



# **Forschung und Entwicklung** an der Westfälischen Hochschule

**Forschungsbericht 2024**

# Inhalt

**3** Vorwort

**4** Inhaltsübersicht

**8** Transfer

**14** Mensch und Gesellschaft

**30** Informatik

**48** Technik/Naturwissenschaften

**80** Nachhaltigkeit

# Vorwort

## Forschung an der Westfälischen Hochschule

### Es sind turbulente Zeiten ...

Zuerst Corona, dann die Kriege in den verschiedenen Regionen der Erde – einige viel näher an unserem Land, als wir es in den letzten Jahren gewohnt waren – und nun eine Situation der wirtschaftlichen Herausforderungen in Deutschland. Turbulente Zeiten ...

Was kann eine Hochschule, was können wir tun, um einen Beitrag zur Stabilisierung zu leisten? Die Antwort lautet: "Wir können sehr viel tun!". Zum einen können wir jungen Menschen Wissen zugänglich machen und verantwortliches Handeln vorleben und vermitteln. Zum anderen ist es möglich, durch Kreativität und kontinuierliche Weiterentwicklung neues Wissen zu schaffen und durch den Transfer dieses neuen Wissens in alle Bereiche unserer Gesellschaft dabei zu helfen, dass Arbeitsplätze gesichert und – z. B. durch die Unterstützung von Unternehmensgründungen – neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Dem Motto der Westfälischen Hochschule entsprechend:

### Wissen und Machen was praktisch zählt.

In dem vorliegenden Forschungsbericht sind erneut Beispiele für die engagierten Forschungsaktivitäten an unserer Hochschule zusammengestellt. Ich freue mich sehr, Ihnen diese hiermit präsentieren zu dürfen. Hoffentlich gelingt es den Forschenden der Westfälischen Hochschule mit ihrem unermüdlichen Engagement, für das ich an dieser Stelle einmal herzlich danken möchte, Arbeitsplätze in der Region zu sichern und neue zu schaffen. Natürlich ist dies eine große Herausforderung, aber auch eine der ehrenwertesten Aufgaben eines jeden, der hier einen Beitrag leisten kann.

Für das Präsidium der Westfälischen Hochschule

**Michael Brodmann**

Vizepräsident für Forschung und Transfer



**Prof. Dr.  
Michael Brodmann**  
Vizepräsident  
für Forschung  
und Transfer

# Aktuelle Forschung an der Westfälischen Hochschule

## Transfer

8

Moses-Gereon Wullweber,  
Tobias Seidl

„Blindtorni“ –  
Ein inklusives dreidimensionales Spiel  
aus dem 3D-Drucker

10

Nils Berg, Gesine Hahn,  
Hannah Kreuzberg,  
Yankı Yılmaz, Hannah Zeibig

H2!Raum – Mittelstand Ruhr 2030  
Gemeinsam für die Wasserstoffwirt-  
schaft im Ruhrgebiet – Know-how und  
Fördermöglichkeiten für den Mittelstand

12

Katja Becker,  
Heike Winschiers-Theophilus

Bewahrung indigenen Wissens  
mit digitalen Technologien in Namibia

## Mensch und Gesellschaft

14

Alexandra David,  
Judith Terstriep

Unternehmerische Potenziale in Essen:  
Insights aus dem Projekt  
MIRAN zur Migrantenökonomie

16

Anna Butzin, Franz Flögel,  
Kerstin Meyer, Maria Rabadjieva

Ecosys4you –  
Engaging Entrepreneurial  
Ecosystems for the Youth

18

Judith Terstriep,  
Maria Rabadjieva

Impact Sozialer Innovationen  
Auf dem Weg zu einer ganzheitlichen  
Wirkungsmessung

20

Franz Flögel,  
Leonard Can Stratmann

ZUKUNFTSCAMPUS EMSCHER-LIPPE  
Berufliche Bildung für die Energiewende

22

Kerstin Ettl

Westfälische Erfinderinnen –  
Sichtbarmachung von Innovatorinnen in  
Ruhrgebiet und Münsterland

24

Alina Ganser, Andreas Rühmkorf

Lieferkettengesetze und  
Unternehmenspraxis:  
Ein deutsch-britisches Forschungspro-  
jekt zur Regelung von Menschenrechten  
in globalen Lieferketten

**26****Christoph Bräutigam,  
Johannes Laser,  
Michaela Evans-Borchers**

---

Berufliche Identität und  
Arbeitszufriedenheit in der qualifikations-  
heterogenen Pflege

**28****Thomas Kley**

---

„Auf das Mindset kommt es an!“ –  
Evaluation einer Blended-Learning-Wei-  
terbildung für mehr Digitalkompetenz

## Informatik

**30****Tobias Urban**

---

KI-basierte Methoden zur Unterstützung  
von Meinungsbildung und Partizipation

**32****C. Kuhlmann, J. Frohne,  
K. Küffmann, T. Urban,  
H. Surmann, N. Pohlmann**

---

URBAN.KI

**34****F. Otterpohl, M. Thorwart, V.  
Leyton-Ortega, A. S. Wiening, J.  
Bergendahl, P. Nacke, P. Nalbach**

---

Der Einfluss von Rauschen auf  
Quantendynamik  
Die ersten Schritte der Quantencompu-  
ter verstehen lernen

