung neuartiger Sensormaterialien, der wissenschaftlichen Instrumentierung sowie für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses auf den genannten Gebieten.

Das KSI Meinsberg besitzt eine hohe Systemkompetenz auf dem Gebiet der angewandten Sensorik. Die Zielgebiete der am Institut durchgeführten wissenschaftlich-technischen Arbeiten entsprechen Schlüsseltechnologien wie Umweltmonitoring, Smart Farming, regenerative Energien und medizinische Diagnostik.

Zu den strategischen Grundsätzen des KSI Meinsberg gehören der kontinuierliche Ausbau der For-

schung zu neuen Sensormaterialien, die kontinuierliche Fortsetzung der Ausrichtung auf Miniaturisierung und der Ausbau der Arbeiten zu digitalen, intelligenten Sensorsystemen. Mit der Umsetzung dieser Grundsätze wird dem anhaltenden internationalen Trend zur Schaffung von Sensoren und Analysesystemen für den Einsatz vor Ort Rechnung getragen, wobei zunehmend Aspekte wie der Einsatz von umweltfreundlichen Materialien in der Sensorik eine Rolle spielen.

Die am KSI Meinsberg betriebene angewandte Sensorforschung richtet sich darauf, neueste wissenschaftlich-technische Ergebnisse in die industrielle Nutzung zu überführen und neue Anwendungsgebiete der Sensorik zu erschließen.

Zur Erfüllung der Aufgabenstellungen arbeitet das KSI Meinsberg im In- und Ausland mit universitären und außeruniversitären Forschungsinstituten sowie mit Vertretern der Wirtschaft zusammen.

## Organisationsstruktur



\*Frau Dr. Caroline Murawski (kommissarisch) bis 30.09.2023, Prof. Dr. A. Arndt ab 01.10.2023

## Gremien des Instituts

### Vorstand

- Prof. Dr. rer. nat. et Ing. habil. Michael Mertig, Vorstand und Direktor

### Wissenschaftlicher Beirat

#### Vorsitzende:

- Frau Dr. Claudia Weidlich (bis zum 30.06.2023)  
DECHEMA-Forschungsinstitut, Frankfurt am Main
- Prof. Wolfram Scharff, IFU GmbH, Lichtenau (seit 01.07.2023)

#### Mitglieder:

- Prof. Dr. Frank Cichos  
Universität Leipzig, Peter-Debye-Institut für Physik der Weichen Materie
- Prof. Dr. Stefan Howorka  
University College London, Department of Chemistry, London
- Dr. Olaf Kieseewetter  
UST Umweltsensortechnik GmbH, Geschwenda
- Dr. Steffen Kurth  
Fraunhofer ENAS, Chemnitz
- Dr. Ulrich Rant  
Dynamic Biosensors GmbH, Martinsried
- Peter Zimmermann  
Ingenieurbüro TEB, Berlin

## Mitgliederversammlung

### Institutionelle Mitglieder:

- Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Dresden, vertreten durch Frau Regierungsdirektorin Cathrin Liebner
- Technische Universität Dresden, vertreten durch Prof. Dr. Alexander Eychmüller
- IMM electronics GmbH, Mittweida, vertreten durch Prof. Detlev Müller
- Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden, vertreten durch Prof. Dr. Carsten Werner
- Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V., vertreten durch Prof. Dr. Michael Mertig

### Gründungsmitglied:

- Prof. Dr. Gerhard Kreysa

## Kuratorium

### Vorsitz:

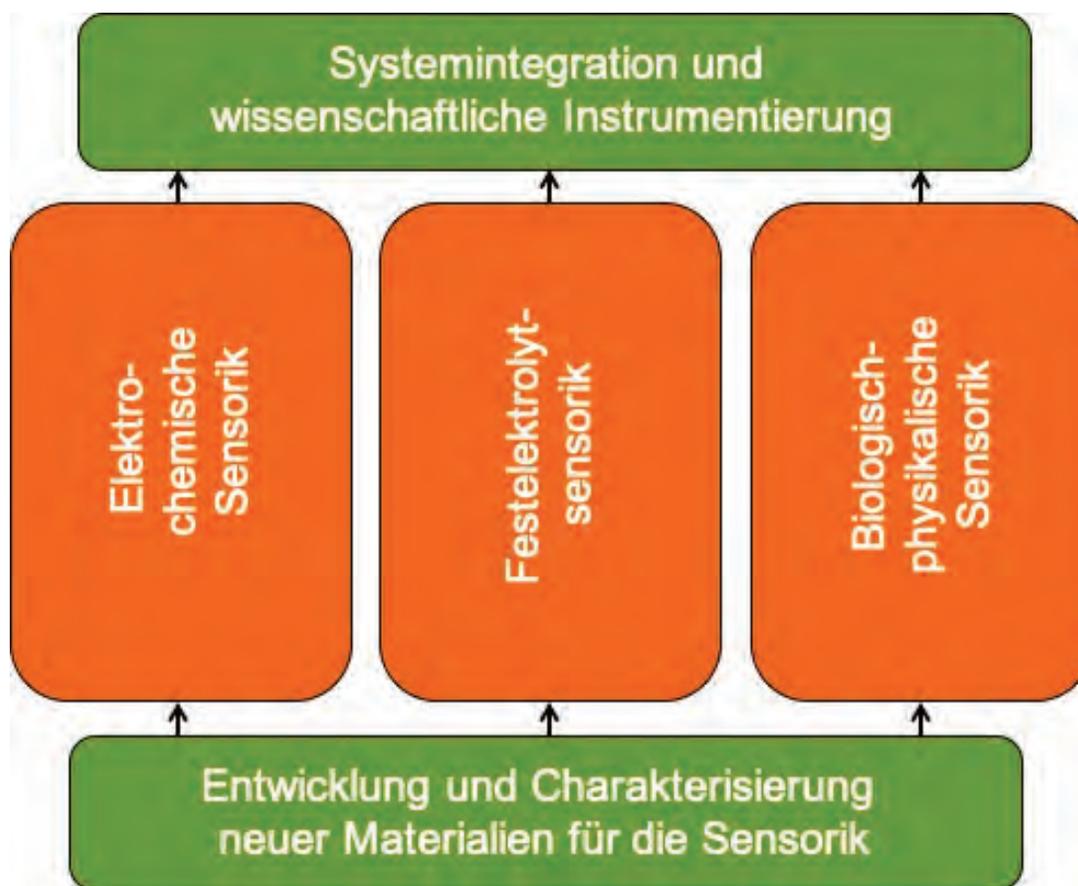
- Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Dresden, vertreten durch Frau Regierungsdirektorin Cathrin Liebner

### Mitglieder:

- Technische Universität Dresden, vertreten durch Prof. Dr. Gerald Gerlach
- Hochschule Mittweida, vertreten durch Frau Prof. Dr. Iris Herrmann-Geppert
- Von der Mitgliederversammlung gewähltes Mitglied: Prof. Dr. Gerhard Kreysa (bis zum 11.12.2023)
- Von der Mitgliederversammlung gewähltes Mitglied: Prof. Carsten Werner (seit dem 12.12.2023)

## Hauptforschungslinien und Zielgebiete

### Hauptforschungslinien



Zielgebiete



**Umweltmonitoring**

**Regenerative Energien**

**Smart Farming**

**Medizinische Diagnostik**

# FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

## Organische Elektronik für Optogenetische Stimulation und Detektion Neuronaler Signale (NeuroLichtOrgEI)

Zur Detektion neuronaler Signale mittels Fluoreszenzbildgebung wurden organische Photodioden (OPDs) und Absorptionsfilter entwickelt. Diese werden mit vakuum-prozessierten organischen Leuchtdioden (OLEDs) kombiniert und *in vitro* zur funktionalen Bildgebung an neuronalen Netzen erprobt.

Rabiul Islam, Jens P. Weber, Ajisha C., Caroline Murawski

In unserer alternden Gesellschaft stellen neurologische Erkrankungen eine zunehmende Herausforderung dar. Zur besseren Erforschung und Entwicklung von Therapien werden Methoden benötigt, die die Modulation und das Auslesen neuronaler Aktivität mit hoher zeitlicher und räumlicher Präzision ermöglichen. Optische Methoden bieten hier eine vielversprechende Lösung: Optogenetik kann durch genetische Integration lichtsensitiver Proteine neuronale Signale mittels Lichts steuern, während Fluoreszenzbildgebung Signale optisch auslesen kann. Ziel des Projekts NeuroLichtOrgEI ist die Entwicklung eines miniaturisierten, optischen Bildsensors, der gleichzeitig neuronale Aktivität mit hoher Auflösung stimulieren und auslesen kann. Dafür werden organische Halbleitermaterialien erforscht und in funktionellen Bauelementen wie organischen Leuchtdioden (OLEDs) zur neuronalen Stimulation und organischen Photodioden (OPDs) zum Auslesen von Fluoreszenzintensitäten integriert.

Für die Detektion von Fluoreszenzsignalen werden OPDs mit niedrigem Dunkelrauschen und hoher Empfindlichkeit benötigt. Darüber hinaus sollten OPDs über eine schmalbandige Absorption im roten Spektralbereich verfügen. Dafür wurden die im Vorjahr hergestellten OPDs auf Basis von P3HT und PC<sub>71</sub>BM als Absorbermaterialien

weiter optimiert. Diese erzielten eine hohe Empfindlichkeit im grünen und roten Spektralbereich (Abbildung 1) sowie ein besonders niedriges Rauschen mit einem unteren Detektionslimit von 2 pW.

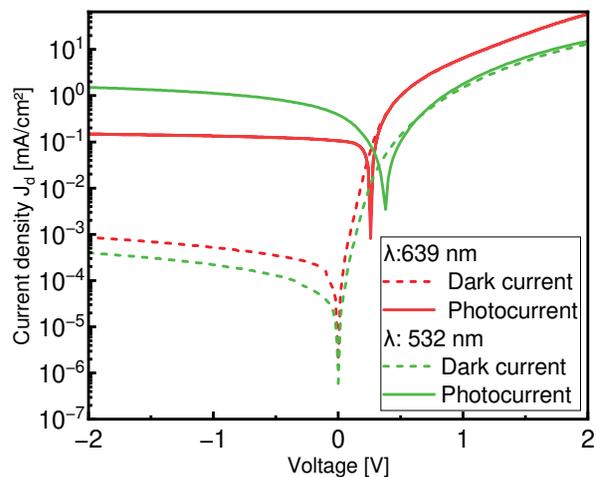


Abbildung 1. Strom-Spannungs-Kennlinien einer OPD auf Basis von P3HT und PC<sub>71</sub>BM unter Beleuchtung mit grünem und rotem Licht.

Die bisher entwickelten OPDs haben derzeit noch breitbandige Absorption über weite Bereiche des sichtbaren Lichts hinweg. Um Absorption nur im roten Spektralbereich zu erreichen, wurden optische Filter erprobt, die eine möglichst geringe Transmission unterhalb von 600 nm aufweisen, und somit einfallendes blaues und grünes OLED-

Licht weitgehend blockieren können. Dafür wurden Absorptionsfilter auf Basis aufgeschleuderter organischer Materialien untersucht, die aufgrund ihrer hohen Absorptionskoeffizienten sehr niedrige Transmission bei verhältnismäßig geringen Schichtdicken erreichen können. Die reichlich 2  $\mu\text{m}$  dünnen P3HT:PC<sub>71</sub>BM-Mischschichten wurden mittels UV-VIS-Spektrometrie untersucht (Abbildung 2). Die Transmission der hergestellten optischen Filter beträgt < 0,1 % bis 633 nm und > 20 % oberhalb von 666 nm. Für die Anwendung in der Fluoreszenzdetektion ist die Flanke voraussichtlich noch etwas zu weit im roten Spektralbereich. Durch Auswahl anderer organischer Absorbermaterialien soll die Absorptionsflanke zukünftig ca. 30 nm weiter ins Blaue verschoben werden.

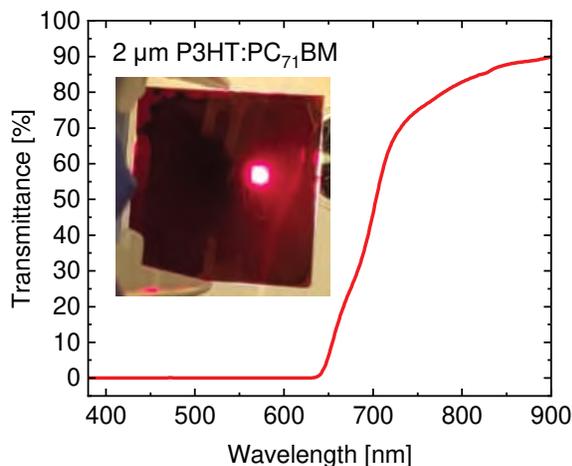


Abbildung 2. Transmission und Fotografie einer 2  $\mu\text{m}$  dicken P3HT: PC<sub>71</sub>BM-Schicht auf einem Glassubstrat.

Neben den OPDs sollen OLEDs zur optogenetischen Stimulation und Anregung von Fluorophoren entwickelt werden. Dafür wurde 2023 eine Vakuum-Verdampfungsanlage angeschafft und

installiert (Abbildung 3). Diese ist in eine Glovebox integriert, die die Verkapselung der Bauelemente unter Stickstoffatmosphäre ermöglicht. Die Verdampfungsanlage verfügt über die Möglichkeit der Verdampfung von bis zu 13 Materialien, darunter drei Metallen. Insbesondere ermöglicht sie eine präzise Kontrolle der Schichtdicke und Verdampfungsrate durch Quarzkristallmonitore, sowie die Herstellung komplexer Multischichtstapel mit Variation der zu bedampfenden Fläche durch automatischen Wechsel von Schattenmasken. Die Anlage wurde in Betrieb genommen und die Abscheidungsparameter für typische organische Halbleitermaterialien wurden ermittelt. Damit können zukünftig OLED-Bauelemente in der Anlage hergestellt werden.

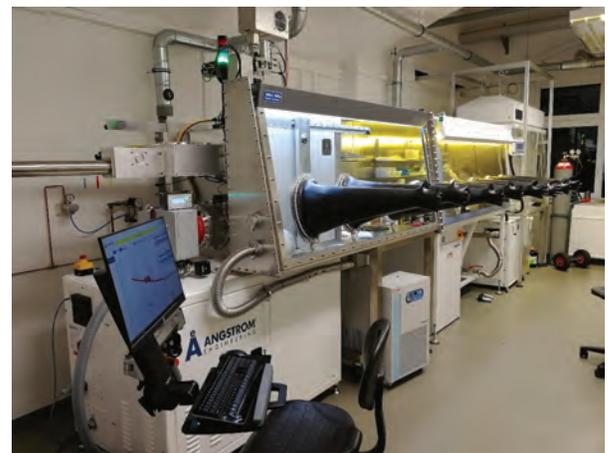


Abbildung 3. In die Glovebox integrierte Vakuum-Verdampfungsanlage.

Für die geplante Anwendung der Bauelemente zur Bildgebung *in vitro* wurden Protokolle entwickelt, um primäre Nervenzellen aus Gehirnen von *Drosophila*-Larven infektionsfrei über wenigstens eine Woche hinweg zu kultivieren. Hierzu waren multiple Optimierungen nötig, angefangen von rigorosen Waschschritten mit Königs-

wasser für das Glassubstrat bis hin zu optimierten serumfreien Nährlösungen. Im Ergebnis wurden Überlebenszeiten von mindestens 8 Tagen erreicht (Abbildung 4a).

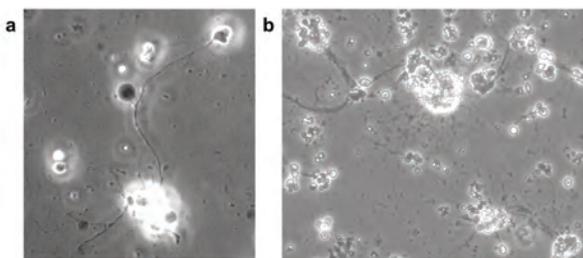


Abbildung 4. Präparation von Neuronen aus *Drosophila*. a) Zellkultur nach 8 Tagen *in vitro* auf PDL-Beschichtung. b) Zellkultur nach 4 Tagen *in vitro* auf Ornithin/Laminin-Beschichtung.

Eine darauffolgende Beschichtung des Glassubstrats mit Proteinen, die die Anhaftung und Entwicklung der Nervenzellen erlaubt, wurde zunächst mit Poly-D-Lysin (PDL) durchgeführt, was

aber zu einer unbefriedigenden Ausbildung des Dendritenbaums führte. Ein gut entwickelter Dendritenbaum ist allerdings die Voraussetzung für elektrophysiologische Ableitungen mit hinreichend großen Strömen. Zur Verbesserung wurde Concanavalin A sowie eine Mischung aus Ornithin/Laminin getestet. Beide zeigen eine verbesserte Entwicklung des Dendritenbaums im Vergleich zu Poly-D-Lysin und sind zur Zellkultur von Insektennervenzellen geeignet (Abbildung b). Zukünftig soll die Dissoziation von Zellen weiter verbessert werden, da aufgrund der nunmehr besseren Haftung mit Ornithin/Laminin momentan noch stärkere Zellhaufen verbleiben.

Im weiteren Projektverlauf werden die entwickelten Bauelemente zur neuronalen Stimulation und Bildgebung angewandt und an *Drosophila*-Larven sowie *in vitro* erprobt. ■

- **Projektleitung:** Dr. Caroline Murawski
- **Projekträger:** BMBF, Projekträger VDI Technologiezentrum GmbH
- **Laufzeit:** 11/2021 – 10/2026
- **Förderkennzeichen:** 13XP5137

## Bestimmung der Pheromone von *Drosophila melanogaster*-Larven und deren GC/MS-Analyse aus Extrakten

In diesem Projekt wird eine Methode für die Extraktion und Analyse von Pheromonen aus *Drosophila melanogaster*-Larven mit Hilfe von Gaschromatographie und Massenspektroskopie (GC/MS) entwickelt.

Sari Anschütz, Jens P. Weber, Ute Enseleit, Caroline Murawski

In vorangegangenen Studien wurde beobachtet, dass die Aktivierung der Speicheldrüsen von *Drosophila melanogaster*-Larven zur Aggregation freibeweglicher Larven führt. Ein solches Verhalten erfordert eine Kommunikation zwischen den einzelnen Individuen über kurze Entfernungen hinweg, die leicht über Geruchsreize vermittelt werden könnte. Ein naheliegender Kandidat für eine solche artinterne Kommunikation sind Pheromone, d.h. Geruchsstoffe, die von den Larven abgesondert werden und im Rahmen dieses Projektes untersucht werden sollen.

Für das Herauslösen von Pheromonen wurde eine Extraktion mit Hexan etabliert. Dabei wurden für jede Probe 20 Larven in ein Glasgefäß mit Mikroinsatz transferiert. Um den Zustand der Larven zu konservieren, wurden diese für 40 Minuten eingefroren und nach dem Auftauen mit 150 µl Hexan gemischt (siehe Abbildung 1). Für die Quantifizierung wurde zusätzlich ein interner

Standard, hier n-Pentadecan, mit einer definierten Konzentration hinzu pipettiert. Durch iterative Testläufe wurden für die pheromonspezifische GC/MS-Analyse angepasste Temperaturen für den Injektionsport und die Ionenquelle sowie ein geeignetes Ofentemperaturprogramm für die Kapillarsäule bestimmt.

Die erhaltenen Chromatogramme ließen einen ersten Blick in die detektierbare Pheromonzusammensetzung der *Drosophila melanogaster*-Larven (Wildtyp) zu. Dabei konnten die sieben Pheromone cis-Vaccensäure (cVA), (Z)-9-Tricosen, Tetracosan, Pentacosan, 2-Methylhexacosan, Octacosan und Nonacosan identifiziert werden (Abbildung 2). Über die Integration der Peaks und das ermittelte Verhältnis zu dem internen Standard konnte neben der qualitativen Analyse auch die Quantifizierung durchgeführt werden. Diese ergab Pheromonmengen im Bereich von Nanogramm pro Larve (Abbildung 3) und zeigt somit auch die hohe Sensitivität der

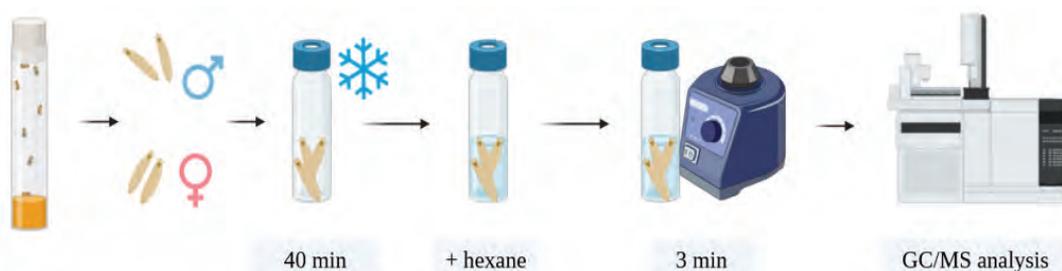


Abbildung 1. Schematischer Ablauf einer Hexanextraktion für die Untersuchung von Pheromonen.

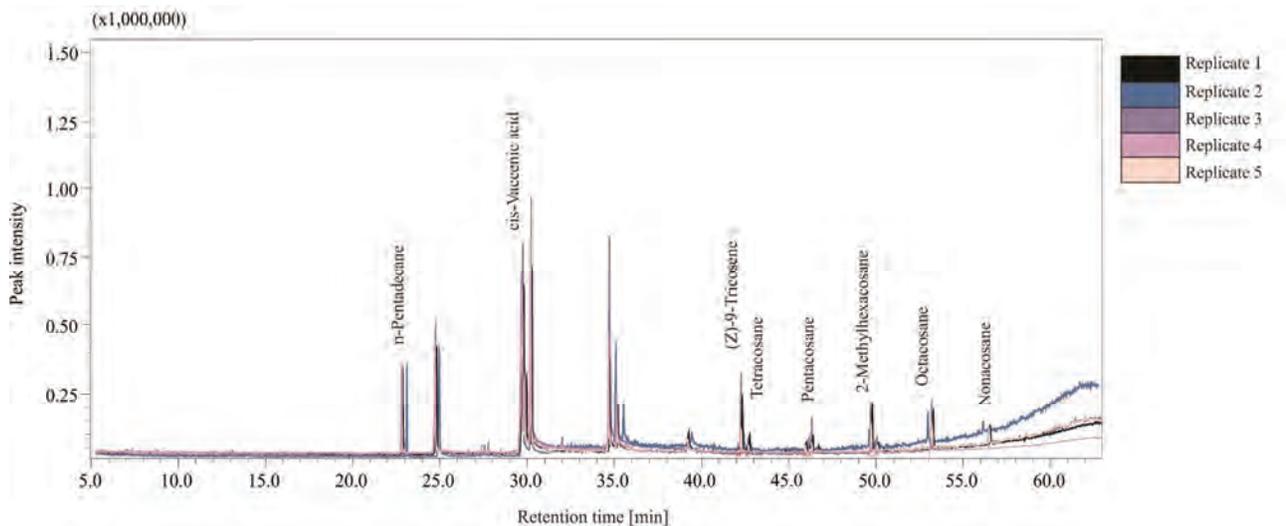


Abbildung 2. Pheromonkomposition von Canton Special (CS)-Larven (Wildtyp); Chromatogramme von 5 Replikaten und identifizierte Pheromone.