**36****Raphael Springer,  
Christian Dietrich**

---

CySIRK  
Cyber Security Incident Response für  
KMUs

**38****A. Schmitz, C. Dietrich, A. Lein-  
weber, M. Gudel, E. Winterstein,  
A. Karazon, S. Rudi**

---

Hypervisor-basierter Angriffsschutz  
für virtualisierte Endpunktsysteme

**40****Joel Taddey, Christian Dietrich**

---

IoTFor  
Technische Verfahren zur digitalforen-  
sischen Untersuchung von IoT-System-  
zentralen

**42****Sofie Telöken, Gerhard Sen-  
kowski, Daniel Großenbach,  
Christian Dietrich**

---

KISSHOME  
KI-gestützte und nutzerzentrierte Sicher-  
heitslösungen im Smart Home

**44****H. Surmann, M. Schulte,  
J. Meine, N. Digakis, N. Voigt,  
J.-N. Kremer**

---

Rettungsrobotik:  
Fortschritte und Entwicklungen im  
Projekt E-DRZ

**46****Kolja Dunkel, Laura Anderle**

---

Studentische Nutzung und Nutzungsan-  
gaben von Large Language Models im  
zeitlichen Verlauf

# Aktuelle Forschung an der Westfälischen Hochschule

## Technik/Naturwissenschaften

**48** Franz-Josef Peitzmann,  
Fabian Pioch

Emissionsminderung und Tierwohlverbesserung in Kuhställen mittels digitalen Zwillings

**50** Dunja Terörde, Fabian Pioch,  
Franz-Josef Peitzmann

Abraswitch – Entwicklung eines innovativen Prototyps für den verschleißarmen Transport von Trockenfutter in Rohrleitungen durch ein optimiertes Strömungsverhalten

**52** Kohulan Rajan,  
Christoph Steinbeck,  
Achim Zielesny

DECIMER.ai – Erkennung handgezeichneter chemischer Moleküle mit Hilfe künstlicher Intelligenz

**54** H. Kullik, M. Urban, J. Schaub,  
A. Loidl-Stahlhofen, A. Zielesny

PySSA – Vorhersage und Analyse von räumlichen Proteinstrukturen mit Hilfe künstlicher Intelligenz

**56** Daniela Beißer, Aman Deep

Untersuchung der Auswirkungen von Stressoren auf mikrobielle Gemeinschaften in Süßwasserökosystemen

**58** Christopher Langner,  
Thomas J. Naber

SAM – Strukturierte Automatisierungsmethode

**60** Ingo Tausendfreund,  
Lars Schween, Janina Macri

Mikroplastik – Toxikologische Gefahr und Fehlerquelle in der Umweltanalytik

**62** Poroshat Haddadi,  
Thomas Brümmer,  
Ruben-Laurids Lange

Untersuchung der Bewegung von Mikroplastik aus Bioabfällen in einer simulierten landwirtschaftlichen Umgebung

**64** Ghazal Moeini

Qualitäts- und Effizienzsteigerung durch intelligentes Wärmemanagement beim Verfahren "Directed Energy Deposition Electron Beam (QoptEBAM)"

**66** Dzhem Kurtulan, Ghazal Moeini

Kosteneffiziente und nachhaltige Produktion von Titan-Bauteilen durch innovative Hybridfertigung, drahtbasierte additive Fertigung und Drückwalzen – Add&Form

**68** Aravindh Nammalvar Raja  
Rajan, Ghazal Moeini

Mikro-Makro-Modellierung der rührreibgeschweißten Hybridverbindung von im Pulverbett geschmolzenem und gegossenem AISi10Mg

**70** Christopher Colling,  
Klaus Mecking

Integration von Fertigungsrestriktionen bei 3D-Fräsverfahren in die Topologieoptimierung mit der Level-Set-Methode

## 72 Christopher Colling, Klaus Mecking

Reduktion des Rechenaufwands in der Topologieoptimierung mithilfe „künstlicher Intelligenz“ durch den Einsatz von PINNs

## 74 F. Wirkert, N. Kazamer, L. Böhm, M. Cieluch, J. Roth, U. Apfel, M. Brodmann

Kostengünstige und nachhaltige Katalysatoren und Elektroden zur Herstellung von grünem Wasserstoff

## 76 R. Parsiegel, M. Budag Becker, P. Try, M. Pliete, M. Gebhard

KI-basierter Metalloxid-Halbleiter-Sensor zur Ammoniakemissionsdetektion

## 78 Pieter Try, Marion Gebhard

Mechanisch optimierte Strukturen zur Vibrationsmessung mit MEMS IMUs für kontaktloses Aktivitätsmonitoring

# Nachhaltigkeit

## 80 Judith Terstriep, Jessica Siegel

SDS4HEI  
Rahmenmodell für nachhaltige Entwicklung an Hochschulen

## 82 Christian Kruse, Urs Pietschmann, Daniela Becks, Lea-Kathrin Kaese

DiNaOpt4KMU –  
Optimierte digitale Nachhaltigkeitsberichte für kleine und mittlere Unternehmen partizipativ entwickeln und flexibel umsetzen

## 84 Peter Hense, Semih Severengiz, Thomas Brümmer, Linda Becker, Jessica Diegmann

Transformationsgestaltung im Kreis Unna –  
Technologiehub für nachhaltige Wertschöpfung „EcoTecHub“, Bergkamen

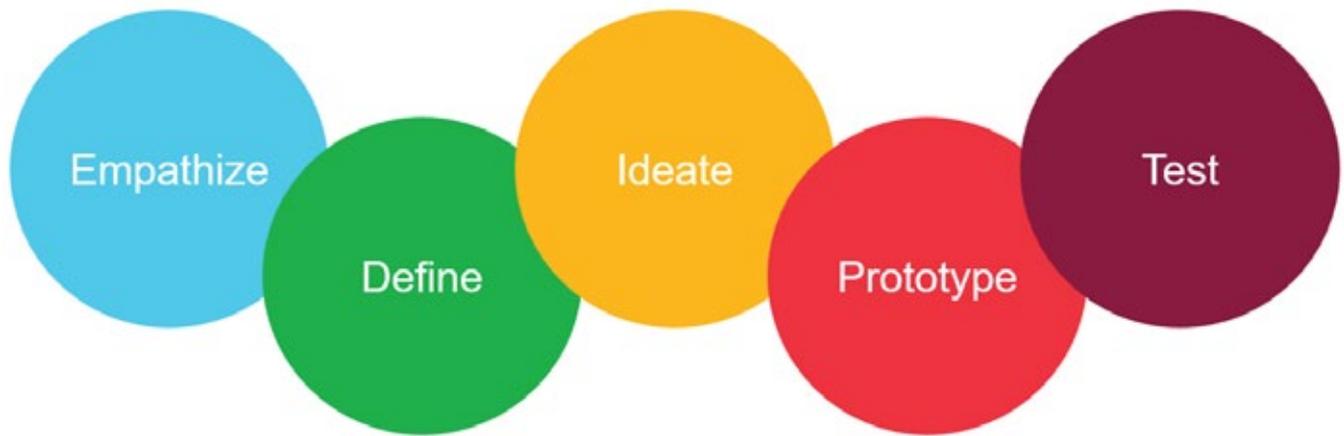


Abb. 1:

Schritte des Design Thinking-Prozesses. Design Thinking ist eine agile Methode, die erlaubt über eine iterative Abfolge einzelner Phasen ein fertiges Produkt mit hoher Akzeptanz zu entwickeln. In Anlehnung an Stanford d.school, 2018 (s. Quellen).



Abb. 2:

Test der ersten Version von Blindterni mit freundlicher Unterstützung der LVR Karl-Tietenberg-Schule

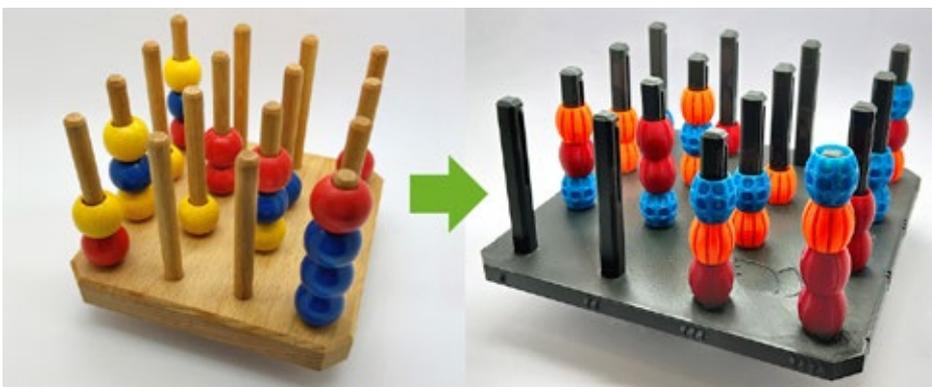


Abb. 3:

Transformation des Originalspiels „Quaterni“ zur finalen Version des inklusiven „Blindterni“



Abb. 4:

QR-Code zu den Druckdateien

# „Blindtorni“ – Ein inklusives dreidimensionales Spiel aus dem 3D-Drucker

Menschen mit Behinderung sind in vielen Tätigkeiten eingeschränkt und werden deshalb häufig, auch unabsichtlich, ausgegrenzt. Spiele sind eine einfache Möglichkeit gemeinsam den Alltag zu bestreiten, ungezwungen in Kontakt zu treten und Berührungsängste abzubauen.

Für Menschen mit Sehbehinderung ist die breite Masse an Gesellschaftsspielen nur sehr schlecht oder gar nicht spielbar. Das Erkennen von Schrift, Farben oder Symbolen ist häufig essenziell für die Spielteilnahme. Dagegen sind einige Kartenspiele mit Brailleschrift (Die SEHWELT, 2024), „four senses“ (Thalia Bücher GmbH, 2024) oder taktilen Würfeln (Die SEHWELT, 2024) etabliert und zeigen die Möglichkeiten zielgerichteter Entwicklungsarbeit. Der Markt barrierefreier Spiele ist jedoch deutlich kleiner und damit sind Spiele schwer auffindbar und teuer. Gerade die bisher genutzte zentrale Fertigung der Produkte und der damit verbundene physische Vertriebsweg erschwert Menschen mit Sehbehinderung, insbesondere in wirtschaftlich schwächeren Ländern, den Zugang.