GC/MS-Analyse. Die höchste Konzentration wurde für cVA beobachtet, welches ein Pheromon spezifisch für *Drosophila*-Männchen ist. Hier trat auch die größte Streuung der Ergebnisse auf, welche zukünftig durch Trennung zwischen männlichen und weiblichen Larven verringert werden soll.

Im weiteren Verlauf des Projekts schließen sich optogenetische Experimente mit transgenen Stämmen an, um die Aktivität der Bauchspeicheldrüsen mit Licht zu manipulieren. Dies wird durch Exprimieren lichtempfindlicher Ionenkanäle in den Zielzellen und entsprechender Beleuchtung der Larven erreicht. Anschließend soll die Pheromonzusammensetzung der gentechnisch veränderten Larven nach der Stimulation mit Licht gemessen werden. ■

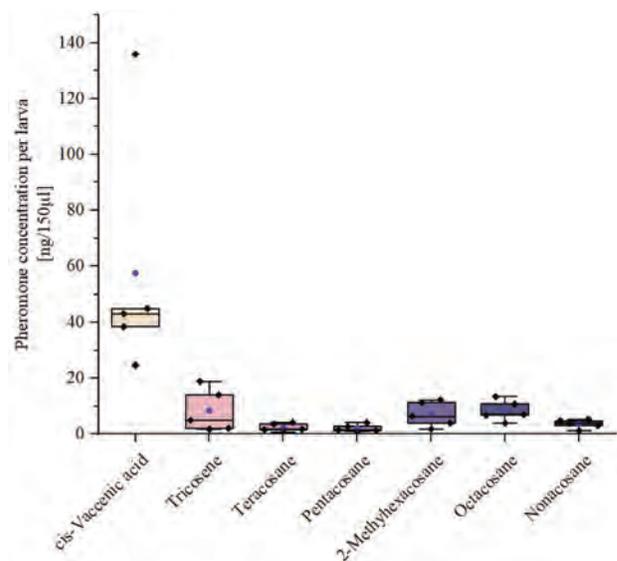


Abbildung 3. Pheromonquantifikation für CS-Larven-Pheromone; 5 Replikate mit jeweils 20 Larven.

- **Projektleitung:** Dr. Caroline Murawski
- **Projekträger:** KSI Meinsberg - Haushaltsprojekt
- **Laufzeit:** 10/2023 – 09/2024

## Akkurate Charakterisierung von organischen Photodioden

Ein experimenteller Aufbau zur akkuraten Vermessung der Stromantwort organischer Photodioden unter Variation der einfallenden Lichtintensität wurde automatisiert und anhand von Silizium-Photodioden ausführlich charakterisiert.

Siddhartha Saggar, Giedrius Puidokas, Caroline Murawski

Die Vermessung von organischen Photodioden (OPDs) erfordert einen entsprechenden Messaufbau, der über einen großen Bereich der Lichtintensität hinweg die Stromantwort der Bauelemente akkurat bestimmen kann. Ein entsprechender Aufbau zur Vermessung von OPDs wurde 2022 entwickelt und nun automatisiert, um die Messzeit von vormals ca. 1 h auf wenige Minuten zu reduzieren sowie potenzielle Abweichungen aufgrund der manuellen Datenaufnahme zu verhindern. Dafür wurden das Femtoamperemeter, der kalibrierte, optische Leistungsmesser, die motorisierten Filtrerräder und der Controller der Laserdioden mit einem PC verbunden und eine Reihe von Python-Codes programmiert und quelloffen bereitgestellt.<sup>1</sup> Diese koordinieren nun die Messung von Strom-Spannungs-Kennlinien, des dynamischen Bereichs, der zeitabhängigen Dunkelströme und des Rauschverhaltens.

Um die Grenzen des realisierten Messaufbaus abzuschätzen, wurde eine im kommerziellen Bereich bewährte Hochleistungsphotodiode auf Basis von Silizium (Si-PD, Thorlabs FD11A) unter Beleuchtung mit drei verschiedenen Wellenlängen evaluiert. Bei diesen Messungen konnten Einfallintensitäten bis zum 10 fW-Bereich und entsprechende Ströme im 10 fA-Bereich aufgezeichnet werden (Abbildung 1). Die Lichtintensität konnte von fW bis mW hinweg variiert werden und es wurde dabei eine Linearität der Si-PD über 11 Größenordnungen hinweg festgestellt.

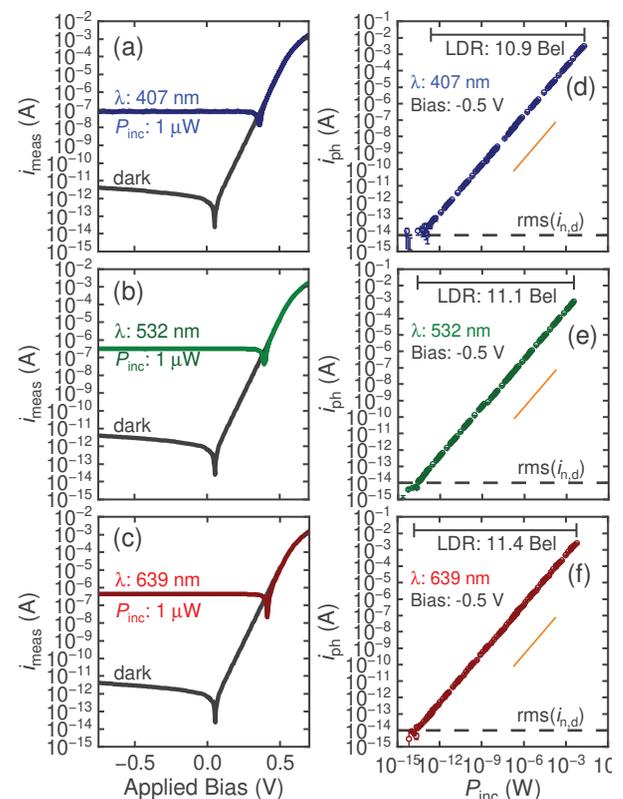


Abbildung 1. Charakterisierung einer Referenz-Photodiode (Si-PD). Messungen wurden für blaues Licht (a,d), grünes Licht (b,e) und rotes Licht (c,f) durchgeführt. a-c) Strom-Spannungs-Kennlinien unter Beleuchtung und im Dunkeln. d-f) Dynamischer Bereich. Die orangefarbene Linie zeigt einen Anstieg von 1 und dient dem Vergleich der Steigung. Im linearen dynamischen Bereich (LDR) steigt der Photostrom linear zur Beleuchtungsintensität.

Die daraus ermittelte Responsivität (Ansprechverhalten der Photodioden) entspricht den Herstellerangaben und konnte unseren Messaufbau somit validieren (Abbildung 2).

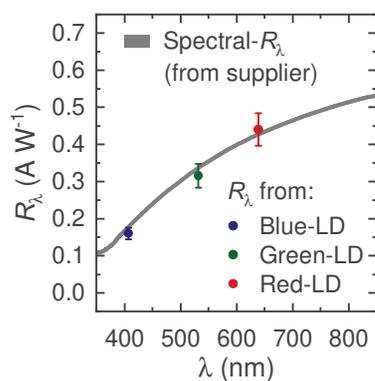


Abbildung 2. Responsivität der Si-PD mit Vergleich der experimentell bestimmten Werte (Punkte) zum Hersteller-Spektrum (Linie).

In der Literatur wird für die Bestimmung der unteren Detektionsgrenze von OPDs häufig nur die

Stromstärke der OPD als Funktion der Beleuchtungsintensität betrachtet. Für die Vermessung von Fluoreszenzsignalen mit OPDs ist jedoch vorrangig die Photostromstärke relevant. Diese ist die Differenz aus der gemessenen Stromstärke  $i_{o/p}$  und dem Dunkelstrom  $i_d$ . In unseren experimentellen Untersuchungen stellten wir bei niedrigeren Bestrahlungsstärken einen signifikanten Beitrag des Dunkelstroms zur gemessenen Stromstärke fest. Während die Stromstärke bei der in Abbildung 3 beispielhaft gewählten OPD bereits bei Leuchtdichten von ca.  $0,1 \mu\text{W}$  aufgrund des relativ hohen Dunkelstroms von  $22 \text{ nA}$  bei  $-0,5 \text{ V}$  in die Sättigung übergeht, ist das Rauschen jedoch derart gering, dass Photoströme bis in den Bereich von  $0,1 \text{ nW}$  gemessen werden können (Abbildung 3d).

Eine wissenschaftliche Veröffentlichung der Ergebnisse wird derzeit vorbereitet. ■

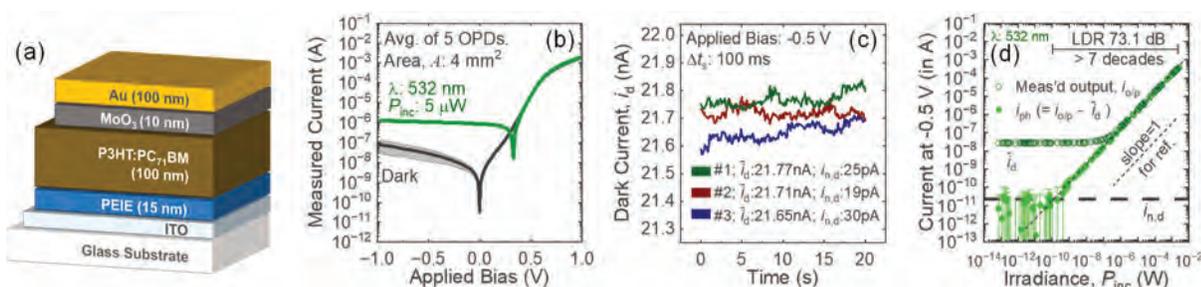


Abbildung 3. Ermittlung des Photostroms von OPDs. a) OPD-Architektur. b) Strom-Spannungs-Kennlinien der OPD im Dunkeln und unter Beleuchtung. c) Dunkelstrom als Funktion der Zeit. Die Messung wurde dreimal durchgeführt;  $\bar{i}_d$ : Mittelwert des Dunkelstroms,  $i_{n,d}$ : Rauschsignal (RMS) des Dunkelstroms. d) Stromantwort der OPD ( $i_{o/p}$ ) als Funktion der Einfallintensität. Subtraktion des Dunkelstroms ergibt den Photostrom ( $i_{ph}$ ).

- **Projektleitung:** Dr. Caroline Murawski
- **Projektträger:** KSI Meinsberg - Haushaltsprojekt
- **Laufzeit:** 02/2022 – 06/2024

1 [https://github.com/ssaggar/OPD\\_AppositeCharacterization](https://github.com/ssaggar/OPD_AppositeCharacterization)

## Krebstherapie mit Nanopartikeln

Mit diesem Grundlagenprojekt werden neue, Nanopartikel-basierte Ansätze zur Therapie von Brustkrebs untersucht.

Christine Schirmer, Lorenzo Madeo, Michael Mertig

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung bei Frauen in Deutschland (70000 Neudiagnosen pro Jahr) als auch weltweit (1/4 aller Krebsfälle bei Frauen). Neben der histologischen Einteilung sind Tumormarker ein wichtiges Merkmal zur Unterscheidung verschiedener Arten von Brustkrebs. Dies ermöglicht hoch spezifische Therapien, die gezielt an einzelnen Strukturen der Tumorzellen angreifen. Ein wichtiges Merkmal in diesem Zusammenhang ist der Rezeptorstatus der Tumorzelle. Tumorzellen, die eine Überexpression von Hormon- bzw. Wachstumsfaktor-Rezeptoren aufweisen, sind solch einer „maßgeschneiderten“ Tumorthherapie zugänglich. Im Gegensatz dazu weisen die Krebszellen bei triple-negativem Brustkrebs keine oder nur sehr wenige dieser Rezeptoren auf und müssen daher zum Beispiel mit konventionellen Chemotherapeutika behandelt werden. In vielen Fällen entwickeln sich Resistenzen gegenüber den dafür eingesetzten Substanzen, was die Prognose bei dieser Art von Tumor deutlich verschlechtert.

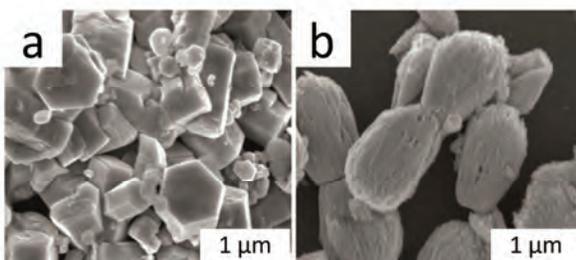


Abbildung 1. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von (a) Zinkoxid-Nanopartikeln und (b) Zinkoxid-Curcumin-Nanokristallen.

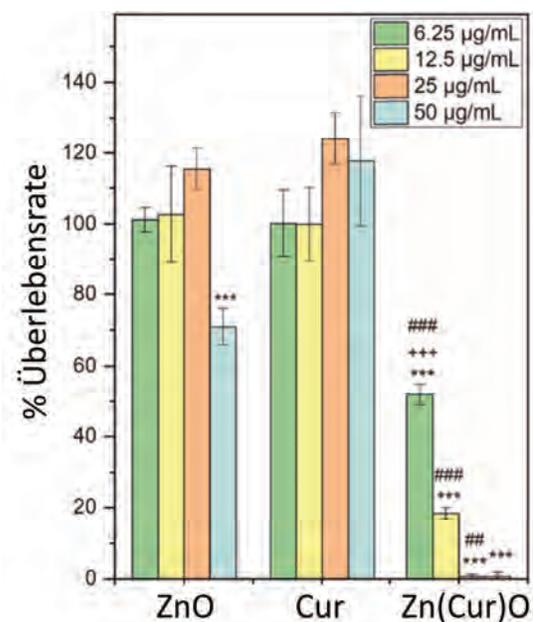


Abbildung 2. Überlebensrate von Brustkrebszellen nach 48 h Behandlung mit unmodifizierten Zinkoxid-Nanopartikeln (ZnO), Curcumin (Cur) sowie Curcumin-beladenen Zinkoxidnanopartikeln (Zn(Cur)O).

In den hier vorgestellten Arbeiten sollten die Grundlagen für eine verbesserte Krebstherapie mit Hilfe von Nanopartikeln mit dem Ziel erforscht werden, die Wirksamkeit insbesondere gegenüber triple-negativen Brustkrebszellen zu verbessern. Dazu wurden mit Curcumin beladene Zinkoxid-Nanopartikel hergestellt und deren Wirkung auf Krebszellen untersucht (Abbildung 3). Curcumin als Hauptbestandteil von Kurkuma ist eine natürlich vorkommende chemische Verbindung mit antientzündlicher und

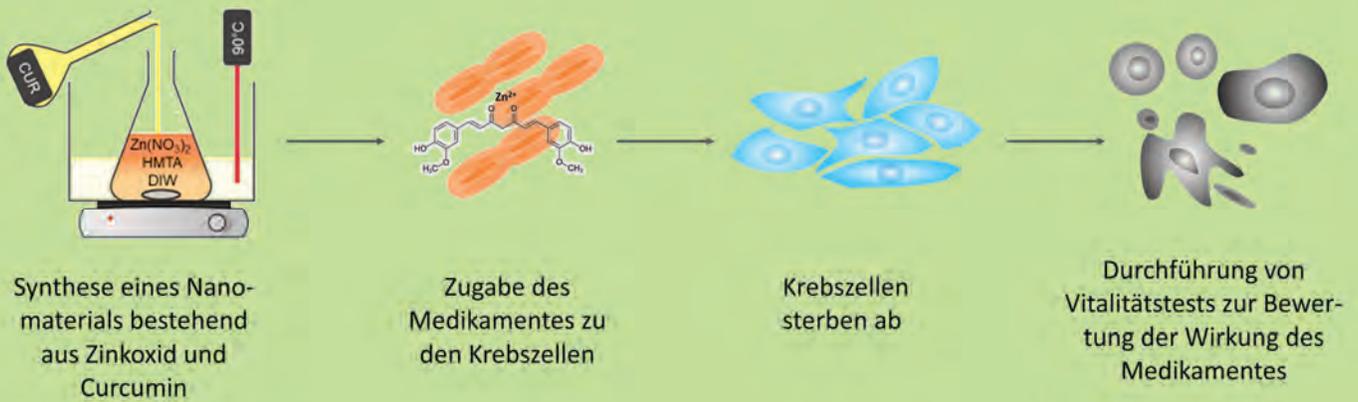


Abb. 3

krebshemmender Wirkung. Im Zuge der Herstellung der Partikel entstanden hantelförmige Zn(Cur)O-Nanokristalle (Abbildung 1), die wie der Naturstoff selbst eine gelborange Färbung aufwiesen.

Um die Wirksamkeit der hergestellten Zn(Cur)O-Nanokristalle als Krebsmedikamente zu untersuchen, wurde ihre biologische Aktivität mit reinem Curcumin und unmodifizierten Zinkoxid-Nanopartikeln verglichen. Dafür wurde die aus einem Tumor isolierte Krebszelllinie MDA-MB-231 genutzt, die als Modell für den aggressiven und hochinvasiven triple-negativen Brustkrebs verwendet wird. Es zeigte sich, dass Curcumin allein in den getesteten Konzentrationen keinen toxischen Effekt auf die Zellen hat. Unbeladene

Zinkoxid-Nanopartikel führten in der höchsten eingesetzten Konzentration (50 µg/ml) lediglich zu einer geringen Reduktion des Überlebens der Zellen auf 70 %. Im Gegensatz dazu führten die Zn(Cur)O-Nanokristalle bereits in der geringsten eingesetzten Konzentration (6,25 µg/ml) zu einer Überlebensrate der Krebszellen von lediglich 50 %. Ein komplettes Abtöten der Modellzellen konnte schon mit einer Konzentration von 25 µg/ml erreicht werden (Abbildung 2). Weiterführende Analysen zeigten, dass die Zugabe der Curcumin-beladenen Nanopartikel im Gegensatz zu den Einzelsubstanzen zu einer erhöhten Induktion von oxidativem Stress führte, was schlussendlich das Absterben der Krebszellen verursachte<sup>1</sup>. ■

- **Projektleitung:** Prof. Michael Mertig
- **Projektträger:** KSI Meinsberg-Haushaltsprojekt
- **Projektpartner:** Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e.V.
- **Laufzeit:** 04/2022 – 12/2023

Abbildung 3. Vorgehensweise bei der Untersuchung Nanopartikel-basierter Ansätze zur Krebstherapie.

1 L. Madeo, et al., *Royal Society of Chemistry* 13 (2023) 27180.

## Cluster-dekorierte DNA-Origami-Strukturen für verstärkte Raman-spektroskopische Detektionsmethoden (DeDNAed)

Das Projekt befasst sich mit dem Aufbau einer innovativen Biosensorplattform zur ultraschnellen, sensitiven und selektiven Detektion von medizinisch hochrelevanten Substanzen. Mit Hilfe von DNA-Origami-Strukturen sollen maßgeschneiderte Sensorelemente entstehen, die mit Hilfe von oberflächenverstärkter Ramanspektroskopie die Detektion von Analyten bis hinunter zur Einzelmolekülebene erlauben.

Andreas Heerwig, Christine Schirmer, Katrin Rebatschek, Alfred Kick, Michael Mertig

Wissenschaftler aus Spanien, Frankreich, Österreich und Deutschland arbeiten in dem von der EU geförderten Projekt gezielt am Aufbau einer Detektionsplattform, die auf dem Prinzip der oberflächenverstärkten Ramanspektroskopie fußt. Es sollen z.B. auf flexiblen Materialien innerhalb von Masken Detektionsbereiche für verschiedene Viren platziert und diese nach geeigneter Beatmung durch Probanden auf die Virenlast überprüft werden (Abbildung 1).

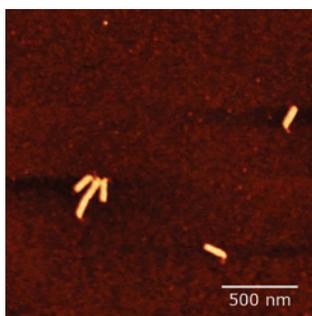


Abbildung 2. AFM-Bild aufgereinigter DNA-Origami-Strukturen.

Die Positionierung der für den Verstärkungseffekt notwendigen Goldnanopartikelpaare findet mittels DNA-Origami-Strukturen statt. Die bei der Synthese letzterer nötige Überschuss-DNA muss aus der Lösung entfernt werden, um in Folgeschritten ungewünschte Nebenreaktionen zu verhindern. Hierzu wurde ein neuartiger Ansatz

der Aufreinigung mittels magnetischer Partikel etabliert, nach dessen Durchführung die Strukturen immer noch intakt sind (Abbildung 2).

Der Transfer der DNA-Origami-Strukturen auf flexible Substrate soll mittels Langmuir-Blodgett- oder -Schäfer-Techniken erfolgen. Dafür ist die Anbindung der DNA-Origami-Strukturen in eine Lipidmonolage an einer Wasser-Luft-Grenzschicht nötig. Um die 2D-Verknüpfung der DNA-Origami-Strukturen zu untersuchen, wurde eine Lipiddoppelschicht auf einem Glassubstrat (SLB) als Modelllipidschicht erzeugt. Die Fluidität dieser wurde mittels Fluoreszenzwiederkehr nach Bleichen mittels Laserstrahlung (FRAP) nachgewiesen. Dazu wird ein kleiner Bereich einer teilweise mit Fluoreszenzfarbstoff markierten SLB gebleicht und der Diffusionskoeffizient durch die Geschwindigkeit der Rückkehr der Fluoreszenzintensität bestimmt (Abbildung 3).

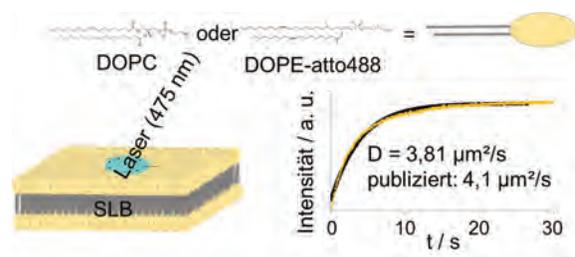


Abbildung 3. FRAP-Prinzip und -Auswertung.