## Entwicklung von Blindtorni

Mit „Blindtorni“ wurde ein inklusives Spiel entwickelt, das sowohl von Menschen mit als auch ohne Sehbehinderung gespielt werden kann. Ziel des Projekts ist es, Barrieren abzubauen und durch gemeinsames Spielen den Kontakt zwischen Menschen zu fördern. Durch die Anwendung der Design Thinking-Methode (Abbildung 1) wird das Spiel in einem iterativen Prozess entwickelt, bei dem die Bedürfnisse der Zielgruppe im Mittelpunkt stehen.

Dabei werden taktile und visuelle Elemente kombiniert, um ein barrierefreies Spielerlebnis zu gewährleisten. Es weist eine klare und sichere Haptik auf, und das Spielfeld ist so gestaltet, dass versehentliches Verrutschen auf einem Tisch verhindert wird. Spezielle Anpassungen, wie Rillen und Einbuchtungen an den Spielsteinen, erleichtern die taktile Erkennbarkeit und verbessern die Handhabung (s. Abb. 3). Das Spiel ist so konzipiert, dass es durch 3D-Druck weltweit kostengünstig und nachhaltig hergestellt werden kann. Mit besonderem Augenmerk auf Biokompatibilität, Verfügbarkeit und Umweltschutz wird

der Einsatz von PLA gewählt. Die Bereitstellung über einen Open-Source-Ansatz ermöglicht kostenfreien Zugang zu den Modellen, sodass jede Person mit einem 3D Drucker das Spiel herstellen kann. So können auch Personen in wirtschaftlich schwächeren Ländern auf die Spiele zugreifen, ohne hohe Versand- oder Zollkosten tragen zu müssen. Tests an einer Schule mit dem Förderschwerpunkt Sehen haben gezeigt, dass das Spiel von gemischten Gruppen aus Menschen mit und ohne Sehbehinderung problemlos gemeinsam genutzt werden kann (Abbildung 2). Die Rückmeldungen der Schüler:innen fließen in die iterative Verbesserung des Spiels ein, um die Nutzerakzeptanz stetig zu erhöhen.

Eine wesentliche Verbesserung ist das Einbringen von Rastnasen, welche die Steine auf dem Spielfeld sichern. Der Spielfluss wird auf diese Weise nicht mehr durch versehentliches Abheben der Steine unterbrochen.



**Moses-Gereon  
Wullweber**

Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
moses-gereon.  
wullweber@w-hs.de



**Prof. Dr.  
Tobias Seidl**

Westfälisches Institut  
für Bionik  
tobias.seidl@w-hs.de

## Spielaufbau

Der modulare Aufbau des Spiels ermöglicht zudem eine anpassbare und fehlerverzeihende Fertigung, was die Herstellung noch einfacher und robuster macht (Abbildung 3). Insgesamt vereint „Blindtorni“ somit innovative Fertigungstechnologien mit einem nutzerzentrierten Designansatz, um ein inklusives Spielerlebnis für einen breiten Anwenderkreis bieten zu können.

Die Druckdateien zur Anfertigung des Spiels stehen unter folgendem Link zum Download bereit:

<https://www.thingiverse.com/thing:6777827>  
(s. QR-Code Abbildung 4).

## Quellen und Publikation //

Die SEHWELT, 2024. Skatspiel mit Brailleschrift-taktil. [Online]

Available at: <https://www.diesehwelt.shop/p/skatspiel-mit-brailleschrift-taktil>  
[Zugriff am 18 09 2024].

Thalia Bücher GmbH, 2024. Four Senses (Spiel). [Online]

Available at: [https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/A1055379099?ProvID=11000533&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjw9Km3BhDjARIsAGUb4nwKmyiSa8NMROz4gj-5t0JxanmkjJjsbbYIG9mGXpMb-f5lZbmPwG8YaAvHxEALw\\_wcB](https://www.thalia.de/shop/home/artikeldetails/A1055379099?ProvID=11000533&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw9Km3BhDjARIsAGUb4nwKmyiSa8NMROz4gj-5t0JxanmkjJjsbbYIG9mGXpMb-f5lZbmPwG8YaAvHxEALw_wcB)  
[Zugriff am 18 09 2024].

Stanford d.school, 2018. Design Thinking Bootleg. [Online]

Available at: <https://dschool.stanford.edu/resources/design-thinking-bootleg>  
[Zugriff am 11 10 2024].

WULLWEBER, Moses-Gereon, Tobias SEIDL.

Blindtorni: Ein inklusives 3D 4-Gewinnt. Koop-Kaffee (2024) Westfälische Hochschule Gelsenkirchen.

## Projektinformationen //

Großer Dank gilt Sarah Kitza von der TU Dortmund für Ihre hilfreichen Anregungen im Designprozess und die Organisation der Tests in der LVR-Karl-Tietenberg-Schule.

Weiterer Dank gilt dem Team des Projektes Mao3D der Bundesuniversität von São Paulo für den offenen Austausch und Inspirationen im Designprozess.