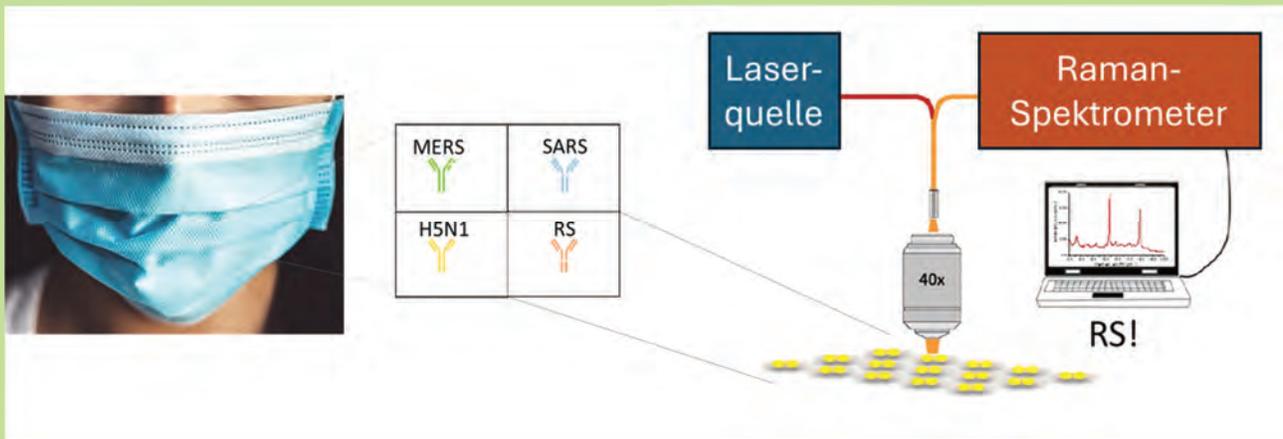


Abb. 1

Der Einbau der DNA-Origami-Strukturen in die Lipidschicht erfolgt in einem zweistufigen Prozess. Erst wird Cholesterol-modifizierte DNA in die Schicht eingebracht, an die im zweiten Schritt die DNA-Origami-Strukturen hybridisieren können.

Die 2D-Bewegung der verankerten DNA-Origami-Strukturen konnte mittels fluoreszenzmikroskopischer Aufnahmen charakterisiert werden (Abbildung 4). ■

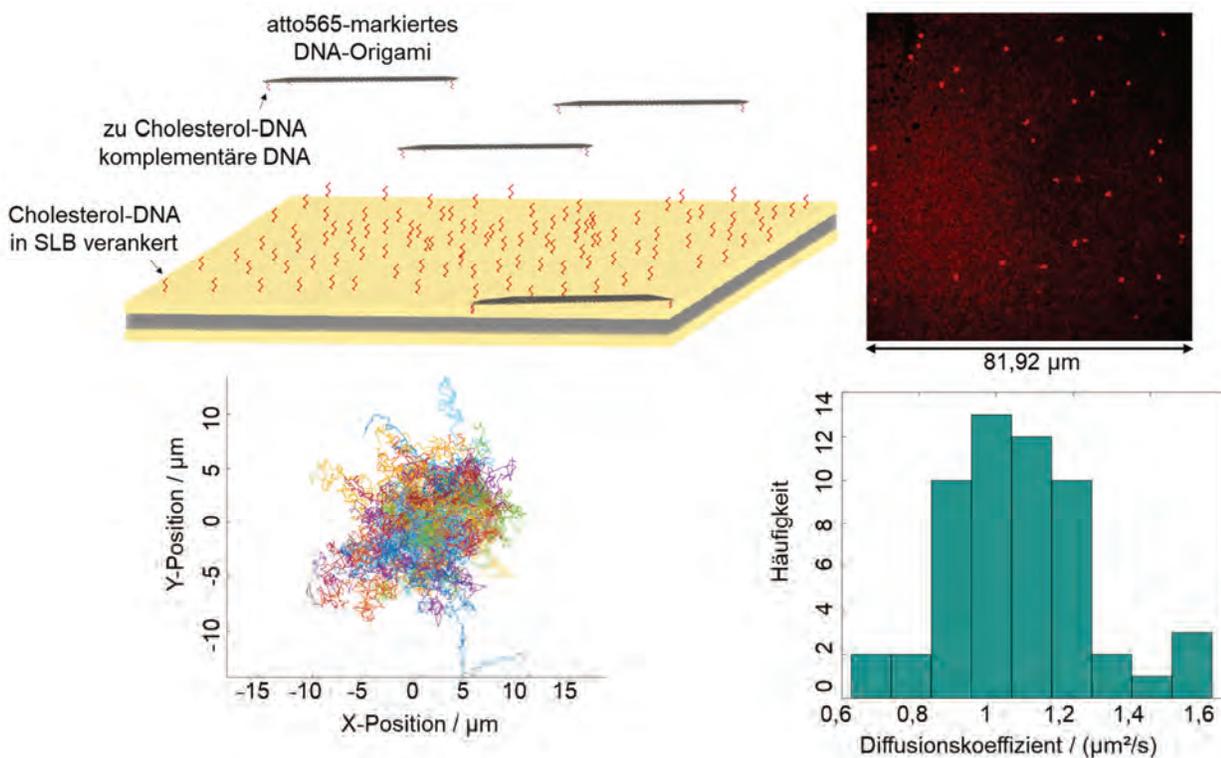


Abbildung 4. Prinzip DNA-Origami-Einbau. Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme von Einzelstrukturen. Trajektorien und Histogramm der Einzelstrukturdiffusion oberhalb der Fettschicht.

- **Projektleitung:** Prof. Michael Mertig
- **Projekträger:** Europäische Union, Horizon 2020, FETopen
- **Projektpartner:** Technische Universität Chemnitz, CIC biomaGUNE (Spanien), Le Mans Université (Frankreich), Universität Potsdam, Tecnalia (Spanien), BNN (Österreich)
- **Laufzeit:** 03/2021 – 06/2024
- **Förderkennzeichen:** 964248

Abbildung 1. Anvisiertes Detektionsszenario.

## Entwicklung eines Mess- und Sensorkonzeptes sowie Verfahrens zur reproduzierbaren Messwerterfassung für das Vitaldatenmonitoring (Netzwerk AmbuCare - SmartPhysio)

**Neben der Generierung von Winkel- und Bewegungsinformationen werden Vitaldaten wie Oberflächentemperatur, Bioimpedanz und elektrodermale Aktivität für das Trainingsmonitoring genutzt.**

Frank Gerlach, Ramona Sauer, Thomas Lamz, Mike Weber

Kniegelenkarthrose ist eine der häufigsten auftretenden Gelenkerkrankungen. Projektgegenstand ist die Entwicklung einer Multisensormanschette für die individualisierte Physiotherapie im Home-Care-Bereich. Nach initialer Einmessung durch den Therapeuten ermöglicht „SmartPhysio“ ein auf Biofeedback basiertes Training im Rahmen der Prävention und Behandlung einer beginnenden Kniegelenksarthrose im häuslichen Umfeld. Im Unterschied zu verfügbaren Lösungen integriert „SmartPhysio“ für das Trainingsmonitoring Bewegungs- und Vitaldaten. Neben der Generierung von Winkelinformationen und der Erfassung von Längenveränderungen werden Oberflächentemperatur, elektrodermale Aktivität und Bioimpedanz für das Trainingsmonitoring genutzt. Der Soll-Ist-Vergleich in Echtzeit und die Visualisierung über mobile Geräte unterstützt den Trainingserfolg und verhindert Gelenkschädigungen durch Überlastung und entzündliche Prozesse.

Abbildung 1 visualisiert die in die Multisensormanschette zu integrierenden Module. Im Rahmen der Umsetzung einer Trainingseinheit erfolgt kontinuierlich die Erfassung aller Messdaten zur Bewegung während der Ausgangs- und Übungspositionen, bezogen auf charakteristische Winkelstellungen und Umfangsdaten. Präferiert werden zwei Neun-Achsen-Sensoren für die Bewegungs- und Winkelinformationen.

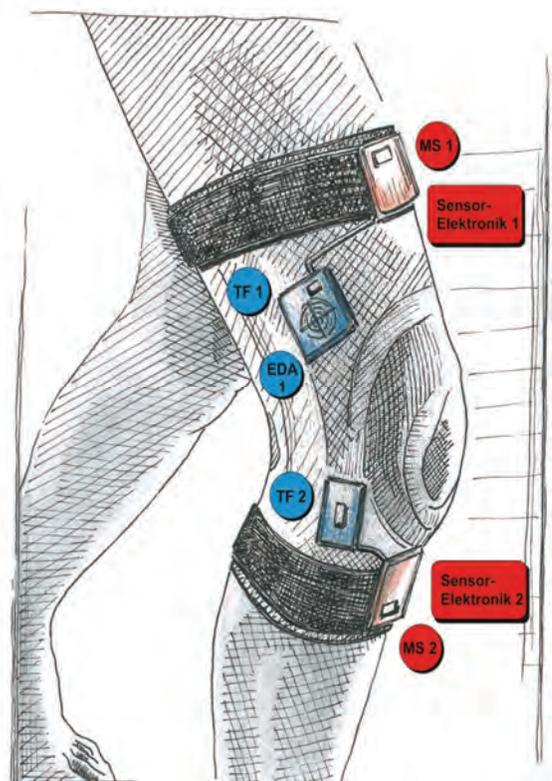


Abbildung 1. Anordnung von Sensor- und Elektronikmodulen in der Multisensormanschette.

Die Verknüpfung von Vitaldaten und Bewegungsdaten zur Übungsüberwachung führt zu einem Innovationssprung im Vergleich zu den gegenwärtig verfügbaren Optionen für die Therapie der Kniegelenksarthrose.

Zur Entwicklung der Methodik für die Messung der Bioimpedanz über das Kniegelenk wurde ein Testprogramm (Abbildung 2) angewendet, das verschiedene Elektrodenanordnungen mit kommerziellen Langzeit-EKG-Elektroden mit Ag/AgCl-Ableitung am Patienten untersuchte: quer (Unterschenkel lateral und medial), längs (Unter- und Oberschenkel, beide Elektroden medial) und diagonal (Unterschenkel medial und Oberschenkel lateral). Dazu wurde ein Impedanzmesssystem REF 600 der Firma Gamry eingesetzt. Vorteil der favorisierten diagonalen Elektrodenanordnung ist die Möglichkeit, sehr niedrige Generatorspannungen zu verwenden und gleichzeitig eine sehr gute Wiederholgenauigkeit der Bioimpedanzmessungen aufgrund der stabilen Phasenverschiebung zu gewährleisten.

Die durch Modellbildung gefundenen Abhängigkeiten des Entzündungsstatus und des Verhältnisses von extra- und intrazellulärem Wasserhaushalt zu den physikalischen Parametern der Bioimpedanzmessungen konnten an verschiedenen Probanden mit guter Reproduzierbarkeit verifiziert werden, so dass von einer Übertragbarkeit der Methode auf andere Gelenke ausgegangen werden kann.

Auf Grund dessen wird eine Basisentwicklung angestrebt, deren Einsatzszenarien perspektivisch auf weitere Indikationen ausgedehnt werden können, was die Kommerzialisierungsperspektiven positiv beeinflusst. ■

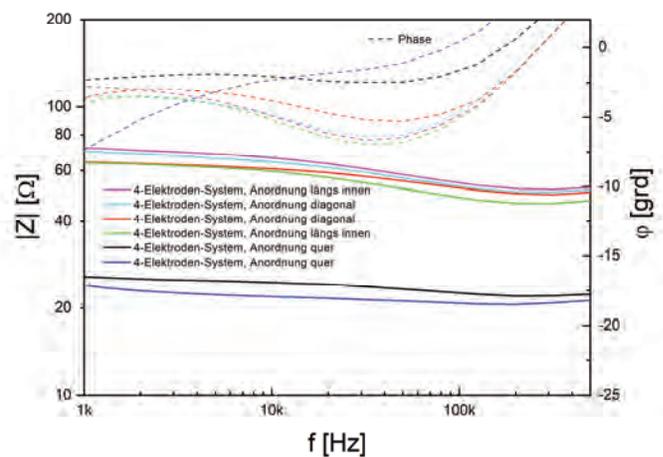


Abbildung 2. Optimierung der Elektrodenanordnung für Bioimpedanzuntersuchungen am Kniegelenk für zwei Messreihen an einem Probanden

- **Projektleitung:** Frank Gerlach
- **Projekträger:** ZIM, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin
- **Projektpartner:** Klinik im Leben, Greiz  
cubeoffice GmbH, Magdeburg  
aSpect Systems GmbH, Dresden  
Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
- **Laufzeit:** 04/2023 – 09/2025
- **Förderkennzeichen:** 16KN078664

## Mobiles Gerät zur Lithium-, Natrium- und Kreatinin-Messung für Patienten mit therapieresistenter Depression (LiNaKre)

### Teilvorhaben: Messzelle sowie Lithium- und Natrium-Messsensorik

**Im Fokus des Projekts steht die Realisierung einer Messeinrichtung, die mittels potentiometrischer Sensoren eine Analyse des Lithium- und Natriumgehalts in Speichelproben erlaubt.**

Anne Müller, Manfred Decker, Frank Gerlach, Petra Teichmann, Mike Weber, Kristina Ahlborn

Die Zahl der Menschen mit depressiven Symptomen nimmt immer weiter zu. Neueste Untersuchungen des Robert-Koch-Instituts aus dem Jahr 2023 weisen darauf hin, dass inzwischen 19% der Erwachsenen depressive Symptome zeigen und sich die Zahl der Erkrankten gegenüber 2019 somit nahezu verdoppelt hat<sup>1</sup>. Auf die initiale Therapie zur Behandlung klinischer Depressionen mit Antidepressiva reagieren viele Patienten jedoch nur ungenügend. Der alternative Einsatz von Lithiumsalzen zur Verbesserung der Wirksamkeit der Antidepressiva erfolgt jedoch nur in eingeschränktem Umfang, da infolge der geringen therapeutischen Breite der Lithiumaugmentation die Gefahr der Überdosierung besteht, die schwere Einschränkungen der Nierenfunktion zur Folge haben könnte. Die bekannte Korrelation zwischen der Lithiumaktivität im Blut und der im Speichel<sup>2,3</sup> bildete den Ansatz zur Entwicklung einer Messzelle mit Lithium- und Natriumsensoren.

Nachdem im Vorjahr die Herstellung der membranbedeckten  $\text{Na}^+$ - und  $\text{Li}^+$ -sensitiven Elektroden auf Ionophor-Basis und deren Testung in Modelösungen erfolgreich durchgeführt wurden, stand jetzt deren elektrochemische Charakterisierung im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Um die Anforderungen zu erfüllen, wurde zunächst der bisher eingesetzte Messzellen-Prototyp konstruktiv optimiert. So wurden die Elektrodenpositionen dahingehend verändert, dass einerseits ein druckloses Befüllen der Messzelle möglich ist und andererseits ein vergrößertes Elektrolytvolumen zur Verfügung steht. Diese Anpassungen tragen wesentlich zur Stabilisierung der gemessenen Potentiale bei. Die beiden Messzellenhälften, in denen sich auf der einen Seite die Messelektroden befinden und auf der anderen Seite die Referenzelektrode positioniert ist, sind durch Verschraubungen miteinander verbunden und ermöglichen so auch deren separate Charakterisierung.

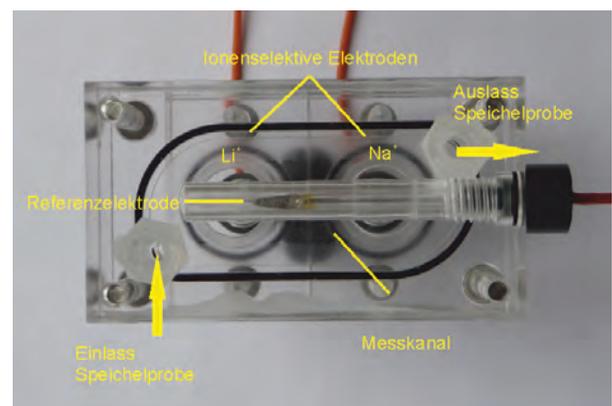


Abbildung 1. Frontansicht der überarbeiteten Messzelle.

Im Rahmen des Projekts werden Ansprechverhalten, Sensitivität, Selektivität sowie Langzeitstabilität des entwickelten Messsystems in wässrigen Probelösungen und in Speichelproben mit definierten  $\text{Li}^+$ - und  $\text{Na}^+$ -Konzentrationen bestimmt. Abbildung 2 zeigt die Signale eines  $\text{Li}^+$ - und eines  $\text{Na}^+$ -Sensors bei deren simultanem Einsatz in zwei Speichelproben (P1, P2), denen drei verschiedene  $\text{Li}^+$ -Konzentrationen zugesetzt wurden.

Es ist ein schnelles Ansprechverhalten der beiden ionensensitiven Elektroden von  $t < 30\text{s}$  sichtbar. Erwartungsgemäß ändert sich das Signal des  $\text{Na}^+$ -Sensors nicht, während der  $\text{Li}^+$ -Sensor die Änderung des  $\text{Li}$ -Gehalts anzeigt. Die Wiederfindungsrate der zugegebenen  $\text{Li}^+$ -Ionen in den Speichelproben lag bei wiederholten Messungen bei  $90 \pm 5\%$ , wobei Matrixeffekte durch weitere Stör-Ionen in der organischen Zusammensetzung des Speichels begründet sind.

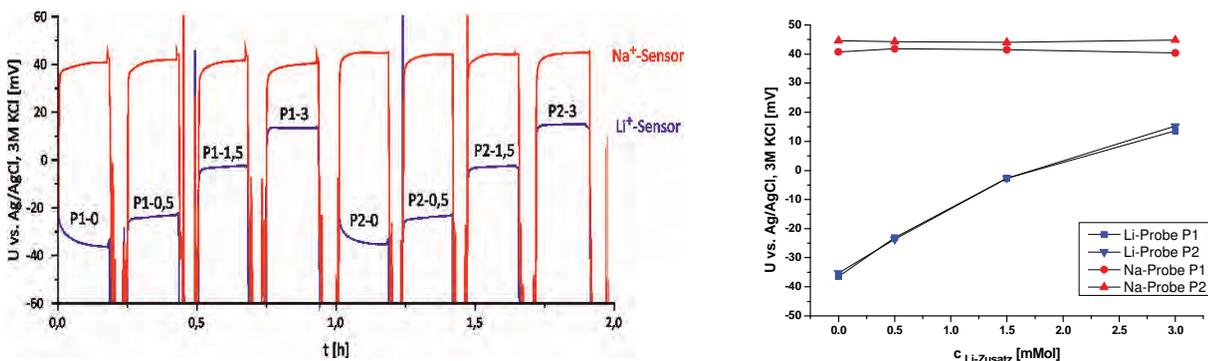


Abbildung 2. Ansprechverhalten (links) und Potentialverhalten (rechts) bei einer simultanen  $\text{Na}^+$ - und  $\text{Li}^+$ -Messung in  $\text{Li}^+$ -gespikten Speichelproben.

- **Projektleitung:** Manfred Decker
- **Projektträger:** BMBF, Projektträger VDI Technologiezentrum GmbH
- **Projektpartner:** Medizinische Hochschule Brandenburg CAMPUS GmbH, Neuruppin  
cubeoffice GmbH & Co. KG, Magdeburg
- **Laufzeit:** 05/2021 – 04/2024
- **Förderkennzeichen:** 13GW0484C

- 1 MHS-Quartalsbericht 3 (2023) des RKI, *Psychische Gesundheit der erwachsenen Bevölkerung*.
- 2 G.M. Parkin et al., *Bipolar Disorders* 23 (2021) 679-688.
- 3 J. Kuczynska et al., *Advances in Psychiatry and Neurology* 30(4) (2021) 251-257.

## Leistungsanalyse eines neuen elektrochemischen Sensors mit direktem Kontakt im Boden zur Nitratüberwachung (PLANtAR)

**In dieser Bearbeitungsphase des europäischen PENTA-Kooperationsprojektes wurden Methoden der Bodenanalyse für den Nitratnachweis mit dem entwickelten potentiometrischen Sensor erarbeitet, wobei wichtige Feldbedingungen simuliert wurden.**

Michelle Brandao Silva de Assis, Alfred Kick, Kathrin Trommer, Michael Mertig

In Kooperation mit Partnern aus Spanien und den Niederlanden beteiligt sich das KSI Meinsberg am europäischen Projekt PLANtAR, dessen Ziel die Entwicklung von miniaturisierten, kostengünstigen und automatisierten Überwachungssystemen für verschiedene Anwendungen im Agrarsektor ist. Der Beitrag des KSI Meinsberg konzentriert sich auf die Entwicklung eines potentiometrischen Nitratsensors für langperiodige *In-situ*-Bodenmessungen. Die bisher durchgeführten Arbeiten haben gezeigt, dass die Modifizierung einer Grafit-Arbeits Elektrode mit Polypyrrol und einer ionenselektiven Schicht die Herstellung eines potentiometrischen Sensors erlaubt, der nicht nur für Messungen in realen Wasserproben geeignet ist, sondern auch im direkten Kontakt mit Bodenproben eingesetzt werden kann.

Die direkte Nutzung dieses Sensors im Boden erfordert jedoch das Studium von verschiedenen Einflussfaktoren, die Funktionsweise und Stabilität des Sensors unter Realbedingungen beeinflussen können. Einer dieser Einflüsse ist die Bodenfeuchtigkeit. Während einer Wachstumsperiode weist der Boden sowohl feuchte Phasen wie auch Phasen auf, in denen er fast oder vollständig austrocknet. Letzteres stellt ein seriöses Problem dar, da der elektrochemische Sensor ein wässriges Medium für seine Funktion benötigt.

Vor diesem Hintergrund wurde das Verhalten des elektrochemischen Sensors in realen Bodenproben unter simulierten Feuchtigkeitsbedingungen im Labor untersucht. Da es verschiedene Bodentypen gibt, und jeder seine eigene Wasseraufnahmekapazitäten hat, wurde in diesen Simulationen basierend auf dem Konzept der Feldkapazität eine standardisierte Methode erarbeitet, die verschiedene Arten von Böden vergleichend abdecken kann.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Sensorsignals von der Feuchtigkeit wurden die Bodenproben gefriergetrocknet und anschließend solange mit einer Nitrat-Standardlösung der Konzentration 0,1 mol/l versetzt, bis definierte Feldkapazitäten erreicht wurden. Es wurden Feldkapazitäten von 100 %, 75 %, 50 % und 25 % eingestellt. Abbildung 1 zeigt das Ergebnis dieser Vorbereitung. In diesen Bodenproben wurden nun die Potentiale in zufälliger Reihenfolge gemessen und daraus der Nitratgehalt bestimmt. Abbildung 2a zeigt die Ergebnisse dieser Messungen.

Die gleiche Art von Experiment wurde wiederholt, nun aber mit dem Ziel, die Auswirkungen verschiedener Nitratkonzentrationen zu bewerten. Die Proben wurden mit unterschiedlichen Nitratkonzentrationen, aber mit der gleichen Feldkapazität (75 %) hergestellt. Der Nitratgehalt wurde in den Bodenproben bei verschiedenen



Abb. 1

Nitratkonzentrationen (von  $10^{-2}$  bis 1 mol/l) gemessen. Die Abbildung 2b zeigt diese Messung zunächst mit den Proben abnehmender Konzentration und danach in zufälliger Reihenfolge. Die Messergebnisse in Abbildung 2a zeigen eine hohe Übereinstimmung über den gesamten Feuchtebereich bei geringfügigen Abweichungen u.a. durch mechanische Einflüsse.