## H2Raum

Kein physischer Raum. Ein Raum für Experimente, vielfältige Projekte und Themen rund um Hochtemperatur-Prozesswärme-Anwendung mit Wasserstoff im nördlichen Ruhrgebiet. Für den Transfer technologischer, sozialer und organisatorischer Innovationen: Neuer innovativer und experimenteller Transfer.

### Lenkungsbereich

1. Strategisch-analytisch: Konzeptionelle Weiterentwicklung des H2Raumes.
2. Strukturell-inhaltlich: Management der Transferaktivitäten und -formate.
3. Operativ: Steuerung des H2Raumes.



### Werkstattbereich

1. Durchführung konkreter Projekte in verschiedenen Partnerkonstellationen.
2. Intensiver Austausch zwischen Wissenschaft und Anwendung.

Abb. 1:  
Die Transfer-Initiative H2Raum

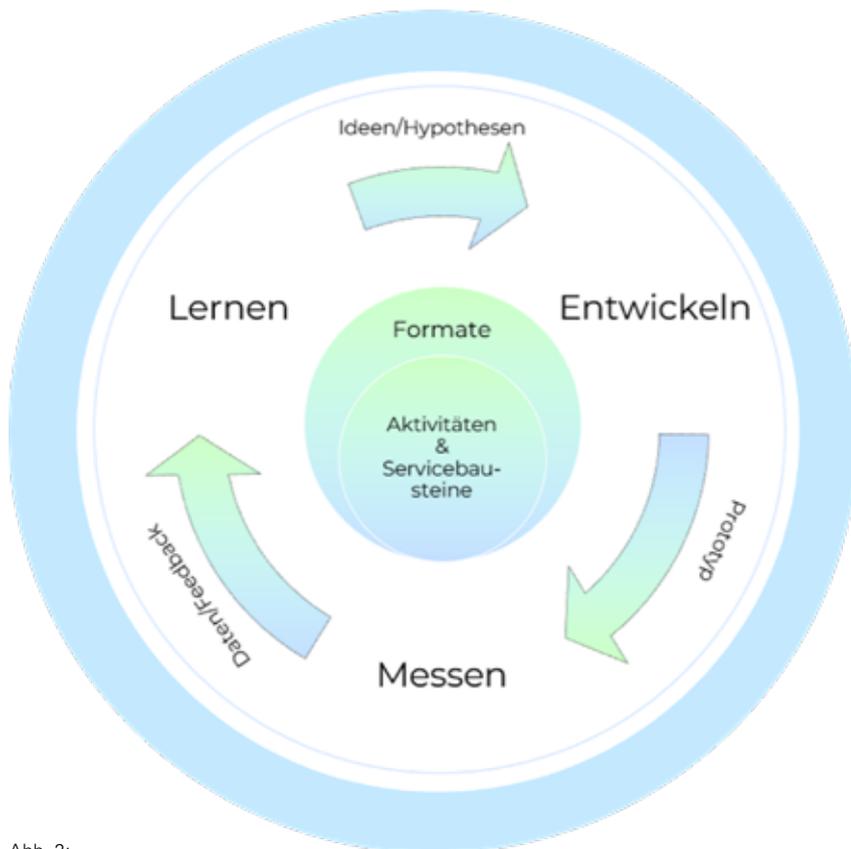
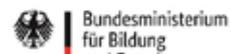


Abb. 2:  
Der experimentelle Entwicklungsansatz „Lean-Transfer“



Abb. 3:  
Das Team H2Raum der Westfälischen Hochschule



GEFÖNDERT VOM

# H2!Raum – Mittelstand Ruhr 2030

## Gemeinsam für die Wasserstoff- wirtschaft im Ruhrgebiet – Know-how und Fördermöglich- keiten für den Mittelstand

Der H2Raum ist eine von bundesweit zwölf geförderten Transfer-Initiativen im BMBF-Programm „TI!Raum – TransferRäume für die Zukunft von Regionen“. Das Programm ermöglicht Hochschulen und Forschungseinrichtungen die Entwicklung neuartiger Transferinstrumente.

Der H2Raum bietet den beteiligten Partnern den Freiraum, gemeinsam in experimentellen Ansätzen neue Ideen und Formate im Bereich der Analyse, Entwicklung und Erschließung der Anwendungspotenziale von Wasserstoffsystemen im Mittelstand auszuprobieren und neue Transferinstrumente weiterzuentwickeln. Die experimentellen, effektiven und zugleich praxistauglichen Ansätze ergänzen etablierte Transferstrategien und -maßnahmen, um den regionalen Transfer auf ein neues Niveau zu heben.

### Die Region

Die Transfer-Initiative H2Raum ist in der Strukturwandelregion Ruhrgebiet in Nordrhein-Westfalen aktiv. Die Aktivitäten sollen in späteren Phasen auch über die Region hinaus wirken.



**Nils Berg, M. A.**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Evaluation  
nils.berg@w-hs.de

- Ausstieg aus der Steinkohleförderung und der Kohleverstromung verstärken den Strukturwandel in der Region.
- Investitionen in die Wasserstoffinfrastruktur schaffen eine neue technologische Basis für Innovationen.
- Forschungsergebnisse im Bereich Wasserstoff für die Unternehmen der Region nutzbar machen und nachhaltige Veränderungen in der Region einleiten.



**Gesine Hahn, M. A.**  
Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin  
Management  
gesine.hahn@w-hs.de



**Yankı Yılmaz, M. Sc.**  
Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin  
Innovations-  
management  
yanki.yilmaz@w-hs.de



**Hannah Kreuzberg,  
M. A.**  
Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin  
Eventmanagement  
hannah.kreuzberg@  
w-hs.de



**Hannah Zeibig, M. A.**  
Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin  
Management  
hannah.zeibig@w-hs.de

- Wasserstoff spielt im zukünftigen Energiemix eine wichtige Rolle als Energieträger für unterschiedliche Anwendungsfelder und für die Speicherung von erneuerbarem Strom.
- Die regionale Wirtschaft soll wachsen, Arbeitsplätze sollen geschaffen werden und ein wichtiger Beitrag zur Energiewende im Ruhrgebiet soll geleistet werden.

### Lean-Transfer

Der experimentelle Lean-Transfer kennzeichnet sich durch fortlaufende Evaluationsmaßnahmen, um die eingesetzten Methodiken zu prüfen und zu optimieren.

### Ziele

Transfer soll insbesondere in den Bereichen anwendungsnaher Forschung und Entwicklung für Adaptionsprozesse und eine bessere Ausschöpfung der technologischen und wirtschaftlichen Potenziale in der Region vorangebracht werden. Im Ergebnis soll auf struktureller Ebene ein engmaschig vernetzter Raum mit hoher Interaktionsdichte als mittelständisch geprägtes Innovationsökosystem für die Transformation zur Wasserstoffwirtschaft im Ruhrgebiet entstehen. Auf strategischer Ebene soll der Transferraum schrittweise als regionales Demonstrations-, Innovations- und Kompetenzzentrum für die gesamte Kette von der Erzeugung, Umwandlung, Speicherung und dem Transport von Wasserstoff als Energieträger bis zur Nutzung und Integration von Wasserstoffsystemen im Mittelstand in der Region – initial für den Leitmarkt „Industrielle Hochtemperatur-Prozesswärme“ und perspektivisch für weitere Leitmärkte, wie die Chemie und die Nutzfahrzeug-Mobilität – profiliert und etabliert werden. Auf der inhaltlichen Ebene soll der H2Raum vor allem als Transferpartnerschaft zur Integration und Weiterentwicklung qualifizierter Komponenten und Systemlösungen nahe der vollständigen Anwendungsreife agieren.

### Projektinformationen //

**Laufzeit:** 01.03.2023 – 28.02.2026  
(neunjährige Perspektive: 2023 - 2032)

### Projektpartner //

Westfälische Hochschule und Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geotechnologien, gemeinsam mit

- Business Metropole Ruhr GmbH (BMR),
- Gelsenwasser AG,
- IHK Nord Westfalen,
- ProPuls GmbH,
- ZINQ GmbH & Co. KG und weiteren.



Deutscher Akademischer Austauschdienst  
German Academic Exchange Service



Abbildungen: Eindrücke aus den Co-Design-Sitzungen in Donkerbos zum Einsatz digitaler Technologien zur Bewahrung indigenen Wissens

# Bewahrung indigenen Wissens mit digitalen Technologien in Namibia

## Hintergrund

Die Rekontextualisierung von indigenem Wissen und kulturellem Erbe gewinnt zunehmend an Bedeutung, um Herausforderungen wie nachhaltigem Ressourcenmanagement, Gesundheit und Bildung in einer globalisierten Welt zu begegnen. Traditionelles Wissen bietet innovative Lösungen, aber die marginalisierte Rolle indigener Wissensträger und mangelndes Bewusstsein schränken das Potenzial ein. Neue Technologien zielen darauf ab, das kulturelle Erbe zu bewahren und ein breiteres Publikum zu erreichen.

Im Wintersemester 2023/24 verbrachte Prof. Katja Becker ein sechsmonatiges Forschungssemester an der Namibia University of Science and Technology (NUST) in Windhoek, Namibia. Ihr Forschungsschwerpunkt lag auf dem Einsatz digitaler Technologien zur Bewahrung indigenen Wissens. Die Forschung fand im Rahmen des Forschungsclusters „Indigenous Knowledge Management“ statt, das von Prof. Dr. Heike Winschiers-Theophilus im Department of Software Engineering der NUST geleitet wird. Ziel war es, gemeinsam auf Augenhöhe mit indigenen Gemeinschaften, innovative Technologielösungen zu entwickeln, die Forschungsergebnisse zu veröffentlichen und in die Lehre zu integrieren.



**Prof. Katja Becker**  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
katja.becker@w-hs.de



**Prof. Dr. Heike Winschiers-Theophilus**  
Namibia University of  
Science and Technology  
hwinschiers@nust.na

## Forschungsziele und Themen des Clusters

Es werden im Rahmen der Forschung vor allem drei Ziele verfolgt:

- 1. Digitale Bewahrung indigenen Wissens (IW):** Entwicklung spezieller Werkzeuge und Nutzung neuer IT-Paradigmen wie Mobiltelefone, Augmented und Virtual Reality zur Interaktion und Präsentation von Wissen.
- 2. Stärkung indigener Stimmen im Technoliedesign:** Integration von IW-Nutzern als Partner im Co-Design-Prozess, um traditionelle Weltbilder mit modernen Technologieerwartungen zu verbinden.
- 3. Brückenschlag zwischen digitalen und physischen Welten:** Verbindung traditioneller und moderner Wissenssysteme durch digitale Technologien. Die Forschung verwendet einen Community-basierten Co-Design-Ansatz und hat Prototypen und mobile Anwendungen entwickelt, die Wissen sammeln, klassifizieren und präsentieren und/oder aktuelle Technologien nutzen, um Lernprozesse von und mit Schüler:innen zu verbessern.