Wiederholte Experimente mit verschiedenen Nitratkonzentrationen bestätigten die exzellente Reproduzierbarkeit und Genauigkeit des Sensors. Die in Abbildung 2b dargestellten Signalkurven beweisen die Stabilität und Reproduzierbarkeit der Messungen ohne Memory-Effekt. ■

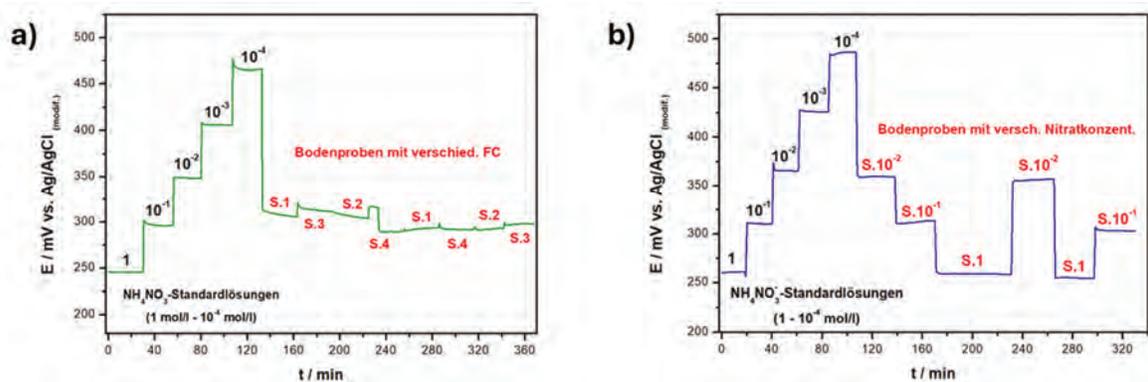


Abbildung 2. (a) Potentiometrisches Ansprechverhalten mit Kalibrierung und der Messung in vier Bodenproben mit unterschiedlicher Feldkapazität. Identifizierung der einzelnen Bodenproben: S1 (100 %), S2 (75 %), S3 (50 %) und S4 (25 %). (b) Potentiometrisches Ansprechverhalten mit Kalibrierung und der Messung in drei Bodenproben mit unterschiedlicher Nitrat-Konzentration bei Feldkapazität 75 %.

- **Projektleitung:** Prof. Michael Mertig
- **Projekträger:** EUREKA-Cluster PENTA ü. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin
- **Projektpartner:** Infineon Technologies AG, Neubiberg, Fraunhofer ENAS, Chemnitz, HANSENHOF\_electronic, Reifland, Freudenberg Industrie Siebdruck GmbH, Dresden, Munisense BV, NL, Evalan BV, Amsterdam, NL, Stichting Wageningen Research, Wageningen, NL, RockWool B.V., Roermond, NL, Stichting IMEC, Eindhoven, NL, AlphaSip, Santa Clara, Spanien, Alianza Nanotecnología Diagnóstica ASJ, SL, Spanien
- **Laufzeit:** 11/2020 – 02/2024
- **Förderkennzeichen:** 16ME0159S

Abbildung 1. Abbildung von Bodenproben mit einer Feldkapazität von FC = 100 %, FC = 75 %, FC = 50 % und FC = 25 % (v.l.n.r.).

## Entwicklung einer sensorgestützten Wasserwand mit integrierter Plasmatechnologie zur direkten Verbesserung des Stallklimas in der Schweinehaltung (EMITI-ION+)

**Entwicklung von innovativen Sensoren für kontinuierliche Schadgas- und Emissionsanalysen, integriert in eine neuentwickelte Wasserwand-Systemlösung.**

Ute Enseleit, Jens Zosel, Annett Vogel, Mike Weber

Schadgase in der Stallluft können sich negativ auf die Gesundheit von Nutztieren auswirken. So können stallklimatische Bedingungen, die von empfohlenen Grenzwerten abweichen, zu einer Beeinträchtigung der mukoziliären Clearance und insbesondere zu Immunmechanismen führen<sup>1</sup>. Diese sind an der Pathogenese von Atemwegserkrankungen beteiligt. Konsequenzen können verstärkte antibiotische Behandlungen, verlängerte Aufzuchten und Organverwürfe bei der Schlachtung der Tiere sein. Auch die Stalllufttemperatur hat einen entscheidenden Einfluss auf die Tiergesundheit. Hitzestress ist ein großes, mitunter tödliches Problem für Nutztiere, insbesondere für Schweine. Jeweils einzelne Verfahren zur Abluftreinigung und Kühlung der Stallluft sind bereits verfügbar, es existiert jedoch kein kombiniertes Verfahren für den Einsatz zur direkten Verbesserung der Luftqualität.

Das Ziel des Forschungsprojektes betrifft somit die Entwicklung eines sensorgesteuerten Wasserwandensystems, bestehend aus einer innovativen Wasserwandkonstruktion (Abbildung 1) mit integriertem hochporösem 3D-Gitter zur Ausbildung laminarer Wasserfilme mit großer Oberfläche. Weiterhin werden neuartige Plasmageneratoren und Schadgassensoren in das System implementiert und so die Aufnahme von Schadstoffen und Staubpartikeln aus der Stallluft gewährleistet und dokumentiert. Durch die forcierte

Wasserverdunstung wird die Stallluft zudem adiabatisch gekühlt. Mit diesem System soll das Mikroklima im Stall deutlich verbessert werden.

Am KSI werden dazu innovative Gassensoren für das Schadgasmonitoring und Flüssigkeitssensoren für die Überwachung des Wassers gemeinsam mit der notwendigen Auswertetechnik entwickelt. Im Wasserreservoir werden pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Ammoniumstickstoffkonzentration ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) und Temperatur kontinuierlich gemessen. Die Stallluft sowie die gereinigte Luft werden im Hinblick auf  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  überwacht. In einem ersten Entwicklungsschritt wird diese Multisensorik in einem externen Gehäuse untergebracht.



Abbildung 1. Wasserwand mit integrierter Ionisation.



Abb. 2



Im ersten Teil des Projektes wurden geeignete Gas- und Flüssigkeitssensoren, Messzellen und Messwandler ausgewählt, z.T. am KSI Meinsberg hergestellt sowie im Labor gemeinsam erprobt und optimiert. In Abbildung 3 ist eine Messung in der Flüssigphase und in Abbildung 4 die Kalibrierung von  $\text{NH}_3$ -Gassensoren dargestellt.

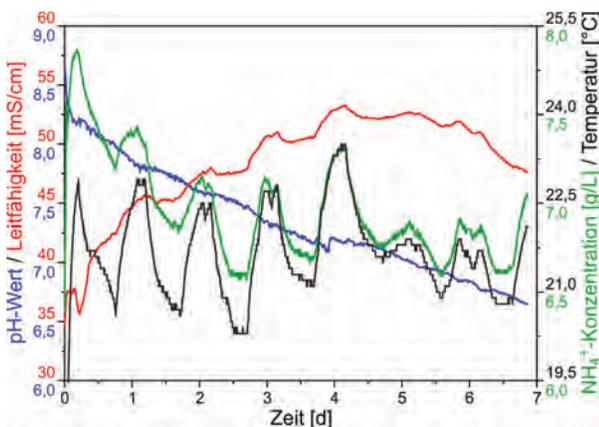


Abbildung 3. Laboruntersuchung von Waschwasser aus Abluftreinigern.

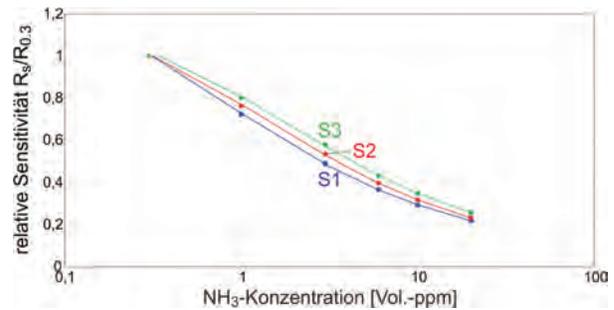


Abbildung 4. Kalibrierung von drei baugleichen Metalloxid- $\text{NH}_3$ -Sensoren in befeuchteter Luft.

Weiterhin wurde an einem Konzept für eine optimale Aufzeichnung und Speicherung von Sensordaten gearbeitet, um Algorithmen zur Steuerung der Wasserwand in Abhängigkeit der gemessenen Werte und des Tierwohls zu erfassen.

Erste Erprobungen im Schweinestall (Abb. 2) belegen, dass die Geruchsbelastung bei Zuschaltung der Ionisation innerhalb weniger Minuten merklich zurückgeht. ■

- **Projektleitung:** Dr. Jens Zosel
- **Projektträger:** ZIM-Kooperationsprojekt, AiF Projekt GmbH, Berlin
- **Projektpartner:** Frankenförder Forschungsgesellschaft mbH, Luckenwalde  
3 FP GmbH, Leipzig  
Menken und Drees GmbH, Coesfeld
- **Laufzeit:** 04/2023 – 09/2025
- **Förderkennzeichen:** 16KN101120

Abbildung 2. Schweinemastanlage zur Erprobung der sensorgestützten Wasserwand.

1 E. Buoio, C. Cialini, A. Costa, *Animals* 13 (2023) 2297.

## Mobiles elektrochemisches Wasserqualitätsmonitoring-System (WasserMonitor-EC)

**Voltammetrische Sensoren zur mobilen und dezentralen Vor-Ort-Bestimmung von Schwermetallionen in Oberflächenwässern.**

Janek Weißpflog, Kathrin Trommer, Jingying Yao, Michael Mertig

Schwermetalle, insbesondere Cd(II) und Pb(II), sind bekanntermaßen hochgiftig für den Menschen. Sie können die Blut-Hirn-Schranke überwinden und schwere Schäden an Gehirn und Nieren verursachen. Aufgrund ihrer weitreichenden Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit ist die Kontrolle des Gehalts an Cd(II) und Pb(II) in Gewässerproben von größter Bedeutung. In vielen Ländern, darunter die EU-Länder und die USA, liegen die Grenzwerte für Cd(II) im Trinkwasser bei 3 – 5 µg/l und für Pb(II) bei 5 – 15 µg/l. Die Entwicklung preisgünstiger Feldanalytik mit mobilen Analysegeräten zur Überwachung der Schadstoffbelastung in Grund- und Oberflächengewässern ist daher von erheblicher Bedeutung, um den Einsatz aufwendiger Labormethoden zu umgehen.

Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojekts bestand darin, kostengünstige und flexibel einsetzbare voltammetrische *All-Solid-State*-Sensoren zur Detektion von Metallionen wie Cd(II), Pb(II), Cr(III) und Cr(VI) zu entwickeln. In Kooperation mit der TU Chemnitz, der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) sowie der Chongqing Universität und der Umweltbehörde Chongqing (China) wurden verschiedene Ansätze zur Erfassung toxischer Metallionen entworfen und ihre Funktionsfähigkeit an realen Gewässerproben verifiziert. Die Kernaufgabe des KSI Meinsberg war die Entwicklung von voltammetrischen Sensoren auf



Abbildung 1. Probenahmestellen der untersuchten Oberflächen- und Grubenwässer.

Graphitbasis zur Detektion der Zielmetallionen. Bi(III) erwies sich als geeigneter Modifikator für die empfindliche Bestimmung von Pb(II) und Cd(II) mittels sensitiver Anodischer-Stripping-Voltammetrie (ASV). Die elektrochemische *In-situ*-Abscheidung von Bismut erfolgte zusammen mit den Zielionen auf der Graphitelektrodenoberfläche. Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Methoden zur Vorbereitung und Anreicherung von Proben entwickelt, um eine optimale Erfassung der Zielmetallionen zu gewährleisten. Eine detaillierte Applikationsvorschrift wurde erstellt, um eine automatisierte stripping-voltammetrische Messung von Pb(II) und Cd(II) von niedrigen (1 – 10 µg/l) bis hin zu hohen (10 – 100 µg/l) Konzentrationsbereichen vor Ort zu ermöglichen. Diese Anleitung umfasst aus-

fürliche Anweisungen zur Probenahme, Vorbereitung des Sensorsystems, Kalibrierung, Messdurchführung und Datenanalyse. Die Labormuster wurden an verschiedenen Wässern von ausgewählten Gewässergütemessstellen der BfUL (Pitzschbach und Freiburger Mulde) sowie schwermetallrelevanten Wasserproben (Abbildung 1) eingesetzt, um ihre Leistung im Vergleich zu etablierten Methoden zu bewerten. Diese Tests sollten die Anwendbarkeit der Sensoren auf verschiedene Umweltproben und ihre Leistungsfähigkeit unter unterschiedlichen Bedingungen bestätigen. Durch gezielte Anpassung der Messparameter an die Probenmatrix konnten Störeinflüsse minimiert werden, wodurch gut

aufgelöste Peaks mit hoher Linearität für Realproben erzielt wurden. Abbildung 2 zeigt als Beispiel die voltammetrisch gemessenen Konzentrationen von 5 µg/l Pb(II) sowie 17 µg/l Cd(II) in einer Realprobe. Diese Werte sind in guter Übereinstimmung mit den mittels Referenzanalysemethoden bestimmten Werten.

Letztlich konnte durch die Effektivität und Zuverlässigkeit der entwickelten Sensortechnologie für die Vor-Ort-Analyse von Schwermetallionen in verschiedenen Gewässerproben das Potential für eine breite Anwendung in der Umweltüberwachung gezeigt werden. ■

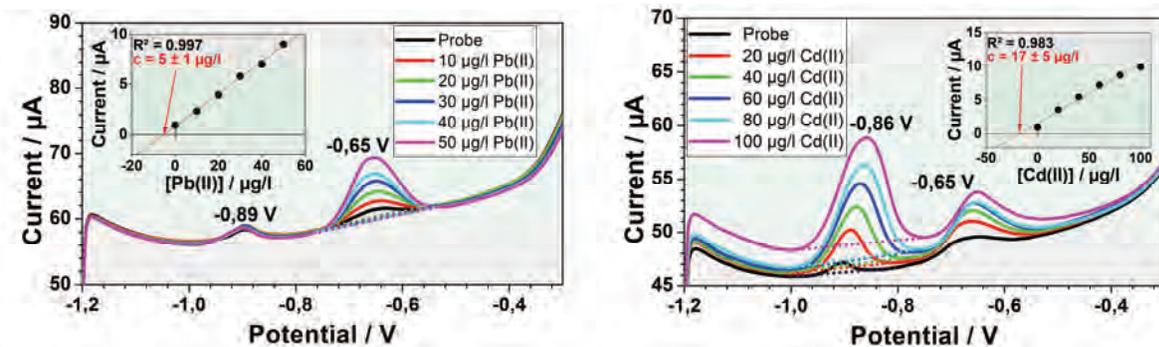


Abbildung 2. Anodische-Stripping-Voltamogramme zum Nachweis von Pb(II) bei -0,65 V (links) und Cd(II) bei -0,86 V (rechts) im angereicherten Oberflächengewässer Pitzschbach durch Standardaddition; Kalibrierung mit Regressionsgerade (rot) durch die ermittelten Peakhöhen.

- **Projektleitung:** Prof. Michael Mertig
- **Projekträger:** Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- **Projektpartner:** Chongqing Universität und Umweltbehörde Chongqing (China), TU Chemnitz, Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) Sachsen, Radebeul
- **Laufzeit:** 05/2020 – 04/2023
- **Förderkennzeichen:** 33-8128/157/1

## Entwicklung und Erprobung eines vor Ort anwendbaren Sensorsystems für die As(III)-/As(V)-Detektion (Astek)

**Im Teilprojekt des Verbundvorhabens „Technologieentwicklung und Erprobung für nachhaltiges Wassermanagement und additive Rohstoffgewinnung am Modellstandort Zinnerzgrube Ehrenfriedersdorf (TERZinn)“ entwickelt das KSI Meinsberg ein vollautomatisiertes Sensorsystem für die Bestimmung von As(III) und As(V) unter Tage.**

Janek Weißpflog, Michael Mertig

Die Entwicklung und der erfolgreiche Einsatz des Sensorsystems unter Tage markieren einen bedeutenden Meilenstein in der Vor-Ort-Sensorik und dem Umweltmonitoring. Die ehemalige Bergbaugrube in Ehrenfriedersdorf fungiert als Testgelände für die Technologie, da sie selbst Jahrzehnte nach der Schließung noch erhebliche Arsenbelastungen aufweist. Als Folge der Zinnerzförderung entstanden Spülhalden, die eine durchschnittliche As-Belastung von 0,5 mg/l aufweisen. Durch den Einsatz des arsensensitiven Sensors konnten präzise Daten über die Arsenkonzentrationen in den Gruben- und Haldensickerwässern erfasst werden (Abbildung 1 und 2).

Die Entwicklung eines Sensors, der den Anforderungen unter Tage gerecht wird, war eine Herausforderung, um reproduzierbare und stabile Ergebnisse zu erhalten. Die planaren Siebdruckelektroden, die ausschließlich aus festen Komponenten konzipiert sind, haben sich als äußerst robust und wartungsarm erwiesen. Ihre handliche Größe ermöglicht es, sie mobil einzusetzen, was für die Überwachung in einem Bergbaumfeld von entscheidender Bedeutung ist. Durch die Anwendung der Anodischen-Stripping-Voltammetrie (ASV) ist es möglich, nicht nur hohe Arsenkonzentrationen von bis zu 1 mg/l vor der Wasserbehandlung genau zu bestimmen, sondern auch der Nachweis niedrigerer Konzentrationen



Abbildung 2. Messort und Inbetriebnahme des Vor-Ort-Sensorsystems unter Tage im Sauberger Stolln (Ehrenfriedersdorf).

bis zum Trinkwassergrenzwert von 0,01 mg/l nach der Aufreinigung (Abbildung 3) ist möglich. Herzstück des Sensorsystems ist eine entwickelte Messzelle, in die der Sensor eingefügt und bei Bedarf unkompliziert ausgetauscht werden kann. Die Messzelle zeichnet sich durch eine Messkammer mit einem Probenvolumen von 2 ml, fluidischen Anschlüssen und einem integrierten Paddelrührer aus. Durch die Verwendung verschiedener Sensoren konnte das entwickelte Sensorsystem zudem erfolgreich zur Detektion verschiedener Schwermetallionen wie Pb(II) und



Abb. 1

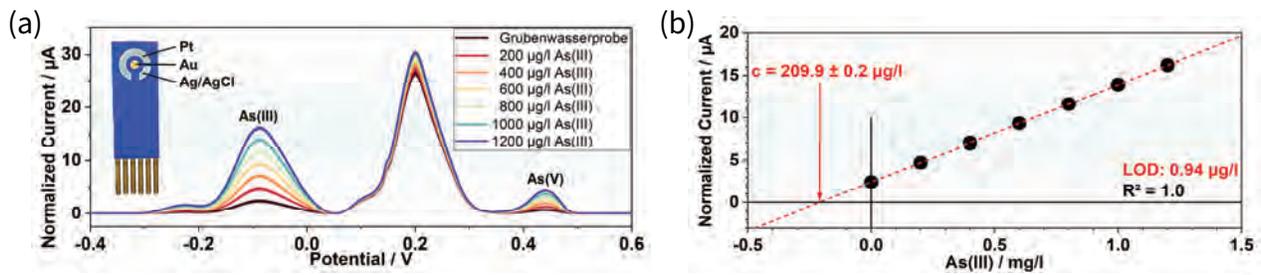


Abbildung 3. Nachweis von As(III) mittels Au-Siebdruckelektrode (a) durch Standardaddition (b).

Cd(II) eingesetzt werden. Basierend auf den Grundlagenuntersuchungen zum Messregime wurde ein geeignetes Probenentnahmesystem durch Mikropumpen konzipiert und in die gesamte Fluidik integriert. Dabei wird die Probe zunächst mit einem Elektrolyten versetzt, um einen konstanten pH-Wert zu gewährleisten, bevor eine voltammetrische Messung durchgeführt wird. Anschließend erfolgt die Konzentrationsbestimmung mittels des Standardadditionsverfahrens unter Verwendung definierter Standardlösungen. Die Integration einer Raspberry Pi-basierten Steuerungseinheit ermöglichte eine automatisierte Messung der Arsenkonzentrationen

im Bergwerk über ein *Secure Shell* (SSH)-Protokoll. Gemeinsam mit dem Projektpartner ibes AG wurde die Fluidik und Steuerung des Systems an die spezifischen Einsatzbedingungen angepasst. Dadurch konnte die Funktion des Sensors unter Tage weitgehend ohne Personalaufwand sichergestellt werden. Der erfolgreiche Einsatz des Sensorsystems unter Tage eröffnet neue Möglichkeiten für die Überwachung und Behandlung von Wasser in Bergbaugruben. Deshalb bietet die entwickelte Technologie reichlich Potential für zukünftige Anwendungen in unterschiedlichsten Bereichen der elektrochemischen Analytik. ■

- **Projektleitung:** Prof. Michael Mertig
- **Projektträger:** BMBF, Projektträger Jülich GmbH
- **Projektpartner:** Fraunhofer IKTS (Dresden), ibes AG (Chemnitz), Erdbau Thalheim GmbH (Ehrenfriedersdorf), GEOS Ingenieurgesellschaft mbH (Halsbrücke), TUBAF – Institut für Bergbau und Spezialtiefbau (Freiberg), Wismut GmbH (Chemnitz), BIT-Tiefbauplanung GmbH (Gera)
- **Laufzeit:** 02/2021 – 01/2024
- **Förderkennzeichen:** 03WIR1916E

Abbildung 1. Installation des Vor-Ort-Sensorsystems unter Tage im Sauberger Stolln (Ehrenfriedersdorf).

## WIR! – rECOMine – DigiFloat: Digitalisierung und modellprädiktive Regelung komplexer Aufbereitungsprozesse mittels Sensorfusion und KI-gestützter Auswertung

**Entwicklung einer miniaturisierten Durchflussmesszelle inklusive Sensorik zur störungsfreien Ankopplung an eine Flotationszelle.**

Frank Gerlach, Ramona Sauer, Thomas Lamz, Mike Weber

Das vorliegende Forschungsprojekt zur Entwicklung einer miniaturisierten Messzelle mit elektrochemischer Sensorik möchte als Bestandteil des Verbundprojektes „DigiFloat“ die Voraussetzung schaffen, um eine umfängliche, validierte Erfassung von Prozessdaten gemäß Abbildung 1 als Basis für eine KI-unterstützte Optimierung komplexer Aufbereitungsprozesse zu gewährleisten. Dabei wird besonderer Wert auf die Wahrung der Kontinuität zwischen den einzelnen Stufen industrieller Prozessentwicklung vom Laborsta-

dium über den Technikumsmaßstab bis hin zu industriellen Größenordnungen gelegt. Die Generierung einer soliden Datenbasis für die industrielle Prozessoptimierung ist im Bereich der Rohstoffgewinnung enorm wichtig. Die wissenschaftlich-technischen Ziele beinhalten die Entwicklung eines miniaturisierten Multiparametersensorsystems für das In-line-Monitoring von Abscheidungsprozessen. Im Fokus steht die parallele Bestimmung der Parameter pH-Wert, Redoxpotential und elektrische Leitfähigkeit.