## Durchgeführte Projekte

Im Forschungssemester wurden folgende drei Projekte schwerpunktmäßig bearbeitet:

- 1. Mixed Reality Escape Room in Katurura, Windhoek:** Entwicklung einer interaktiven Bibliothek zur Verbesserung der Lesekompetenz von Kindern durch Escape Rooms, die gamifiziertes Lernen fördern.
- 2. Community Broadcast Project in Donkerbos:** Unterstützung der Ju/'hoansi-Gemeinschaft durch Podcasts, um mündliche Traditionen und gesellschaftspolitische Anliegen zu thematisieren. Das Projekt fördert Empowerment und den Dialog über soziale Gerechtigkeit.
- 3. VR Co-Design mit der Ju/'hoansi Gemeinschaft:** Entwicklung gesteuerter VR-Anwendungen, einschließlich einer Jagdgeschichte und des traditionellen Tanzes /Hi//ka//kusi, die die partizipative Forschungsarbeit widerspiegeln.

## Projektinformationen //

Department of Software Engineering der NUST in Namibia: <https://fci.nust.na/software-engineering>

## Publikationen //

Es entstanden einige Veröffentlichungen, die jeweils auf wissenschaftlichen Konferenzen im Ausland präsentiert wurden:

BECKER, Katja, Helvi ITENGE, Selma AUALA, Joseph-David ISAACS and Heike WINSCHIERS-THEOPHILUS, 2024. Co-design of an extended reality escape room with primary school students. In: *IDC, 24: Proceedings of the 23rd Annual ACM Interaction Design and Children Conference ACM*, New York, NY, USA, 5 pages. <https://doi.org/10.1145/3628516.3659387>

BECKER, Katja, Shorty KANDJENGO, Peter KAULBACH, Donovan MAASZ, Selma AUALA, Joseph-David ISAACS and Heike WINSCHIERS-THEOPHILUS, 2024. Community podcast and soundscape creation on issues that matter to indigenous people across the globe. In: *Participatory Design Conference 2024 (PDC '24 Vol. 3)*, August 11–16, 2024, Sibul, Malaysia. ACM, New York, NY, USA, 4 pages. <https://doi.org/10.1145/3661456.3666049>

BECKER, Katja, Heike WINSCHIERS-THEOPHILUS, Donovan MAASZ, Selma AUALA, Helvi ITENGE, Joseph-David ISAACS, Kaulyaalwa PETER and Naska GOAGOSSES, 2024. A Dynamically Evolving Multicultural Escape Suitcase Travelling a Participatory Journey. In: *Participatory Design Conference 2024 (PDC '24 Vol. 3)*, August 11–16, 2024, Sibul, Malaysia. ACM, New York, NY, USA, 3 pages. <https://doi.org/10.1145/3661456.3666048>

### Handlungsempfehlungen an die Stadt Essen und (Öffentliche) Intermediäre des Ökosystems

- Um das Potenzial der dynamische Migrantenökonomie zu maximieren, ist eine proaktive, aufsuchende Beratung für bestehende und neue Unternehmen erforderlich.
- Der Dialog und die Vernetzung innerhalb des Gründungs-Ökosystems sollten unabhängig von der ethnischen Zugehörigkeit verstärkt werden. Zudem ist es wichtig, migrantische Unternehmer:innen als Vorbilder sichtbar zu machen und ihren wirtschaftlichen Beitrag stärker ins öffentliche Bewusstsein zu rücken.
- Bestehende Förderprogramme sollten hinsichtlich ihrer Eignung und Zugänglichkeit für migrantische Gründungen überprüft und bei Bedarf angepasst werden.
- Migrantische Unternehmen tragen wesentlich zur Beschäftigung und Ausbildung, insbesondere von Menschen mit Migrations- und Fluchtgeschichte, bei. Um dieses Potenzial weiter auszuschöpfen, sollten die Aktivitäten der Koordinationsstelle Ausbildung und Migration (KAUSA) ausgebaut und die Schaffung qualifizierter Arbeits- und Ausbildungsplätze intensiviert werden.



Abb. 1:  
Studie zum unternehmerischen Potenzial der Migrantinnen und Migranten in Essen  
(Bild: Business Illustration by Storyset)

# Unternehmerische Potenziale in Essen: Insights aus dem Projekt MIRAN zur Migrantenökonomie

Das Ruhrgebiet ist ein traditionell stark von Migration geprägter Raum und ein Beispiel für vielfältige Integrationspfade. Besonders hervorzuheben sind die migrantischen Unternehmen, die hier und deutschlandweit überdurchschnittlich häufig gegründet werden. Die Gründungsquote bei Menschen mit Migrationsgeschichte liegt bei 20 %, verglichen mit 8,3 % bei Menschen ohne Einwanderungshintergrund. Bei wissensbasierten Start-ups, die das größte Innovationspotenzial bieten, sind sogar 21 % migrantisch gegründet. Das Projekt MIRAN untersuchte das unternehmerische Ökosystem in Essen mit einem besonderen Fokus auf migrantische Unternehmen.