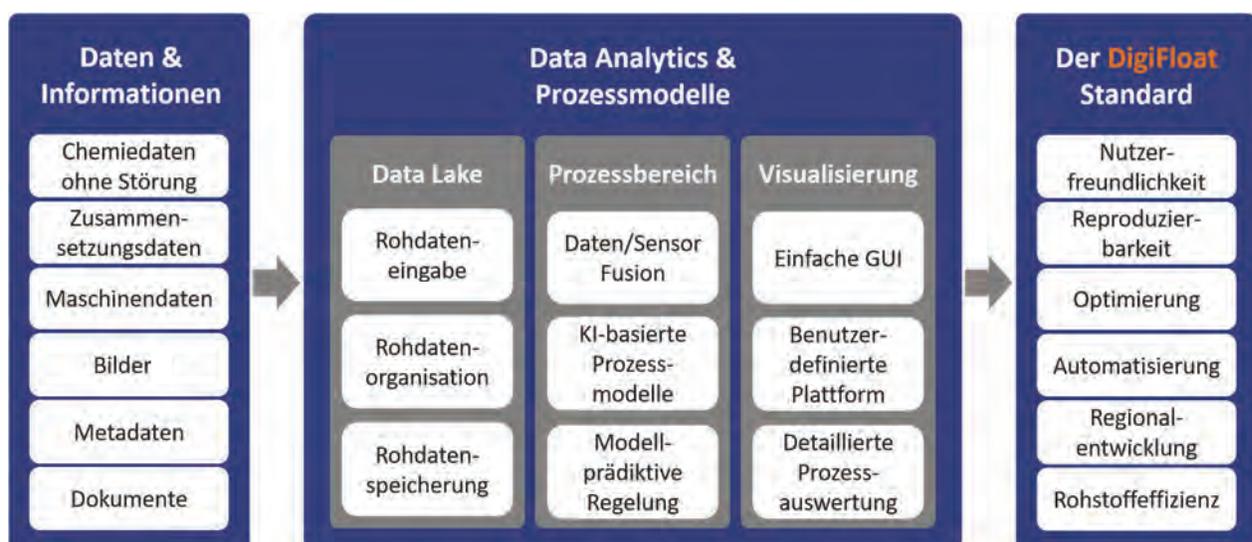


Abbildung 1. Informationsfluss und Modellbildung komplexer Aufbereitungsprozesse.

Die Bestimmung der Prozessparameter in kleinen Volumina bedingt eine strikte Miniaturisierung von Messzelle und Sensoren, damit Strömungsbedingungen und Prozessablauf nicht gestört werden. Im Labormaßstab wird dies durch eine extern angeordnete Messzelle gewährleistet. Der technologische Grundansatz besteht in der Anwendung moderner Fertigungstechniken für die Sensorik und die Messzelle, wie der Dickschichttechnik, der Dünnschichttechnik, der Feinwerktechnik sowie dem 3D-Druck. Diese technologische Lösung erfüllt den Anspruch, selbst kleine Stückzahlen des hochwertigen Produktes unter wirtschaftlich attraktiven Konditionen herstellen zu können. Zudem ermöglicht sie im Laborbetrieb wie im industriellen Maßstab die Verwendung der gleichen Sensoren und Messver-

fahren für stoffbezogene Größen, um prozessstypische Störungen, wie beispielsweise Gasblasen, Schlieren und Feststoffpartikel, in einem Kontext zu erfassen. Eine wesentliche Hürde bei der Einführung neuer Technologien in die Praxis besteht darin, dass in Labor, Technikum und großtechnischen Produktionsanlagen bisher Messtechnik und Sensorik mit unterschiedlicher Funktionalität eingesetzt werden.

Neben der Bergbauindustrie eröffnet die Digitalisierung der Flotation auch spannende Möglichkeiten in anderen Bereichen wie der Wasseraufbereitung, dem Recycling von Batterien und der Papieraufbereitung. Dieses Projekt könnte dazu beitragen, den wachsenden Bedarf an Rohstoffen für erneuerbare Energien und Batterien nachhaltiger zu decken. ■

- **Projektleitung:** Frank Gerlach
- **Projektträger:** Forschungszentrum Jülich GmbH (PTJ), Berlin
- **Projektpartner:** Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Freiberg  
Universität Potsdam, Institut für Chemie, Potsdam-Golm  
SECOPTA analytics GmbH, Teltow  
Simba n<sup>3</sup> GmbH, Oelsnitz
- **Laufzeit:** 09/2023 – 08/2025
- **Förderkennzeichen:** 03WIR1919C

## Portable optische Sensoren für die moderne Landwirtschaft

**Nachweis von landwirtschaftlich relevanten Ionen wie  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  und  $\text{CO}_3^{2-}$  mittels portabler spektroskopischer Sensoren.**

Janek Weißpflog, Michael Mertig

Die moderne Landwirtschaft steht vor der Herausforderung, die Effizienz der Nährstoffnutzung zu maximieren und gleichzeitig die Umweltbelastung zu minimieren. In diesem Zusammenhang gewinnen portable optische Sensoren zunehmend an Bedeutung, da sie eine schnelle und präzise Analyse von Boden- und Wasserproben direkt vor Ort ermöglichen. Ziel dieses Projekts ist die Untersuchung und Weiterentwicklung portabler spektroskopischer Sensoren für den Nachweis landwirtschaftlich relevanter Ionen aus Düngemitteln wie  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  und  $\text{CO}_3^{2-}$ . Im Laufe der Projektbearbeitung wurden umfangreiche Grundlagenforschungen durchgeführt, um die Eignung von Raman-Spektroskopie und Nahinfrarotspektroskopie (NIR) für diese Anwendung zu untersuchen (Abbildung 1). Beide Methoden bieten die Möglichkeit, spezifische Ionen in komplexen Matrices wie Boden und Wasser zu detektieren.

Raman-Spektroskopie basiert auf der inelastischen Streuung von Licht und ermöglicht die Identifizierung von Molekylvibrationen, die spezifisch für bestimmte chemische Bindungen sind. NIR-Spektroskopie nutzt das nahe Infrarotspektrum zur Bestimmung molekularer Schwingungen. Für diese Untersuchung wurden NIRONE™-Sensoren (Spectral Engines) verwendet, die in der Lage sind, Spektraldaten zu sammeln, die anschließend mittels Hauptkomponentenanalyse (PCA) ausgewertet wurden. Diese arbeiten im Wellenlängenbereich von 1350 bis 2450 nm und ermöglichen berührungslose Messungen, wobei



Abbildung 1. Raman-Spektrometer und einer von fünf genutzten NIR-Sensoren sowie Beispiele der untersuchten Bodenproben.

sowohl ein konstanter Probenabstand als auch stabile Lichtverhältnisse erforderlich sind (Abbildung 2). Die durchgeführten Experimente zeigten, dass die Raman-Spektroskopie effektiv zur gleichzeitigen Detektion von  $\text{SO}_4^{2-}$  und  $\text{NO}_3^-$  eingesetzt werden kann. In Abbildung 3 (links) ist ein typisches Raman-Spektrum zu sehen, das die charakteristischen Peaks dieser beiden Ionen zeigt. Diese Methode erwies sich als besonders nützlich für die Analyse von Wasserproben, da sie eine hohe Sensitivität und Spezifität bietet. Die NIR-Analysen von Bodenproben zeigten vielversprechende Ergebnisse bei der Detektion von  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$ . Die Spektraldaten wurden mittels PCA ausgewertet, um die Abhängigkeiten und Variationen der Ionen in verschiedenen Bodenarten zu untersuchen. Abbildung 3 (rechts) zeigt die Ergebnisse der Untersuchung von Ackerboden und Blumenerde. Die NIRONE™-Sensoren konnten deutliche Unterschiede in den spektralen Signaturen der beiden Bodenarten nachweisen, was

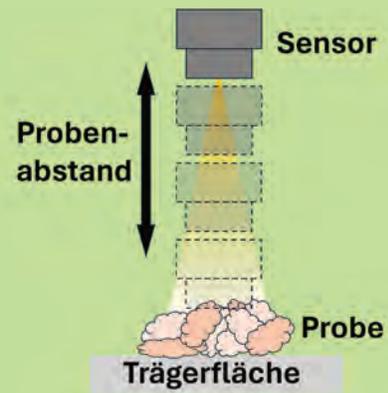


Abb. 2

auf unterschiedliche Konzentrationen der Zielionen hinweist. Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen, dass sowohl Raman- als auch NIR-Spektroskopie effektive Methoden für den Nachweis landwirtschaftlich relevanter Ionen sind. Dabei wird angestrebt, die Detektionsgrenzen der Sensoren weiter zu senken und ihre Robustheit und Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen.

Diese Ergebnisse legen den Grundstein für die weitere Entwicklung und Optimierung portabler spektroskopischer Sensoren, die in der Lage sind, Analysen schnell und präzise direkt vor Ort durchzuführen. Solche Sensoren könnten zukünftig eine bedeutende Rolle bei der Optimierung der Nährstoffnutzung in der Landwirtschaft

spielen und dazu beitragen, die Umweltbelastung durch übermäßigen Düngemittelsatz zu reduzieren, und so Landwirten ein effizientes Werkzeug zur Überwachung und Steuerung der Nährstoffversorgung in die Hand zu geben.

Die in Abbildung 3 (rechts) dargestellten Resultate der Hauptkomponentenanalyse zeigen in Abhängigkeit vom Analyten und der Bodenart eindeutige spektrale Signaturen. Das eröffnet zukünftig die Möglichkeit des Einsatzes von effizienten KI-basierten Methoden wie maschinelles Lernen zur Datenauswertung. Durch Trainieren der Auswertelgorithmen kann diese aus den Daten lernen und sich so verbessern, wodurch eine effiziente Datenanalyse für die portablen Sensorensysteme ermöglicht wird. ■

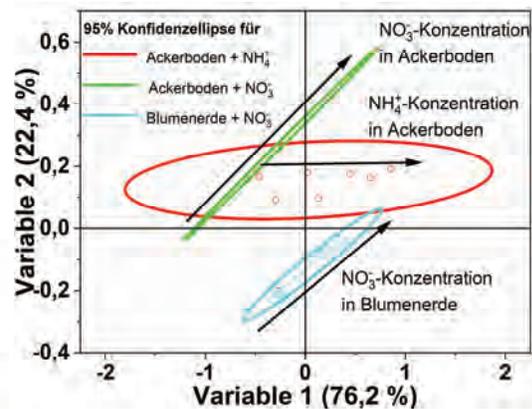
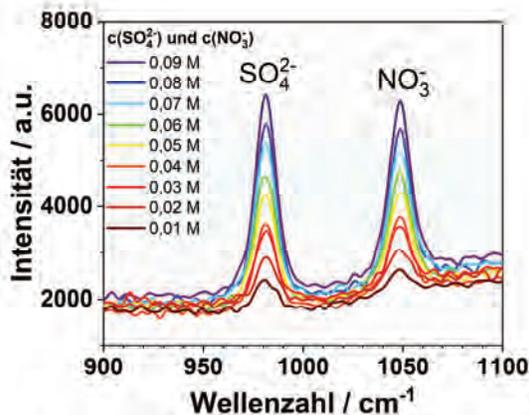


Abbildung 3. (links) Gleichzeitiger Nachweis von  $\text{SO}_4^{2-}$  und  $\text{NO}_3^-$  mittels Raman-Spektroskopie. (rechts) Untersuchung von Ackerboden und Blumenerde mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRONE<sup>TM</sup>-Sensoren) und Auswertung durch Hauptkomponentenanalyse zum Nachweis der Abhängigkeiten von  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$ .

- **Projektleitung:** Dr. Janek Weißpflug
- **Projekträger:** KSI Meinsberg - Haushaltsprojekt
- **Laufzeit:** 05/2023 – 12/2023

Abbildung 2. Höhenverstellbare NIRONE<sup>TM</sup>-Sensoren für die präzise Analyse von Bodenproben.

## Nachhaltigkeit und Digitalisierung in Wertschöpfungsketten (SeND)

**Ziel des Teilprojekts des KSI Meinsberg „Die Wertschöpfungskette digitaler Sensoren“ ist die Aufstellung von Bewertungskriterien für die Entwicklung digitaler Sensorsysteme unter Berücksichtigung wesentlicher Aspekte ihrer Nachhaltigkeit. Am Beispiel der Entwicklung eines neuartigen Nitratsensors soll dazu der Lebenszyklus des Sensors im Hinblick auf Entwicklung, Materialeinsatz, Integration, Verwendung, Betreiberaufwand und Lebensende betrachtet und bewertet werden.**

Michelle Brandão Silva de Assis, Kathrin Trommer, Michael Mertig

Digitalisierung ist ein neuer Megatrend in der modernen Landwirtschaft, da sie zukünftig die Optimierung der Schritte von der Aussaat bzw. Pflanzung bis zur Ernte in der Pflanzenzucht ermöglichen kann. Dabei umfasst die Digitalisierung hauptsächlich die Entwicklung selbstgesteuerter Produktionsprozesse, bei denen Sensoren in der Lage sind, Stresssituationen, Krankheiten oder erwartete Erträge der Pflanzen zu erkennen. Aus heutiger Sicht stellt sie sowohl eine Herausforderung als auch eine Chance für die Landwirtschaft dar, insbesondere in Bezug auf höhere Produktivität, bessere Rentabilität und mehr Nachhaltigkeit. Innovative Sensoren und Aktoren, die in Netzwerke eingebunden sind, bilden die Grundlage für die ganzheitliche Überwachung und Kontrolle der Anbaubedingungen.

In diesem Zusammenhang gibt es zwei wichtige Aufgabenbereiche zu bearbeiten. Einer davon ist die Herstellung digitaler Sensoren auf der Grundlage geeigneter Materialien, die nicht nur deren Integration in digitale Systeme ermöglichen, sondern auch selbst als umweltfreundlich eingestuft werden können. Obwohl dieser Ansatz eine große wissenschaftlich-technische Herausforderung für die Entwicklung neuer autarker, stabiler und langlebiger Sensoren darstellt, bietet er auch die einzigartige Gelegenheit, den Sensor

nach Gebrauch in der Natur zu belassen, ohne die Umwelt zu schädigen.<sup>1</sup>

Der andere Aufgabenbereich ist die Untersuchung der Machbarkeit einer digitalen und nachhaltigen Transformation. Der Einsatz digitaler Werkzeuge im Kontext von künstlicher Intelligenz (KI), Big Data, Blockchain und dem Internet der Dinge (IoT) bietet Chancen und Risiken in Bezug auf die Nachhaltigkeit von Wertschöpfungsketten. Das Neue dabei ist eine präzise Analyse der Integration digitaler Sensorsysteme mit dem Ziel, sozial, ökologisch und wirtschaftlich nachhaltige Wertschöpfungsketten zu schaffen.<sup>2</sup>

In der ersten Projektphase wurde deshalb eine umfassende Literaturrecherche zum aktuellen Stand der Entwicklung naturverträglicher elektrochemischer Sensoren durchgeführt, die für Analysezwecke direkt vor Ort (d.h. im Feld bzw. in Oberflächenwässern) eingesetzt werden und notfalls nach ihrem Einsatz auch dort verbleiben können, ohne selbst Schaden in der Natur zu verursachen. Insbesondere wurden der Stand der Technik und bestehende Forschungslücken bei elektrochemischen Nitratsensoren ermittelt.

Im Ergebnis entstand ein neuartiger konzeptioneller Ansatz, der die Nachhaltigkeit von Senso-

ren für Umweltmonitoring und moderne Landwirtschaft auf Kriterien zurückführt, wie sie heute vorrangig in der Medizin für den Einsatz von Biomaterialien, also z.B. von Operationsmaterialien oder Implantaten, verwendet werden.

Die Erforschung von Biomaterialien ist ein multidisziplinäres Gebiet, das Bereiche wie Medizin, Chemie, Ingenieurwesen und Materialwissenschaft umfasst. Es handelt sich um eine umfangreiche Klasse von Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften, Zusammensetzungen und Leistungsparametern, was erst einmal eine vollständige und klare Definition erschwert. Es gibt jedoch einige allgemeine Ansätze in der Literatur, auf die man sich beziehen kann, wie zum Beispiel die Klassifizierung von Biomaterialien in bioinert, bioaktiv, biotolerant und biologisch abbaubar.

Diese Klassifizierung von Biomaterialien unter dem Oberbegriff Biokompatibilität ist aus unserer Sicht auch geeignet für eine zielführende Kategorisierung der Naturverträglichkeit von Sensoren für Umwelt und Landwirtschaft und damit der Bewertung ihrer Nachhaltigkeit.

Interessanterweise wurde diese Klassifizierung schon in einem bestimmten Bereich der Sensorik

ansatzweise verwendet – nämlich dort, wo die eingesetzten Sensormaterialien die gleichen Kriterien erfüllen müssen wie die Biomaterialien selbst. Das ist im medizinischen Einsatz und im Gesundheitsmonitoring, wo Sensoren zur Überwachung bestimmter Funktionen entweder implantiert oder im stark zunehmenden Gebiet der sogenannten *Wearable Sensors* meist im direkten Kontakt mit der Haut betrieben werden. Momentan beobachtet man eine Erweiterung dieser Forschung durch eine zunehmende Anzahl von Sensoranwendungen in der Veterinärmedizin.

Dieser neuartige Ansatz der Bewertung von Nachhaltigkeit impliziert unmittelbar, dass digitale Sensoren nicht unbedingt wie oft angenommen biologisch abbaubar sein müssen. Auch die Verwendung bioinertter Materialien kann zum Erreichen von Nachhaltigkeit zielführend sein.

Auf dieser Basis erfolgt gegenwärtig die Einordnung der für den Aufbau elektrochemischer Vor-Ort-Sensoren verwendeten Materialien in die entsprechende Kategorie von Biokompatibilität.

Das erlaubt eine ganzheitliche Bewertung dieser Sensoren, die klare Optimierungsmöglichkeiten aufzeigt, um hohe Nachhaltigkeit zu erreichen. ■

- **Projektleitung:** Prof. Michael Mertig
- **Projekträger:** Sächsische Aufbaubank
- **Projektpartner:** Technische Universität Dresden, Carlowitz-Juniorprofessur für Nachhaltigkeitsbewertung und -politik
- **Laufzeit:** 08/2023 – 07/2026
- **Förderkennzeichen:** 100689726

1 M-Y. Kim, K.H. Lee, *Frontiers in Chemistry* 10 (2022) 848320.

2 Y. Mekonnen et al, *Journal of The Electrochemical Society* 167 (2020) 037522.

## Kundenspezifisch konfigurierbares Multiparametersensorsystem für das In-line-Prozessmonitoring unter Extrembedingungen (ExtremSense)

**Entwicklung des Sensordesigns einschließlich des „Intelligent Sensor Management“ (ISM)-Konzeptes sowie der Aufbau- und Verbindungstechnik für das miniaturisierte Multisensorsystem zur Erfassung elektrochemischer Parameter.**

Winfried Vonau, Frank Gerlach, Kristina Ahlborn, Jens Zosel, Ramona Sauer, Andreas Klockow, Bettina Hahnebach, Thomas Lamz

Das Projekt umfasst die Entwicklung eines miniaturisierten Multiparameter-Sensorsystems für den Einsatz in der Prozessanalytik bei hohen Drücken und Temperaturen. Moderne industrielle Fertigungsmethoden und -prozesse erfordern eine Sensorik, die mit kleinen Volumina auskommt und vorzugsweise den Technologieentwicklungsprozess vom Labor über die Pilotphase bis hin zum industriellen Maßstab begleitet. Technologisches Ziel ist dabei die Realisierung der Fertigung von Kleinserien und Einzelstücken unter den Bedingungen der industriellen Massenproduktion. Dabei sollen traditionelle Fertigungsmethoden mit Zukunftstechnologien und digitalen Produktionsprozessen verknüpft werden.

Im Mittelpunkt steht die präzise Bestimmung der Parameter  $dO_2$ ,  $dCO_2$ , ORP, pH-Wert und Leitfähigkeit. Der Grundansatz besteht in der Schaffung einer Plattform, indem verschiedene Fertigungsmethoden (Dickschicht-, Dünnschicht-, Feinwerktechnik, 3D-Druck) für das analytische Werkzeug kombiniert werden. Die modulare Bauweise (Abbildung 1) erlaubt den Austausch von Teilen der Plattform. So können einzelne Sensoren für die genannten Parameter beliebig miteinander kombiniert werden.



Abbildung 1. Anwendungsbeispiel eines modularen Multiparameter-Messsystems als Prozess-Analysator für die Lebensmittelindustrie.

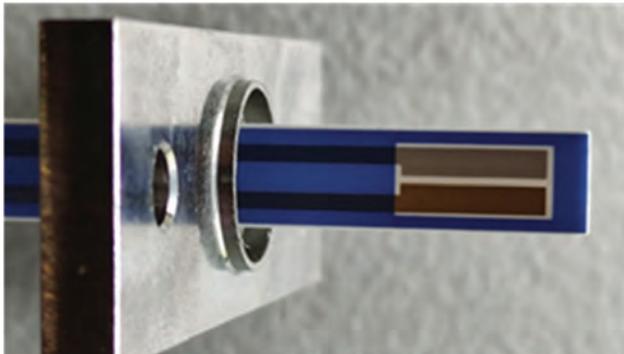


Abbildung 2. Kombinations-ORP-Elektrode (Pt/Au) zur Bestimmung des Redoxpotentials in der Lebensmittelindustrie.

Die Messung des Redoxpotentials in Flüssigkeiten ist neben dem pH-Wert und der elektrischen Leitfähigkeit eine der häufigsten elektrochemischen Messgrößen in der industriellen Prozessmesstechnik. Insbesondere in der Lebensmittelindustrie stellt es einen sehr wichtigen Prozess- und Qualitätsparameter dar. Als Standard hat

sich die Platinblechelektrode durchgesetzt. Aufgrund ihrer katalytischen Eigenschaften wird sie in speziellen Anwendungsfällen jedoch durch redox-sensitive Gold- oder Glaselektroden ersetzt. Infolge der in diesem Projekt adressierten, sehr komplex zusammengesetzten Messmedien wurden daher sowohl Gold als auch Platin als Redoxelektrodenmaterial (Abbildung 2) verwendet. Dabei kamen die Metallelektroden in unterschiedlichen Ausführungsformen für Messungen in Kaliumhexacyanoferrat(II/III)-Modellösungen zum Einsatz. Es wurden neben Blech/Stab-Elektroden auch Dick- und Dünnschichten dieser Metalle untersucht.

Es konnte gezeigt werden, dass sich diese trotz der unterschiedlichen Ausführungsformen in ihrem Potentialverhalten nur in geringem Maße unterscheiden. Ergänzend erfolgten Untersuchungen mit neu entwickelten Redoxgläsern als Elektrodenmaterial, die aufgrund ihrer amorphen Struktur als chemisch inerte und damit wenig korrosive Werkstoffe gelten. ■

- **Projektleitung:** Frank Gerlach
- **Projekträger:** ZIM – Kooperationsprojekt, AiF Projekt GmbH, Berlin
- **Projektpartner:** Henze-Hauck Prozessmesstechnik/Analytik GmbH, Dessau-Roßlau
- **Laufzeit:** 04/2021 – 09/2023
- **Förderkennzeichen:** KK5208801BR0

## Wasserstoffdetektoren in Elektrofahrzeugen (H2D4EV)

**Ein komplexes Multisensorsystem für die Überwachung von Abgasen und der Umgebung von Brennstoffzellen für die Elektromobilität wurde in einem chinesisch-deutschen Forschungsverbund entwickelt.**

Jens Zosel, Michael Mertig

Im Verbundvorhaben H2D4EV wurden Sensoren und Messsysteme zur Onboard-Überwachung der Wasserstoffkonzentration in und an Brennstoffzellen für elektrische Fahrzeuge entwickelt. Mit diesen intelligenten Baugruppen, die für die Umgebung (Ambient) und das Abgas (Exhaust) von Brennstoffzellen vorgesehen sind, können diese weitaus sicherer betrieben werden. Dazu werden die Signale der in diesem Vorhaben neu entwickelten, digitalen, hochintegrierten, miniaturisierten und feuchtekompensierten Wasserstoff ( $H_2$ )-Sensoren im Betriebssystem der Brennstoffzellen mit anderen sicherheitsrelevanten Parametern verknüpft und so der Sicherheitsstatus lückenlos überwacht. Das System ist zudem skalierbar und modular für verschiedene Applikationen und Ausbaustufen ausgelegt.

Am KSI Meinsberg wurden in diesem Vorhaben neue sensitive Schichten für Wasserstoffsensoren entwickelt und dazu innovative Beschichtungsverfahren wie Siebdruck und die *Pulsed Laser Deposition* (PLD) optimiert. Appliziert auf beheizbaren Interdigital-Elektroden wurden die Schichten mit einer Vielzahl verschiedener bildgebender (Licht- und Röntgenmikroskopie), spektroskopischer (EDX, Röntgenfluoreszenz, Impedanz) und analytischer Verfahren (Multigasanalyse, katalytische Umsatzmessung und Sauerstoffaustauschcoulometrie, OSEC) charakterisiert. So konnten wichtige Qualitätskriterien und Betriebsprüfungen für eine sichere Funktionalität der Sensoren abgeleitet werden.

Statische und dynamische elektrochemische Messungen ergänzten die Entwicklungsarbeiten. Ein Beispiel für die Charakterisierung von Materialien mittels OSEC ist in Abbildung 1 dargestellt. Es zeigt das Verhalten von Zinndioxid in Gemischen mit geringem Sauerstoffgehalt und die Kinetik des Sauerstoffaustauschs der Probe mit der Umgebung<sup>1</sup>.

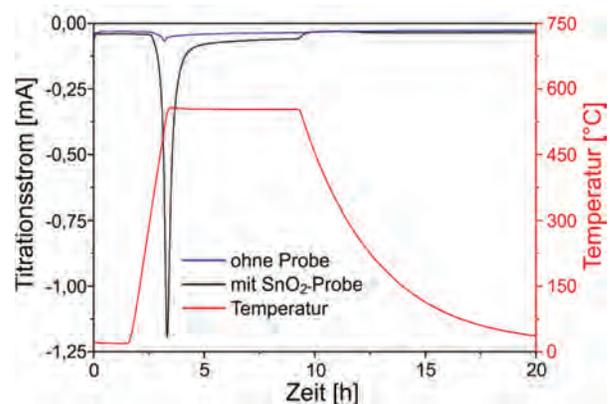


Abbildung 1. Verlauf der Sauerstoff-Titrationsströme an einer stromab der Probe installierten coulometrischen Festelektrolytzelle.

Ein besonderes Merkmal der neuen Wasserstoffsensoren ist deren signifikant erhöhte Selektivität auf Wasserstoff. Dadurch werden Fehlalarmierungen durch andere Gaskomponenten vermieden. Beispielsweise kann Ethanol dampf durch verschiedene Umwelteinflüsse bei der geplanten Applikation auftreten. In Abbildung 2 ist die Sensitivität neu entwickelter Metalloxid-Gassensoren auf Ethanol und Wasserstoff gezeigt.

Die gezeigten Kurven belegen, dass durch eine spezielle Beschichtung die Selektivität der Sensoren deutlich erhöht werden konnte. Dies wird durch speziell angepasste Glasmaterialien ermöglicht, die mit einem aufwendig optimierten

Beschichtungsverfahren auf die Metalloxidschicht aufgebracht werden. Die Glasbeschichtung ist für größere Moleküle undurchlässig. Für Wasserstoff mit seiner geringen Molekülgröße ist diese Barriere jedoch durchlässig. ■

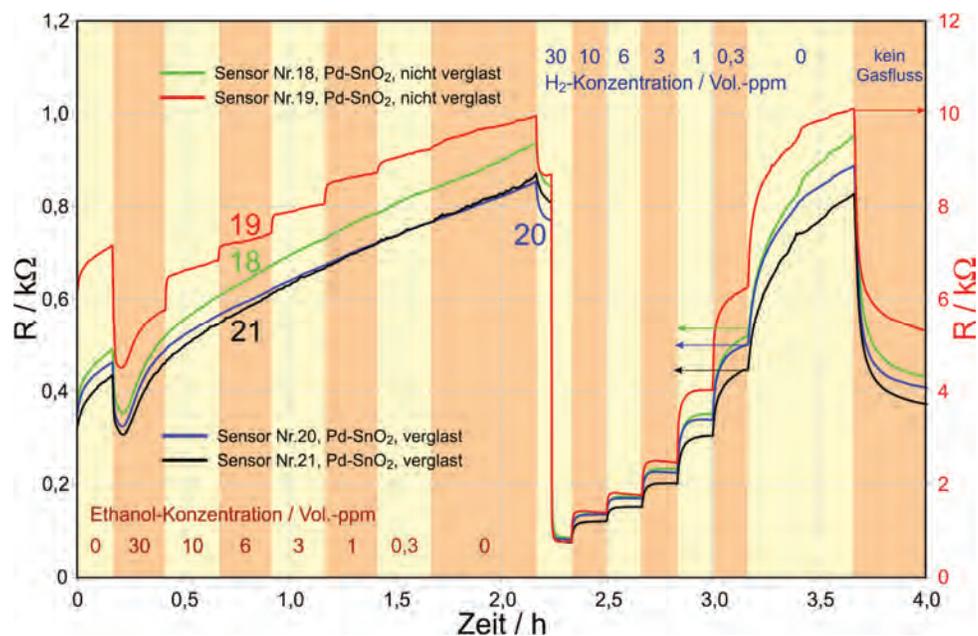


Abbildung 2. Vergleich der Sensitivitäten von vier Metalloxid-Sensoren auf Ethanol bzw. Wasserstoff im Konzentrationsbereich 0 - 30 ppmv. Nur für den unverglasten Sensor 19 ist eine Ethanolabhängigkeit zu erkennen, während die verglasten Sensoren 20 und 21 keine Abhängigkeit zeigen. Die Pfeile im rechten Diagramm weisen auf die zugehörigen Achsen.

- **Projektleitung:** Prof. Michael Mertig
- **Projektträger:** BMBF, Projektträger Jülich GmbH
- **Projektpartner:** UST Umweltsensortechnik GmbH, Geschwenda  
Tongji University, Shanghai, China  
Guangxi Yuchai Machinery Group Co., LTD, Guangxi, China  
Mercedes-Benz Fuel Cell GmbH, Kirchheim/Teck-Nabern
- **Laufzeit:** 11/2019 – 04/2023
- **Förderkennzeichen:** 03B11015B

1 V. Vashook, J. Zosel, U. Guth, *Journal of Solid State Electrochemistry* 16 (2012) 3401–3421.

## Schule und Forschung regional vernetzt (SFregio)

### Praxisorientierte Stärkung der Ausbildung naturwissenschaftlich-technisch interessierter Schüler.

Wolfgang Fichtner, Christine Schirmer, Michael Mertig

Im Projekt „Schule und Forschung regional vernetzt“, welches 2020 im simul+ Wettbewerb „Ideen für den ländlichen Raum“ mit einem ersten Preis prämiert wurde, verfolgen die Stadt Hartha, das dort ansässige Martin-Luther-Gymnasium sowie das KSI Meinsberg einen innovativen Ansatz zur Nachwuchsförderung im ländlichen Raum.

So werden in speziellen Veranstaltungen das Interesse naturwissenschaftlich interessierter Schüler geweckt und die Inhalte des Fachunterrichtes, insbesondere Physik, Chemie und Biologie mit aktuellen Forschungsinhalten belebt. Konkret nehmen interessierte Neuntklässler im Rahmen des naturwissenschaftlichen Profilunterrichts alle zwei Wochen an einem praxis- und studienorientierten Unterricht teil. Wissenschaftliche Mitarbeiter des KSI Meinsberg präsentieren während des Unterrichts einerseits Inhalte aus der aktuellen Forschung der modernen Sensorik, und andererseits werden parallel auch die nötigen Grundlagen für das Verständnis der wissenschaftlichen Inhalte vermittelt. Zur Veranschaulichung der Lerninhalte werden begleitend im Wechsel praktische Unterrichtseinheiten in den modernen Laboren des KSI Meinsberg durchgeführt, in denen die Schüler in kleinen Gruppen selbst experimentell tätig werden, das Gelernte vertiefen und Wissenschaft hautnah erleben können (Abbildung 1).



Abbildung 1. Die Schüler experimentieren mit optogenetischer Stimulation von Fruchtfliegen-Larven.

Die spezielle Veranstaltungsreihe steht inhaltlich unter der Überschrift „Bionik – Lernen von der Natur“. Im ersten Durchgang fanden insgesamt sieben Unterrichtstermine am Gymnasium statt und weitere siebenmal kamen die Schüler zum Praktikum nach Meinsberg. Zu Beginn des Schuljahres erhielten die Gymnasiasten einen Einblick



Abb. 2

in die Entwicklung des Instituts und eine interessante Führung durch die verschiedenen Labore. Weitere Unterrichts- bzw. Praktikumseinheiten beschäftigten sich unter anderem mit den Themen „Zellen – die kleinsten lebenden Einheiten aller Organismen“, „Optogenetik – Steuerung

von Neuronen mit Licht“, „Sehen auf der Nanometerskala – moderne Mikroskopiemethoden“, „Sensoren für Umweltmonitoring und Landwirtschaft“ sowie „Biomimetik – kreative Umsetzung von Strategien aus der belebten Natur in technische Lösungen“. ■

- **Projektleitung:** Prof. Michael Mertig
- **Projekträger:** simul+
- **Projektpartner:** Stadtverwaltung Hartha, Martin-Luther-Gymnasium Hartha
- **Laufzeit:** 01/2020 – 06/2024

Abbildung 2. Während eines Besuches erhalten die Harthaer Gymnasiasten einen Einblick in die Entwicklung des KSI Meinsberg sowie die hier bearbeiteten Forschungsthemen.



# WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNISSE

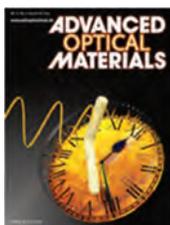
## Publikationen in referierten Zeitschriften



J. Brüning, P. Yevtushenko, A. Schliefl, T. Jochum, L. van Gijzen, S. Meine, J. Romberg, T. Kuehne, A. Arndt, L. Goubergrits

**In-silico enhanced animal study of pulmonary artery pressure sensors: assessing hemodynamics using computational fluid dynamics**

*Frontiers in Cardiovascular Medicine* 10 (2023) 1193209



G. Ciccone, J.P. Weber, I. Meloni, H. Kleemann, K. Leo, C. Murawski

**Multiplexed optogenetics with striped organic LEDs**

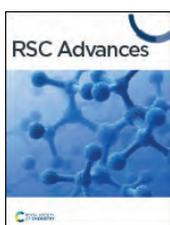
*Advanced Optical Materials* 12 (2023) 2301340



A. Heerwig, A. Kick, P. Sommerfeld, S. Eimermacher, F. Hartung, M. Laube, D. Fischer, H.-J. Pietzsch, J. Pietzsch, R. Löser, M. Mertig, M. Pietsch, R. Wodtke

**The impact of N $\epsilon$ -acryloyllysine piperazides on the conformational dynamics of transglutaminase 2**

*International Journal of Molecular Sciences* 24 (2023) 1650



L.F. Madeo, C. Schirmer, G. Cirillo, S. Froeschke, M. Hantusch, M. Curcio, F.P. Nicoletta, B. Büchner, M. Mertig, S. Hampel

**Facile one-pot hydrothermal synthesis of zinc oxide/curcumin nanocomposite with enhanced toxic activity against breast cancer cells**

*Royal Society of Chemistry* 13 (2023) 27180-27189



T. Ritter, J. Zosel, U. Guth  
**Solid electrolyte gas sensors based on mixed potential principle – a review**  
*Sensors and Actuators B Chemical 382 (2023) 133508*



M. Schlagmann, J. Balendonck, T. Otto, M. Brandao Silva de Assis, M. Mertig, S. Hess  
**Development of sensor nodes and sensors for smart farming**  
*Journal Electrochemical Science and Engineering 13 (5) (2023) 825-838*



A. Svirepa, J. Schwarz, K. Trommer, J. Yao, M. Mertig  
**Biopolymer für eine umweltfreundliche Sensorik: Elektrochemische Detektion von Cd<sup>2+</sup>- und Pb<sup>2+</sup>-Ionen mit Chitosan-modifizierten Dickschichtelektroden**  
*GIT 5-6 (2023) 21-23*

## Vorträge

### Eingeladene Vorträge

- J. Zosel, R.R. Retamal Marin, E. Janesch, P. Neubauer, S. Junne, M. Mertig  
**Measurement of dissolved hydrogen in biogas fermentation media**  
SMSI 2023, Sensor and Measurement Science International, 08.-11.05.2023, Nürnberg
- J. Zosel  
**Coulometrische Messung der Kohlenstoffübertragung bei der Niederdruckaufkohlung**  
Fachauschusstagung des FA 20 der AWT Bremen, 10.05.2023
- C. Murawski, G. Ciccone, J. P. Weber, I. Meloni, H. Kleemann, K. Leo  
**Organic light-emitting diodes for bi-directional optogenetics**  
OPTOGEN2023, 10.-12.05.2023, Lecce, Italien
- A. Arndt  
**From engineering metrics to clinical endpoints**  
28th Congress of the European Society of Biomechanics (ESB 2023), 09.07.2023, Maastricht, Niederlande
- J. Weißpflog, J. Yao, K. Trommer, M. Mertig  
**Development of an on-site sensor system for the detection of contaminations in mining and surface waters**  
Chongqing University, 10.07.2023, Chongqing, China
- J. Yao, J. Weißpflog, K. Trommer, M. Mertig  
**Determination of trace heavy metal ions using modified eletrochemical electrodes**  
Chongqing University, 10.07.2023, Chongqing, China
- M. Mertig  
**Mobile Sensoren für das Monitoring der Wasserqualität**  
8. simul+ Zukunftsforum, 24.08.2023, Radebeul
- C. Murawski  
**Novel interfaces for optogenetics based on organic LEDs**  
Bioelectronics Symposium am CRTD Dresden, 07.11.2023, Dresden
- C. Murawski  
**Controlling the brain with light – organic LEDs as flexible brain interfaces?**  
DRESDEN-concept Lunch Retreat, 11.12.2023

## Vorträge

- J. Zosel, R.R. Retamal Marin, E. Janesch, S. Junne, M. Mertig  
**Flexible biogas production through phase separation: a novel method for a highly sensitive dissolved hydrogen measurement**  
 VI. CMP, International Conference on Monitoring and Control of Anaerobic Digestion Processes, 22.-23.03.2023, Leipzig
- A. Ong, D. Pohl, T. Jeong, A. Heerwig, M. Mertig, B. Rellinghaus  
**Liquid phase (S)TEM of DNA origami gold nanoparticle hybrids**  
 DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, 26.-31.03.2023, Dresden
- J. Schwarz, K. Trommer, M. Mertig  
**Elektrochemische All-Solid-State-Sensoren für die mobile Umweltanalytik**  
 34. Seminar des „Arbeitskreises Elektrochemie in Sachsen“, 30.03.2023, Freiberg
- A. Seeger, I. Stade, J. Romberg, J. Brüning, L. Goubergrits, M. Rolf-Pissarczyk, M. Terzano, G.A. Holzapfel, A. Arndt  
**Designing and testing an implantable sensor with in silico techniques**  
 18th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 03.-05.05 2023, Paris, Frankreich
- S. Saggar, G. Puidokas, C. Murawski  
**Throwing light on experimentally measured dark characteristics of organic photodiodes**  
 SPIE Optics & Photonics, 20.-24.08.2023, San Diego, USA
- E. Janesch, J. Zosel, R.R. Retamal Marín, A. Lemoine, P. Haider, P. Neubauer, M. Mertig, S. Junne  
**Flexibilisierung der Substratnutzung und Biogasproduktion durch Phasenseparation mit Gelöst-Wasserstoffmessung**  
 Statuskonferenz Bioenergie, 20.-22.09.2023, Leipzig

## Poster

- N. Nandakumar, P. Khavlyuk, A. Eychmüller, C. Murawski  
**New transparent metallic electrodes for organic light-emitting diodes**  
 Dresden Polymer Discussion Conference, 22.-24.05.2023, Meißen
- A. Ong, D. Pohl, T. Jeong, A. Heerwig, M. Mertig, B. Rellinghaus  
**Liquid phase (S)TEM of DNA origami – gold nanoparticle hybrids**  
 Dresden Polymer Discussion Conference, 22.-24.05.2023, Meißen
- S. Saggar, G. Puidokas, C. Murawski  
**Organic photodiodes for fluorescence imaging**  
 Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV) Conference, 12.-14.06.2023, London, UK

- A. Ong, D. Pohl, T. Jeong, A. Heerwig, M. Mertig, B. Rellinghaus  
**Liquid phase (S)TEM of DNA origami – gold nanoparticle hybrids**  
 14th International Workshop in Engineering of Functional Interfaces (EnFI 2023), 13.-14.07.2023, Brüssel, Belgien
- R. Islam, M. Mertig, C. Murawski  
**Hybrid flexible microbase and thin-film encapsulation barrier by atomic layer deposition for organic device protection**  
 14th International Workshop in Engineering of Functional Interfaces (EnFI 2023), 13.-14.07.2023, Brüssel, Belgien
- T. Jeong, A. Heerwig, A. Kick, M. Mertig  
**Synthesis & fluorescence characteristics of electrically actuated 6 helix bundle DNA origami – gold nanoparticle hybrid structures**  
 14th International Workshop in Engineering of Functional Interfaces (EnFI 2023), 13.-14.07.2023, Brüssel, Belgien
- S. Saggari, G. Ciccone, I. Meloni, J.P. Weber, C. Murawski  
**Organic optoelectronics for optogenetic stimulation and fluorescence imaging of neuronal activity**  
 SPIE Optics + Photonics, 20.-24.08.2023, San Diego, USA
- A. Heerwig, C. Schirmer, K. Rebatschek, A. Kick, M. Mertig  
**Self-assembly of DNA origami – gold nanoparticle hybrids as optical sensing element of biomolecular sensors**  
 4th European BioSensor Symposium 2023, 27.-30.8.2023, Aachen
- N. Nandakumar, P. Khavlyuk, A. Eychmüller, C. Murawski  
**New transparent metallic electrodes for organic light-emitting diodes**  
 Optical Probes 2023, 10.-15.09.2023, Como, Italien

## Patente

- C. Moss, A. Seidelt, A. Arndt, O. Skerl, T. Finnberg  
**Implantierbare medizinische Vorrichtung mit Aufweckvorrichtung**  
 Anmelder: Biotronik SE & Co KG, EP 4125552 A1, 2023-02-08
- C. Moss, A. Arndt  
**A method for correcting a drift effect in measured data obtained using an implantable pressure sensor**  
 Anmelder: Biotronik SE & Co KG, WO 2023078715 A1, 2023-05-11

■ C. Moss, A. Arndt, O. Skerl, F. Wegerich

**Automatic control of a measurement time of an implantable device**

Anmelder: Biotronik SE & Co KG, WO 2023144065 A1, 2023-08-03

# INSTITUTSLEBEN

## Organisation von Konferenzen

**Das KSI Meinsberg war an der Organisation der folgenden nationalen und internationalen Konferenzen, Workshops und Foren beteiligt:**

- Sensor and Measurement Science International SMSI 2023  
Nürnberg, 08.-11. Mai 2023  
Dr. J. Zosel (Conference committee)
- Forum Watermonitoring  
Chongqing University, 10. Juli 2023  
Prof. M. Mertig (Organisator)
- 14th International Workshop in Engineering of Functional Interfaces EnFI 2023  
Université libre de Bruxelles (ULB), 13.-14. Juli 2023, Prof. M. Mertig (Scientific Advisory Board)

## Teilnahme an Konferenzen und Workshops

- VI. CMP, International Conference on Monitoring and Control of Anaerobic Digestion Processes, Leipzig, 22.-23.03.2023
- 34. Seminar „Arbeitskreis Elektrochemie in Sachsen“, Freiberg, 30.03.2023
- DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, 26.-31.03.2023, Dresden
- simul\* Frühlingsforum, Mittweida, 05.04.2023
- Fachausschusstagung des FA 20 der AWT Bremen, 10.05.2023
- Optogen 2023, 8th International Workshop on Technologies for Optogenetics and Neurophotonics, Lecce, Italien, 10.-12.05.2023
- Sensor and Measurement Science International, SMSI 2023, Nürnberg, 08.-11.05.2023
- 18th Dresden Polymer Discussion, Meißen, 22.-24.05.2023
- 15th International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV), London, England, 12.-14.06.2023
- 28th Congress of the European Society of Biomechanics (ESB 2023), 09.07.2023, Maastricht, Niederlande
- Forum Watermonitoring, Chongqing University, China, 10.07.2023
- 14th International Workshop on Engineering of Functional Interfaces, Brüssel, Belgien, 13.-14.07.2023
- SPIE Optics + Photonics 2023, San Diego, USA, 20.-24.08.2023
- 8. simul\* Zukunftsforum, Radebeul, 24.08.2023
- 4th European BioSensor Symposium 2023, Aachen, 27.-30.08.2023
- Optical Probes 2023, Como, Italien, 10.-15.09.2023
- Statuskonferenz – Bioenergie 2023, Leipzig, 20.-22.09.2023
- GRK2767 Fall School 2023, Lohmen, 04.-06.10.2023
- simul\* Werkstatt, DIEKUH: Mit Digitalisierung zu mehr Tierwohl, Leipzig, 20.10.2023
- Projektwerkstatt - Fokus Wundheilung, Dresden, 24.10.2023
- CRTD Symposium-Bioelectronics for next generation tissue interfaces, Dresden, 07.11.2023
- Dresden concept Blue Sky Lounge - Orte und Ursprünge unserer Wissensspeicher, Dresden, 14.11.2023
- DRESDEN-concept Lunch Retreat, Dresden 11.12.2023

## Instituts-Kolloquium

### Januar

- Dr. Dieter Fischer, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden  
*(Mikro)Plastik in unserer Umwelt – Was? Wieviel? – Analytische Erfassung – Gefährdungen für Mensch und Ökosysteme – Lösungsansätze für eine Reduzierung*

### Februar

- Dipl.-Geoökol. Jörg-Helge Hein, GCI GmbH, Königs Wusterhausen  
*Rohrpassivsammler – eine Innovation zur Dauerüberwachung von Wasserinhaltsstoffen und für Gefährdungsbeurteilungen*

### März

- Dr. Ulf Jenk, Wismut GmbH, Chemnitz  
*Uranbergbau am Rande der Sächsischen Schweiz – Besondere Herausforderungen für die Sanierung*

### April

- Dr. Daniil Karnaushenko, Forschungszentrum für Materialien, Architekturen und Integration von Nanomembranen (MAIN) der TU Chemnitz  
*4D microelectronics towards e-skins and self-assembled medical microtools*

### Mai

- Dieter Künstling, Dr. Martin Schneider, IAK Agrar Consulting GmbH, Leipzig  
*Agrarberatung – gestern, heute, morgen*

### Juni

- Assist. Prof. Dr. P. Rajamalli, Materials Research Centre, Indian Institute of Science (IISc), Bangalore  
*Organic functional materials and their application*

### Juli

- Prof. Dr.-Ing. habil. Hagen Malberg, Professur für Biomedizinische Technik, TU Dresden  
*Moderne medizintechnische Verfahren in der Schlafmedizin*

### August

- Dr.-Ing. Florian Rau, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF), Helmholtz-Zentrum Dresden – Rossendorf e.V. (HZDR)  
*Was kommt nach den Sensordaten?*

### September

- M. Sc. Anna Böhm, Dipl.-Agraring. Doreen Sparborth, Frankenförder Forschungsgesellschaft mbH, Berlin/Luckenwalde  
*Entwicklung eines Systems und Verfahrens zum Monitoring des Aggressionslevels in der Putenmast*

### Oktober

- Dr. Jens P. Weber, KSI Meinsberg  
*Licht und Fliegen – Neurophysiologie am KSI*
- Lorenzo Madeo, KSI Meinsberg  
*ZnO and Graphene nanocomposites for anticancer applications*

### November

- Frau Prof. Dr. Elizabeth von Hauff, Fraunhofer FEP und Technische Universität Dresden  
*Functional interfaces for energy conversion and sensing*

### Dezember

- Dr. Eric Daniel Głowacki, Central European Institute of Technology (CEITEC), Brno  
*Minimalistic approaches to noninvasive neurostimulation*

## Lehrveranstaltungen

Das wissenschaftliche Personal des Kurt-Schwabe-Instituts beteiligt sich aktiv in der Lehre an der Technischen Universität Dresden und der Hochschule Mittweida. Nachfolgend sind die Lehrveranstaltungen und die geleisteten Semesterwochenstunden getrennt für das Sommersemester und das Wintersemester aufgeführt.

### Sommersemester

- Vorlesung „Elektrochemische Stromquellen“ (2 SWS)  
Technische Universität Dresden  
Prof. Dr. Michael Mertig, Dr. Jens Zosel
- Vorlesung „Messverfahren im Korrosions- und Umweltschutz“ (2 SWS)  
Technische Universität Dresden  
PD Dr. Wolfram Oelßner
- Vorlesung „Chemo- und Biosensorik“ (Vorlesung (2 SWS) + Seminar (1 SWS))  
Hochschule Mittweida  
Dr. Alfred Kick

### Wintersemester

- Vorlesung „Biomimetische Materialsynthese“ (Vorlesung (2 SWS) + Seminar (1 SWS) + Praktikum (1 SWS))  
Technische Universität Dresden  
Prof. Dr. Michael Mertig
- Vorlesung „Physikalische Chemie fester Körper, inklusive elektrischer Phänomene“ (2 SWS)  
Technische Universität Dresden  
Prof. Dr. Michael Mertig, Dr. Jens Zosel
- Vorlesung „Messmethoden für Studien an organischen Halbleitern“ (2 SWS)  
Technische Universität Dresden  
Dr. Caroline Murawski
- Vorlesung „Elektrochemische Messmethoden im Korrosions- und Umweltschutz“ (1 SWS)  
Technische Universität Dresden  
PD Dr. Wolfram Oelßner
- Vorlesung „Kardiale Assistenzsysteme“ (2 SWS) + Praktikum  
Technische Universität Dresden  
Prof. Dr. Andreas Arndt

## Verteidigte Promotionen

- Dr. Saggar, Siddhartha  
**Charge Transport and Recombination in Organic Photodiodes**  
 Erstgutachter: Prof. Ebinazar B. Namdas, The University of Queensland, Brisbane, Australien

## Doktoranden intern und extern

- Abdelrahman, Nour  
 Erstgutachter: Prof. M. Mertig, TU Dresden/IFW Dresden
- Brandao, Michelle  
 Erstgutachter: Prof. M. Mertig, TU Dresden
- C, Ajisha  
 Erstgutachter: Dr. C. Murawski, TU Dresden
- Hammo, Mahmoud  
 Erstgutachter: Prof. M. Mertig, TU Dresden/IFW Dresden
- Islam, Rabiul  
 Erstgutachter: Prof. M. Mertig, TU Dresden
- Jeong, Taekyu  
 Erstgutachter: Prof. M. Mertig, TU Dresden
- Madeo, Lorenzo  
 Erstgutachter: Prof. M. Mertig, TU Dresden/IFW Dresden
- Meloni, Ilenia  
 Erstgutachter: Prof. J. Czarske, TU Dresden
- Nandakumar, Nirbhika  
 Erstgutachter: Prof. M. Mertig, TU Dresden
- Svirepa, Anastasiya  
 Erstgutachter: Prof. M. Mertig, TU Dresden

# Praktika

## Studentenpraktikum

- Puidokas, Giedrius  
Universität Vilnius, Litauen  
Betreuer: Dr. C. Murawski
- Anschütz, Sari  
Hochschule Mittweida  
Betreuer: Dr. C. Murawski, Dr. J. Weber
- Seidel, Julia  
Technische Universität Bergakademie Freiberg  
Betreuer: Dr. C. Schirmer, Dr. A. Heerwig

## Schülerpraktikum

- Behrenz, Lea-Marie  
Oberschule Waldheim  
Betreuer: Dr. C. Schirmer, Dr. A. Heerwig

## Verbünde und Netzwerke

**Das Kurt-Schwabe-Institut ist Mitglied folgender Forschungsverbünde, Netzwerke und Organisationen:**

### Forschungsverbünde

- DRESDEN-concept e.V.
- Exzellenzcluster Center for Advancing Electronics Dresden (cfaed)
- Hydrogen Power Storage & Solutions e.V. (HYPOS e.V.), Halle (Saale)

### Netzwerke und Organisationen

- AENEAS – Association for European Nanoelectronics Activities
- AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V., Berlin
- biosaxony e.V., Dresden
- DECHEMA e.V., Frankfurt am Main
- DIEKUH - Internationales ZIM-Innovations-Netzwerk für Digitalisierung, Automation und Ressourcenmanagement in der Rinderhaltung
- EMITI - Internationales ZIM-Netzwerk zur emissionsarmen Tierhaltung und nachhaltigen Lebensmittelproduktion
- WildLifePRO - Interdisziplinärer Zusammenschluss von Unternehmen und Forschungseinrichtungen zur Entwicklung innovativer Lösungen für das Tierwohl von Wild- und Zootieren

## Tätigkeiten in Gremien und Fachverbänden

### Tätigkeiten von Mitarbeitern des KSI Meinsberg in wissenschaftlichen Gremien und Fachverbänden:

#### **Prof. Dr. Michael Mertig**

- Mitglied der Materials Research Society, USA
- Mitglied der International Society for Nanoscale Science, Computation and Engineering (ISNSCE)
- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)
- Mitglied der Deutschen Nucleinsäurechemiegesellschaft e.V. (DNG)
- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)
- Mitglied der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA)
- Mitglied der Zukunftsinitiative simul+
- Vorsitzender des Beirats der Professor-Schwabe-Stiftung e.V., Technische Universität Dresden
- Vereinsmitglied des Leibniz-Instituts für Polymerforschung Dresden e.V.

#### **Prof. Dr. Andreas Arndt**

- Mitglied des Vorstandes der Fachsektion Mess- und Sensortechnik der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA)
- Mitglied des Fachausschusses Automatisierungstechnische Verfahren für die Medizintechnik der DGBMT und der GMA

#### **Dipl.-Chem. Kristina Ahlborn**

- Geschäftsführendes Vorstandsmitglied der Kurt-Schwabe-Stiftung

#### **Dipl.-Chem. Manfred Decker**

- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)

#### **Dr. Caroline Murawski**

- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)
- Mitglied der Society for Information Display (SID)

#### **Dr. Siddhartha Saggur**

- Mitglied der Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)

### **Dr. Jens Weber**

- Mitglied der Italian Society for Optics and Photonics (SIOF)

### **Dr. Jens Zosel**

- Mitglied des Fachausschusses Hochtemperatursensorik der DGM
- Mitglied der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA)
- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)

## Kooperationspartner

### Universität

- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- Chongqing University, China
- Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences
- Humboldt-Universität zu Berlin
- Indian Institute of Science, Bangalore, Indien
- Le Mans Université, Le Mans, Frankreich
- Medizinische Hochschule Brandenburg - Theodor Fontane, Neuruppin
- Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Technische Universität Berlin
- Technische Universität Chemnitz
- Technische Universität Dresden
- Tongji University, Shanghai, China
- Universität Leipzig
- Universität Potsdam
- Universität Rostock
- University College London, UK

### Außeruniversitär

- BAM-Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin
- BioNanoNet (BNN), Graz, Österreich
- CIC biomaGUNE, Donostia-San Sebastián, Gipuzkoa, Spanien
- Deutsches Biomasseforschungszentrum, Leipzig
- Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
- Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen FILK, Freiberg
- Frankenförder Forschungsgesellschaft mbH, Luckenwalde
- Fraunhofer Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS, Chemnitz
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden
- Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl und Plasmatechnik FEP, Dresden
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffe und Strahltechnik IWS, Dresden
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden
- Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie, Freiberg
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Leipzig
- Hitachi Cambridge Laboratory, Cambridge, United Kingdom

- Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e.V., Dresden
- Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., Dresden

- Stichting Wageningen Research, Wageningen, Niederlande
- Stichting IMEC, Eindhoven, Niederlande
- Tecnalia, Derio, Spanien
- Uniklinik Köln

### Wirtschaftlich

- ATFO GmbH, Bentwisch
- AgriCon GmbH, Ostrau
- AlphaSip, Santa Clara, Spanien
- Alianza Nanotecnología Diagnóstica ASJ, SL, Madrid, Spanien
- aspect Systems GmbH, Dresden
- Bartels Mikrotechnik GmbH, Dortmund
- BASF, Ludwigshafen
- BIT – Tiefbauplanung GmbH, Gera
- Robert Bosch GmbH Zentrum für Forschung und Voraentwicklung, Renningen
- CELLASYS GmbH, Kronburg
- cubeoffice GmbH & Co.KG, Magdeburg
- C3-Prozess- und Analysentechnik GmbH, Haar
- Danpower GmbH, Potsdam
- dr.wernecke Feuchtemesstechnik GmbH, Potsdam
- DWH, Drahtseilwerk Hemer GmbH & Co.KG, Hemer
- Dynamic Biosensors GmbH, M
- EloSystems GbR, Berlin

- Endress+Hauser, Conducta GmbH + Co. KG, Waldheim
- Erdbau Thalheim GmbH, Ehrenfriedersdorf
- Evalan BV, Amsterdam, NL
- fraberagro GbR, Lindow (Mark)
- Freudenberg Industrie Siebdruck GmbH, Dresden
- FWE GmbH, Marktredwitz
- 3 FP GmbH, Leipzig
- G.E.O.S Ingenieurgesellschaft mbH, Halsbrücke
- Guangxi Yuchai Machinery Group Co., LTD., Guangxi, China
- HANSENHOF electronic GmbH, Pockau-Lengenfeld
- Henze-Hauck Prozessmesstechnik/ Analytik GmbH, Dessau
- Ibes AG, Chemnitz
- IFU GmbH, Privates Institut für Umweltanalysen, Lichtenau
- IL Metronic Sensortechnik GmbH, Ilmenau
- Infineon Technologies AG, Neubiberg

- Institut für angewandte Gewässerökologie GmbH, Seddiner See
- Klinik im Leben GmbH, Greiz
- Königl GmbH & Co.KG, Würzburg
- Krieg & Fischer Ingenieure GmbH, Göttingen
- Lithoz GmbH Wien, Österreich
- LWB Dr. Schönleber, Roßwein/Littdorf
- Menken und Drees GmbH, Coesfeld
- Mercedes-Benz Fuel Cell GmbH, Kirchheim
- MH Wassertechnologie GmbH, Moritzburg
- Munisense BV, Leiderdorp, Niederlande
- OptoGenTech GmbH, Göttingen
- Pronova Analysentechnik GmbH & Co. KG., Berlin
- Purena Consult, Wolfenbüttel
- Reinsdorfer Agrargenossenschaft eG, Waldheim
- Renesas Electronics Germany GmbH
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- RockWool B.V., Roermond, Niederlande
- scan Messtechnik GmbH, Wien, Österreich
- SECOPTA analytics GmbH, Teltow
- Senorics GmbH, Dresden
- Siemens AG, Rastatt
- Simba n<sup>3</sup> GmbH, Oelsnitz
- SKAN Deutschland GmbH, Görlitz/Hagenwerder
- SKAN AG, Allschwil, Schweiz
- TEB-Ingenieurbüro Peter Zimmermann, Berlin
- Trace Analytics GmbH, Braunschweig
- UST Umweltsensortechnik GmbH, Geschwenda
- Veeco GmbH, Aschheim
- viimagic GmbH, Dresden
- VOWALON Beschichtung GmbH, Treuen
- Wagner Mess- und Regeltechnik GmbH, Offenbach am Main
- Westfleisch SCE, Bakum
- Wismut GmbH, Chemnitz
- WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Weilheim
- Xylem Analytics Germany GmbH, Meinsberg
- Zinnerz Ehrenfriedersdorf GmbH, Ehrenfriedersdorf
- ZIROX Sensoren & Elektronik GmbH, Greifswald

### **Sonstige**

- Martin-Luther-Gymnasium, Hartha
- Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL), Radebeul
- Stadtverwaltung Hartha, Hartha

- Umweltbehörde Chongqing, China



# GERÄTETECHNISCHE INFRASTRUKTUR

## Analyse- und Referenzlabore

### Biologische Analyseverfahren und -geräte

- Durchflusszytometer
- Fluoreszenzmikroskopie
- Gelelektrophorese, Geldokumentationssystem
- Interaktionsmesssystem fluoreszierender, elektronisch schaltbarer DNA-Schichten (Dynamic Biosensors switchSENSE DRX2 inklusive proFIRE-System zur Aufreinigung von DNA-Protein-Konjugaten) sowie DRX2 Upgrade zur Ermöglichung von Real-Time Interaction Cytometry-Messungen
- Mikroplatten-Reader (BioTek Synergy H1, UV-Vis-Absorption, Fluoreszenz, Temperierung, Schüttler sowie BioSan Mikroplattenphotometer HiPo MPP-96)
- Oberflächenplasmonenresonanz (SPR)-Messsysteme mit Mikrofluidik (2-Kanal-Messsystem für Messungen in Flüssigkeiten, SPR-Spektrometer für Mikroarrays)
- UV/Vis Biophotometer Nanodrop One

### Chemische Analyseverfahren und -geräte

- Atomabsorptionsspektrometer (AAS) inklusive Mikrowellenaufschlussgerät
- Dropsens FIA-System
- Elektrochemische Messplätze: Potentiostaten (Stripping-Voltammetrie, Cyclovoltammetrie)
- Elektrochemischer Multiplexer
- FT-IR-Spektrometer zur chemischen Analyse im NIR/MIR
- FT-IR-Spektrometer zur Gasanalyse
- Gaschromatograph (GC/MS, GC/FID, GC/BID)
- Halogen-Feuchtebestimmer HX 204
- Hochleistungsflüssigkeitschromatograph (HPLC)
- Hochpräzisionsthermometer Fluke-Temp-1504 mit Eichzertifikat
- HPLC-Analyser
- Optisches Emissionsspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)
- Ionenchromatograph (IC)

- Massenspektrometer zur Gasanalyse
- Mikro-Röntgenfluoreszenzanalyse (Mikro-RFA)
- NIRONE-Sensoren
- Pestizidanalytik-Homogenizer Geno/Grinder 2010
- pH/Ionenmeter
- Raman-Handspektrometer
- Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS)
- Titrator mit Automation
- UV-Digester (Aufschlussgerät UV-Photolyse)
- UV/VIS-Spektralphotometer und modulares optisches Spektrometer

#### **Physikalische Analyseverfahren und -geräte**

- BET-Messgerät zur Oberflächenbestimmung
- Coulometrische Gasmessstände (inkl. Messstand zur hochsensitiven coulometrischen Sauerstofftitration mittels Festelektrolyt-Gassensoren und Messstand zum Nachweis der Teilleitfähigkeit an Festkörpern nach Tubandt)
- Dunkelfeldmikroskopie
- Impedanzmesssysteme, Impedanz-Analysator
- Kontaktwinkelmessgerät
- Oberflächenplasmonenresonanz (SPR)-Messsystem für Messungen an Luft und in Flüssigkeiten
- Partikelgrößenanalysator Zetasizer Advance Ultra Red
- Porometer
- Röntgendiffraktometer (XRD)
- Röntgenpulverdiffraktometer mit Flächendetektor Eiger II R 500K und kompakte Eulerwiege
- Spektroskopisches (360 nm – 1000 nm; 658 nm Laser) Imaging Ellipsometer (Flüssig-Messzelle, SPR-Messzellen, Müller-Matrix-Erweiterung für anisotrope Proben)
- Taupunktmessgerät
- Thermische Analyse (Dilatometer, DTA/TG-Messsystem für thermische Analysen)
- Viskosimeter

## **Bakterien- und Zellzuchtlabore**

- Autoklaven
- CO<sub>2</sub>-Inkubatoren
- Fermentoren (auch im Technikumsmaßstab für Biogasprozesse)
- Gefriertrockner
- Gefrierpunktsmometer K-7400S mit Messkopf
- Gradient-Thermocycler
- Inkubationsschüttler
- Microfluidizer
- Mikrotiterplatten-Washer
- Phasenkontrastmikroskop
- Sterilbänke
- S1-Labore
- Tiefsttemperaturschränke (-80 °C)
- Zentrifugen

## **Lithographielabore**

- Elektronenstrahlithographie
- Laserlithographie
- LF-Arbeitsbank mit Hotplate und Spincoater
- Optische Lithographie

## **Mikroskopielabore**

- Digitalmikroskop mit hochauflösenden Objektiven
- Dunkelfeldmikroskop mit Hyperspektralkameras: CytoViva Hyperspectral Microscopy (VNIR 400 - 1000 nm, SWIR 900 – 1700 nm)
- FT-IR-Mikroskop zur chemischen Analyse im NIR/MIR
- Hochauflösende Rastersondenmikroskopie (SPM)
- Invertierte Fluoreszenzmikroskope (Zeiss) mit digitaler Bildverarbeitung
- REM, EDX und Ionenfeinstrahlanlage (FIB)

- Stereo- und Auflichtmikroskop mit digitaler Bildverarbeitung

#### **Optiklabor organophotonische Sensorik**

- Aufrechtes Fluoreszenzmikroskop, Nikon Ni-E mit XY Verschiebtisch für Elektrophysiologie
- Andor Shamrock Spektrograph mit Andor Newton CCD-Kamera
- Fluoreszenzspektrometer mit hoher Sensitivität und Zeitauflösung
- Gepulster Stickstofflaser (337 nm) mit Farbstofflasermodul
- Keithley Source-Measure-Unit und Multimeter
- Optoelektronischer Messplatz zur Charakterisierung von Photodioden (Eigenbau)
- Oszilloskop
- Patch-Clamp-Elektrophysiologie-System
- Schwingungsgedämpfter optischer Tisch
- sCMOS Hochgeschwindigkeitskamera, Andor Zyla 5.5
- Sonnensimulator
- Spektrofluorometer, Edinburgh Instruments FS5
- Stereo-Fluoreszenzmikroskop, Nikon SMZ 25
- Wärmebildkamera

#### **Sensorelektroniklabor**

- Oszilloskop 8-Kanal 2 GHz, WaveRunner 8208HD
- Stromprofilmessgerät (Device Current Waveform Analyzer) 100 pA – 100 A 16 bit, CX3322A Keysight
- Spektrumanalysator 7,5 GHz, Rohde & Schwarz FPL1003
- Logikanalysator Saleae Logic Pro 16
- Digitalmultimeter Keithley 2001 mit Scannerboard
- Tischmultimeter Keithley DAQ6510
- Handmultimeter Fluke 87 und Fluke 287
- Funktionsgenerator 25 MHz, Tektronix AFG31022
- Netzteil 3-Kanäle, 30 V, Keithley 2230G-30-1
- Stereomikroskop Leica Ivesta 3 6,1x-55x mit Kamera
- Stereolupe Mantis Ergo mit Objektiven 4x, 6x, 8x

- Vollausgestatteter Löt Arbeitsplatz mit Weller Lötstation WR 2000 mit Zubehör und Absauganlage
- Software
  - Elektronik-CAD Software Altium Designer
  - Matlab/Simulink mit diversen Toolboxen und Stateflow
  - Finite-Elemente Software Comsol Multiphysics
  - Mechanik-CAD Software SolidWorks
  - Grafik-Design Software Corel Draw Technical Suite

#### **Präparationsmethoden und -geräte**

- Atomlagendepositionssystem Ultratech Savannah
- Beschichtungsanlage Parylene
- Glovebox (Handschuhbox unter Schutzgas)
- Hochtemperatursynthesen
- Hydraulische Pressen
- Induktiver Schmelzofen
- Oxid-, SOL/GEL-, Polyol-, Hydrothermal- und Hochtemperatursynthesen
- Planeten- und Fliehkraftkugelmühlen, Siebmaschine
- Plasmabeglimmung
- Pulver- und Pastentechnologien
- Rohröfen, Kammeröfen bis 1750°C
- Vakuumtrockenschränke
- Vakuumverdampfungsanlage für Herstellung organischer Halbleiterbauelemente

#### **Prüf- und Teststände**

- Autoklaven für hohe Drücke und hohe Temperaturen
- Gasmischstände
- Helium-Lecksuchgerät
- Klimaprüfschrank
- Materialprüfmaschine
- Optisches Profilometer

- Spitzenmessplatz (Probestation)

### **Entwicklungswerkstatt**

- 3D-Druck-Technologie für Polymere und Keramiken
- Beschriftungs- und Strukturierungslaser
- Laser Schweiß- und Schneidanlagen
- Mechanische und elektrische Fertigungstechniken
- Wasserstrahltechnologie
- Sandstrahler
- Schweißlaser
- Spaltschweißen

# PRESSESPIEGEL



## **Die Zukunft der Landwirtschaft: Wachstum oder Nachhaltigkeit? Wir können beides haben!**

Wenn wir über die Landwirtschaft und ihre Auswirkungen auf unsere Gesellschaft nachdenken, gibt es wesentliche Faktoren zu berücksichtigen. Das stetige Wachstum der Weltbevölkerung und die steigende Lebenserwartung zeigen, wie wichtig es für die Landwirtschaft ist, die Lebensmittelnachfrage zu erfüllen. Nach Angaben der *Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation FAO* muss die landwirtschaftliche Produktion um 70 % gesteigert werden, um eine Weltbevölkerung von 9,6 Milliarden Menschen im Jahr 2050 zu ernähren. Einige Technologien haben den Landwirten geholfen, die Welt zu ernähren. Düngerverfahren und Bewässerungssysteme sind Beispiele für landwirtschaftliche Hilfsmittel, die in großem Umfang eingesetzt werden und stets auf die Erreichung des Ziels ausgerichtet sind.

Die intensive Nutzung im Agrarbereich bringt jedoch auch Komplikationen mit sich, die sich direkt auf das Leben der Menschen auswirken. Es ist mehr als bekannt, dass diese Anforderungen Auswirkungen auf das Ökosystem haben. Jeden Tag sehen wir, wie die Umwelt auf diese Maßnahmen reagiert. Daher ist es für die Landwirte im Allgemeinen zu einer Notwendigkeit geworden, sich um ein System zu kümmern, das nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität erfüllt. Jetzt stehen sie vor der neuen Herausforderung, die Umweltauswirkungen der Landwirtschaft zu verringern und gleichzeitig mehr Nahrungsmittel zu produzieren.

An dieser Stelle kommt das PENTA-Projekt [PLANtAR](#) ins Spiel. PLANtAR ist ein europäisches Projekt zur Entwicklung neuartiger Sensoren und Sensornetztechnologien, die den Landwirten helfen sollen, die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren und gleichzeitig die Umwelt zu schützen. Mit Partnern aus Deutschland, den Niederlanden und Spanien sollen autonome arbeitende Monitoringsysteme für die wichtigsten physikalisch-chemischen Elemente in der Landwirtschaft entwickelt werden. Das Projekt macht diese Technologien erschwinglicher und nachhaltiger, indem es eine Kombination aus Sensornetzwerken und Anwendungsintelligenz durch Innovationen bei kostengünstigen, hochintegrierten, miniaturisierten und genauen Sensoren für großflächig angelegte Anwendungen ermöglicht. Darüber hinaus wird das neue System durch integrierte Schaltungen, Schnittstellen, Signalvorverarbeitung und Batteriemangement unterstützt. Gedruckte Elektronik auf der Basis biokompatibler und biologisch abbaubarer Materialien wird den Aufbau der Antennen, Batterien, einiger Sensoren und der Gehäusesystemintegration und Verbindungstechnologien für kostengünstige Elektronik umfassen.

Das Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V. hat eine große Aufgabe in diesem europäischen Projekt übernommen. Als einer der Partner mit langjähriger hoher Expertise in der Sensortechnologie sind wir für die Entwicklung eines Nitratsensors verantwortlich, der in dieses Monitoringssystem integriert werden soll. Ziel ist es, die derzeitigen Schwierigkeiten bei der Vor-Ort-Gewinnung von Nitratdaten in der Umwelt zu überwinden, und zwar in Bezug auf die Messzeit, den Preis, die Technik und den Stromverbrauch. Der Nitrat-Sensor wird so entwickelt, dass er stabil und reproduzierbar genug ist, um mit einer langen Lebensdauer zu arbeiten. Der nach einer potentiometrischen Methode arbeitende Sensor besteht aus nicht-toxischen, bio-inerten Materialien und wurde sorgfältig vorbereitet, damit seine Anwendung die Umwelt nicht schädigt und die Umgebung, in der er eingesetzt wird, die Leistung des Sensors nicht beeinträchtigt. Die in den Bau dieses Sensors investierte Technologie wird es den Landwirten ermöglichen, über ein einfach zu handhabendes Gerät zu verfügen, das nach einer Vorkalibrierung in den Boden eingebracht werden kann und dort monatelang für Echtzeit-Messungen verbleibt.

PLANtAR soll die wissenschaftliche Kernkompetenz auf diesem Gebiet in Europa erhalten und die Fähigkeit Europas stärken, Elektronik für eine nachhaltige Landwirtschaft zu liefern, die die Welt ernährt. PLANtAR sieht eine *Precision*-Landwirtschaft im Freien und in Städten, Gewächshäusern und Innenlandwirtschaft sowie Möglichkeit des Monitorings in landwirtschaftlichen Betrieben vor. Das PLANtAR-Portfolio an Sensoren und Sensorsystemen enthält eine ganze Serie innovativer technischer Lösungen, die es erlauben werden, landwirtschaftliche Prozesse bezüglich des Einsatzes von Wasser, Energie, Pestiziden, Fungiziden und Düngemitteln zu optimieren.

PLANtAR ist ein einzigartiges Projekt, das von der Entwicklung bis zum Betrieb dieses Systems viele Herausforderungen mit sich bringt, aber ganz sicher auch erhebliche Vorteile nicht nur für die Gesellschaft sondern auch für die Umwelt generieren wird.

© Michelle Brandão Silva de Assis und Michael Mertig, 2023.

---

Quelle: <https://ksi-meinsberg.de/the-future-of-agriculture-growth-or-sustainability-we-can-have-both/>



## Harthaer Gymnasiasten erhalten praktischen Unterricht am KSI Meinsberg

Das Kurt-Schwabe-Institut Meinsberg gestaltet den naturwissenschaftlichen Profilunterricht der 9. Klassen des Martin-Luther-Gymnasiums Hartha zum Thema „Bionik – Lernen von der Natur“ mit. Zum einen richten in regelmäßigen Abständen Wissenschaftler des KSI Meinsberg Teile des dazugehörigen Unterrichts der Schüler aus und präsentieren dort aktuelle naturwissenschaftliche Themen, die zu nachhaltigen, umweltschonenden und ressourceneffizienten Technologien führen, oder geben einen Einblick in am Institut mit diesem Ziel bearbeitete Projekte. Zum anderen kommen die Schüler im Wechsel in die Labore ins KSI und dürfen dort in kleinen Praktika selbst experimentell tätig werden. Möglich wurde das im Rahmen des Projektes „Schule und Forschung regional vernetzt (SFregio)“, welches 2020 im simul+ Wettbewerb [„Ideen für den ländlichen Raum“](#) prämiert wurde. Die Stadt Hartha, das dort ansässige Martin-Luther-Gymnasium sowie das KSI Meinsberg verfolgen in diesem einen innovativen Ansatz zur Nachwuchsförderung im ländlichen Raum.

Am 27. Januar besuchte die Gruppe von naturwissenschaftlich interessierten Schülern das KSI bereits zum zweiten Mal. Während die 25 Gymnasiasten bei ihrem ersten Besuch im November 2022 einen Einblick in

die Entwicklung des Instituts und eine interessante Führung durch die verschiedenen Labore erhielten, absolvierten sie im Januar die ersten Praktikumsversuche in den gentechnischen Sicherheitslaboren des Instituts. Hier arbeiteten die Schüler sowohl mit gentechnisch veränderten Hefezellen als auch Fruchtfliegen (*Drosophila melanogaster*) und deren Larven. So lernten sie verschiedene Methoden zur Bestimmung der Zellzahl in den Hefekulturen kennen, steuerten die Bewegungen von *Drosophila*-Larven mittels Licht verschiedener Wellenlängen und lernten die Unterscheidung von Männchen und Weibchen der adulten Fruchtfliegen.

Im Laufe des Schuljahres sind noch 8 weitere Unterrichts- bzw. Praktikumseinheiten geplant, unter anderem zu den Themen Biomimetik – kreative Umsetzung von Strategien aus der belebten Natur in technische Lösungen, Sehen auf der Nanometerskala – moderne Mikroskopiemethoden sowie Sensoren für Umweltmonitoring und Landwirtschaft.

---

Quelle: <https://ksi-meinsberg.de/harthaer-gymnasiasten-erhalten-praktischen-unterricht-am-ksi-meinsberg/>



## LR Neubauer besuchte das KSI Meinsberg am 2. März 2023

Am 2. März 2023 besuchte der Landrat des Landkreises Mittelsachsen, Dirk Neubauer, in Begleitung von Frau Knoßalla aus der Pressestelle des Landratsamts das KSI Meinsberg.

Bei einem Rundgang stellte der Institutsleiter, Professor Michael Mertig, verschiedene Forschungsprojekte aus aktuellen Themenfeldern vor.

So bekam der Landrat Einblick in Messungen mit mobilen elektrochemischen Sensoren in Umwelt und Landwirtschaft, die Bestimmung von Arzneimittelrückständen mittels Ganzzellsensoren, die Messung von Schwermetallverunreinigungen in kommunalen und Bergbauwässern, impedimetrische Feuchtesensoren für Deich- und Landwirtschaft sowie die Kartographierung von Boden- und Wasserwerten mittels innovativer Sensorik.

Außerdem wurden ihm die am KSI verwendete Siebdruck-Technologie sowie die hauseigene Entwicklungswerkstatt vorgestellt.

Landrat Neubauer nutzte die Gelegenheit, mit Mitarbeitern aus Forschung und Entwicklung ins Gespräch zu kommen und erkundigte sich dabei über die Möglichkeiten zum Kenntnis- und Technologietransfer zwischen Wissenschaft und regionaler Wirtschaft.

Besonders hervorgehoben wurde dabei das enorme Potential, welches aus der Zusammenarbeit innovativer Akteure verschiedener Fachgebiete sowie der Kombination von Sensortechnik und moderner IT-Methoden zur Datenerfassung, -auswertung und -übertragung resultiert.

---

Quelle: <https://ksi-meinsberg.de/lr-neubauer-besuchte-das-ksi-meinsberg-am-2-maerz-2023/>



## Dr. Caroline Murawski mit dem Status „TUD Young Investigator“ ausgezeichnet

Dr. Caroline Murawski wurde von der Technischen Universität Dresden mit dem Status TUD Young Investigator ausgezeichnet. Die TU Dresden verleiht diesen Status an herausragende Wissenschaftler und gibt ihnen damit die Möglichkeit, Doktorarbeiten zu begutachten und an verschiedenen Aktivitäten innerhalb der Fakultät teilzunehmen. Frau Dr. Murawski erhält damit eine stärkere Einbindung an die TU Dresden und die Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie.

Seit November 2018 leitet Frau Dr. Murawski die Nachwuchsforschergruppe „Organophotonische Sensorik“ am KSI Meinsberg. Im Jahr 2021 erhielt sie eine Förderung im Rahmen des BMBF-Nachwuchswettbewerbs „NanoMatFutur“ für ihr Projekt „NeuroLichtOrgEl – Organische Elektronik für Optogenetische Stimulation und Detektion Neuronaler Signale“. In ihren Arbeiten fokussiert sich die Nachwuchsforschergruppe auf die Entwicklung neuer Sensoren und Aktoren auf Basis organischer Halbleitermaterialien für biomedizinische Anwendungen.

---

Quelle: © TU Dresden



## Fortführung der Zusammenarbeit mit der Universität Chongqing zum Monitoring Wasserqualität

STAATSMINISTERIUM FÜR  
REGIONALENTWICKLUNG

Freistaat  
SACHSEN

---

### Medieninformation

Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung

**Staatsminister Schmidt besucht China**  
**Kontakte nach Chongqing und in die sächsische Partnerregion Hubei werden weiter vertieft**

Mit einer elfköpfigen Delegation aus Vertreterinnen und Vertretern von Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen sowie aus dem Sächsischen Landtag ist Staatsminister Thomas Schmidt an diesem Wochenende nach China gereist. Der Minister knüpft mit der Reise an Besuche in China in den Jahren 2015, 2017 und 2019 an, bei denen zahlreiche Vereinbarungen für Zusammenarbeiten auf verschiedensten Gebieten getroffen worden waren.

Die sieben-tägige Delegationsreise umfasst drei Stationen: Mit Chongqing besucht Staatsminister Schmidt eine der größten Städte der Welt. Das Verwaltungsgebiet ist fast so groß wie Österreich, allein in den städtischen Bereichen leben knapp 14 Millionen Einwohner. Mit dem Amt für auswärtige Angelegenheiten der Stadt hatte der Minister im Jahr 2019 eine enge Zusammenarbeit vereinbart, vor allem im wirtschaftlichen und im wissenschaftlichen Bereich. Weitere Stationen in der kommenden Woche sind die Städte Xiangyang und Wuhan, die beide in der sächsischen Partnerregion Hubei liegen.

Staatsminister Schmidt hatte erst vor einem Monat eine Delegation aus der Stadt Xiangyang in Dresden zu einem Besuch empfangen. Gemeinsamkeit von Sachsen und Xiangyang sind große Automobilhersteller sowie eine ausgeprägte Zulieferindustrie. Die Delegation aus China hatte in Sachsen unter anderem auch die Gläserne Manufaktur von Volkswagen in Dresden besucht.

»Mit der Provinz Hubei verbindet Sachsen eine langjährige Partnerschaft. Die Pandemie hat direkte Kontakte in den letzten drei Jahren schwermgemacht. Umso mehr freue ich mich, dass ich als Mitglied der Sächsischen Staatsregierung nun erstmals wieder mit einer sächsischen Delegation nach Hubei reisen kann«, so der Minister. Aktuell findet durch die am 20. Juni 2023 stattgefundenen Regierungskonsultationen auch auf

**Wir Ansprechpartner**  
Wakal Ziemke  
**Durchwahl**  
Telefon +49 351 504 5000  
\*mediainf@smt.sachsen.de\*  
09.07.2023

**Pressekontakt**  
Sächsisches Staatsministerium  
für Regionalentwicklung  
Archivstr. 1  
01067 Dresden  
www.smt.sachsen.de

\* Kein Zugang für verteilte Inhalte  
Elektronische Einverständniserklärung, Zustimmung  
für geschäftliche elektronische Kommunikation  
Dienstreise von und zu den auf  
www.smt.sachsen.de/\*Kontaktstellen  
elektronischer Kommunikation.

Ebene der Bundesregierung wieder vermehrt Austausch mit China statt. »Wir wurden von unseren Partnern in Hubei und Chongqing zu dieser Reise eingeladen und wollen unsere Kontakte dort weiter pflegen und ausbauen.« Auch bei den Besuchen in China in den Jahren 2015, 2017 und 2019 zählten Wuhan, die Hauptstadt der Provinz Hubei und die Stadt Chongqing schon zu den Reisezielen.

Am 10. Juli 2023 werden zunächst an der Universität Chongqing die bisherigen Forschungsergebnisse des Projekts »Water Monitor« vorgestellt, das gemeinsam mit dem Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V. (KSI), der TU Chemnitz, der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BFUL), der Universität Chongqing und dem Umweltbüro der Stadt Chongqing seit dem Jahr 2019 durchgeführt wurde. Das Projekt soll einen nachhaltigen Beitrag gegen die Verschmutzung der Umwelt leisten, insbesondere für den Schutz der lebenswichtigen Ressource Wasser. Die Zusammenarbeit soll auch künftig fortgesetzt werden. Am Nachmittag sind Gespräche mit dem Amt des Oberbürgermeisters und dem Amt für Auswärtige Angelegenheiten geplant. Daneben stehen zwei Unternehmensbesuche auf dem Programm.

Am 11. Juli 2023 besucht die Delegation in Chongqing u. a. die Fertigungsstätte von AT&S (Austria Technologie & Systemtechnik Aktiengesellschaft), einem der weltweit führenden Hersteller von hochwertigen Leiterplatten mit Hauptsitz in Österreich. Die AT&S Gruppe ist ein globales Unternehmen und verfügt über Produktionsstandorte in Europa und Asien. Weltweit beschäftigt AT&S rund 15 000 Mitarbeiter. Staatsminister Schmidt besuchte im Januar 2023 den Firmensitz in Leoben (Österreich) und erhielt die Einladung der Geschäftsleitung, das Werk in China zu besuchen. Staatsminister Schmidt war Berichterstatter im Europäischen Ausschuss der Regionen zum Europäischen Chip Gesetz und ist seither diesem Thema intensiv verbunden.

Darüber hinaus besucht der Minister in der Region Chongqing eine Teststrecke für Automobile. Die Anlage ist etwa fünfmal so groß wie der Sachsenring. Sie wurde im Jahr 2009 von der Firmengruppe OBERMEYER entworfen, die auch in Dresden eine Niederlassung hat. Niederlassungsleiter Lars Boessert gehört zu den Mitgliedern der Delegation. Das Gelände, etwa 150 km von Chongqing entfernt, bietet auf einer Vielzahl von unterschiedlichen Straßenbelägen Prüfungs- und Testdienstleistungen für in- und ausländische Automobilunternehmen.

Am 12. Juli 2023 stehen in der Stadt Xiangyang, der zweitgrößten Stadt in der Provinz Hubei, Besuche der National High-Tech Industrial Development Zone sowie mehrerer Unternehmen auf dem Programm, darunter der Camel Group und Dongfeng Motor Corporation. Außerdem wird der BYD Industriepark besucht. BYD Company gehört zu den größten Automobilproduzenten Chinas und ist einer der größten Hersteller von Elektrofahrzeugen. Ziel der Besuche sind ein Erfahrungsaustausch und eine Diskussion über den Strukturwandel in der Industrie. Staatsminister Schmidt ist amtierender Vorsitzender der Allianz der Automobilregionen des Europäischen Ausschusses der Regionen. Die Allianz beschäftigt sich mit den Auswirkungen der anstehenden Transformationsprozesse in der Auto-

und Zulieferindustrie in den Regionen, die in Folge der Klimaziele der EU bereits stattfinden.

Am Nachmittag steht ein Besuch des Xiangyang Institute of Technology auf dem Programm. Dort soll unter anderem eine weitere Zusammenarbeit mit dem Bildungswerk der Sächsischen Wirtschaft e. V. (bsw) durch eine Kooperationsvereinbarung besiegelt werden. Abends folgen Gespräche mit der Stadtregierung von Xiangyang und dem Amt für Auswärtige Angelegenheiten. Beide Termine knüpfen an den Besuch der Delegation aus Xiangyang in Dresden im Juni 2023 an.

Am 13. Juli 2023 wird die Delegation in Wuhan das Forschungsinstitut für neue Energien besuchen. Hier bestehen ebenfalls bereits Beziehungen zum bsw. Die Aus- und Fortbildung engagierter Fachkräfte auf diesem Gebiet ist auch in China ein großes Thema. Eine Ausbildungsreise nach Sachsen ist in Planung. Es besteht von der chinesischen Seite Interesse am weiteren Ausbau der Kooperation auf dem Gebiet der Aus- und Weiterbildung und an der Entwicklung eines Gründerzentrums in Sachsen. Ebenfalls ist ein Gespräch mit der Provinzregierung Hubei geplant, in dem über Projekte der Partnerschaft Hubei – Sachsen diskutiert werden soll.

Am letzten Tag der Reise (14. Juli 2023) steht ein Besuch der Wuhan Universität für Wissenschaft und Technologie auf dem Programm, die bereits eine Kooperationsvereinbarung mit der TU Bergakademie Freiberg unterhält. Weiterhin geplant ist der Besuch des Deutsch-Chinesischen Industrieparks. Die Firmengruppe OBERMEYER hat mit dem Sino-German Enterprise Center das bedeutendste Funktionsgebäude dieses Industrieparks in Wuhan entworfen. Vorgesehen ist außerdem eine Besichtigung des Unternehmens Webasto GmbH, das zu den einhundert größten Automobilzulieferern weltweit zählt. Das Kerngeschäft umfasst ein breites Angebot an Dächern, Heiz- und Kühlsystemen für verschiedene Fahrzeugarten. Zum Abschluss ist eine Probefahrt mit einem autonomen Fahrzeug von Dongfeng Motor geplant.

Hintergrund:

China war im Jahr 2022 Sachsens weltweit größter Exportpartner. Im Vergleich zum Vorjahr war eine Steigerung der Lieferungen nach China um zehn Prozent auf 8,7 Milliarden Euro zu verzeichnen.

Die Vereinbarung einer engen Zusammenarbeit mit der Provinz Hubei und dem Freistaat Sachsen ist im Jahr 2007 vom damaligen Ministerpräsidenten Georg Milbradt unterzeichnet worden. Die Provinz Hubei hat 58 Millionen Einwohner (2020) und ist mit einer Fläche von rund 187 000 Quadratkilometern etwa zehnmal so groß wie Sachsen.

Seite 3 von 3

<https://www.medianservice.sachsen.de/medien/news/1068014>

<https://www.medianservice.sachsen.de/medien/news/1068109>

Quelle: <https://ksi-meinsberg.de/bundeskanzler-olaf-scholz-informiert-sich-ueber-unser-kooperationsprojekt-watermonitor-mit-der-universitaet-chongqing/>



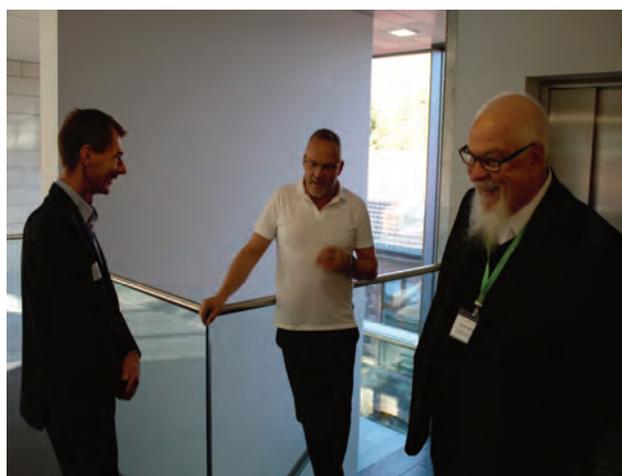
## Kommen, Staunen, Informieren – Tag der offenen Tür am KSI Meinsberg – SAVE THE DATE

Am Samstag, dem 21. Oktober 2023, öffnen wir von 9:30 bis 14:30 Uhr unsere Türen und laden Jung und Alt herzlich dazu ein, unsere Labore zu besichtigen, sich selbst als Forscher zu versuchen und mit Wissenschaftlern ins Gespräch zu kommen. In spannenden Vorträgen, Schauversuchen sowie beim Blick in unsere Labore und Werkstätten präsentieren wir unsere Sensorik-Forschung und machen neugierig auf die Arbeit als Wissenschaftler. Kinder können sich bei Mitmach-Experimenten als kleine Forscher erproben und das Institut bei einer Stationsralley kennenlernen.

Quelle: <https://ksi-meinsberg.de/save-the-date-tag-der-offenen-tuer-am-ksi-meinsberg-am-21-10-2023/>







Das Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik Meinsberg e.V. wird mitfinanziert durch Steuermit-  
tel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.



Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige Verwendung sind nur nach vorheriger Absprache mit dem Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensor-  
technik Meinsberg e.V. gestattet.