Etwa ein Viertel aller Selbständigen mit Migrationsgeschichte lebt in Nordrhein-Westfalen, was über dem Bundesdurchschnitt liegt. Im Jahr 2018 stammten 39 % der Neugründungen in NRW von ausländischen Staatsangehörigen (Kay & Nielsen, 2020). Dieser Trend zeigt sich auch in Essen, einer Stadt, die seit Jahrzehnten Migrantinnen und Migranten aller Herkunftsgruppen beherbergt und als Universitätsstadt internationale Studierende anzieht. Im Sinne des Mikrozensus verstehen wir unter migrantischen Unternehmen alle Selbständigen mit Einwanderungs- oder Fluchtgeschichte (auch zweite Generation) sowie die von ihnen gegründeten und geführten Unternehmen.

Ziel der MIRAN-Studie war es, die Entwicklungspotenziale migrantischer Unternehmen in Essen zu erkennen und besser zu nutzen. Die Studie beleuchtete dabei die räumlichen, sektoralen und sozialen Besonderheiten der Unternehmer:innen sowie Aspekte von Diversität, Inklusion und deren Bedürfnisse. Schwerpunkte waren die Herkunft der Gründer:innen, sektorale Verteilung, Gründungsmotivation, Unterstützungs- und Beratungsbedarfe, Aus- und Weiterbildung sowie Netzwerke und die Integration in Wirtschaftsstrukturen.

## Methodik

Das MIRAN-Projekt nutzte einen Mixed-Method-Ansatz, der quantitative Daten aus amtlichen Statistiken mit qualitativen Primärdaten kombinierte. Die quantitative Analyse basierte auf öffentlichen Statistiken wie der Gewerbeanzeigenstatistik, um umfassende Strukturdaten zur dynamischen Migrantenökonomie zu gewinnen, die zuvor begrenzt verfügbar waren. Die qualitative Erhebung umfasste nach einer ersten Begehung der Stadtbezirke semi-strukturierte Interviews mit 23 migrantischen Unternehmer:innen sowie ein Gruppengespräch mit Ökosystem-Intermediären zur Reflexion und Validierung der Ergebnisse.



**Dr. Alexandra David**  
Institut Arbeit und Technik  
david@iat.eu



**Dr. Judith Terstriep**  
Institut Arbeit und Technik  
terstriep@iat.eu

## Auszüge aus den Studien-Ergebnissen in Spotlights:

- Migrantische Unternehmen in Essen sind überwiegend jung und entstehen oft unter schwierigen Bedingungen. Die Gründer:innen stammen hauptsächlich aus der Türkei, Polen, Syrien, den Niederlanden und Rumänien.
- Die bevorzugten Branchen sind überwiegend das Baugewerbe, der Handel und die Dienstleistungsbranche.
- Migrantische Unternehmer:innen gründen nicht aus Not, sondern, weil sie bereits Erfahrung aus dem Heimatland mitbringen, nach Möglichkeiten suchen, ihre Qualifikationen zu nutzen, oder die Kultur des Unternehmertums schätzen.
- Zu den Herausforderungen gehören mangelnde Anbindung, Unterrepräsentation in Institutionen, langsame Anerkennung von Qualifikationen,

Unsicherheiten beim Bleiberecht, Informationsdefizite, unzureichende Arbeitsmarktinstrumente, ein wenig sensibles Ökosystem sowie Diskriminierung und Segregation.

- Trotz dieser Hürden fühlen sich die meisten Unternehmer:innen in Essen zuhause und haben ihren Standort bewusst gewählt.
- Internationale Studierende und die zweite Generation von Migrantinnen und Migranten gründen oft wissensintensiv und wollen zusätzlich zur wirtschaftlichen Tätigkeit auch einen gesellschaftlichen Beitrag leisten.

## Fazit und Ausblick

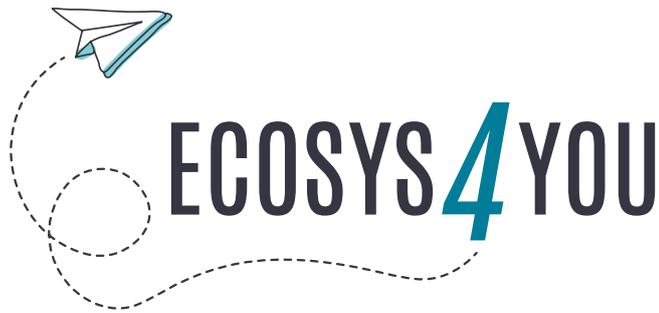
Die Unternehmenslandschaft in Essen ist vielfältig und umfasst eine dynamische Migrantenökonomie. Es ist wichtig, dass die öffentliche, wissenschaftliche und mediale Aufmerksamkeit die spezifischen Interessen und Bedürfnisse dieser Unternehmer:innen berücksichtigt und ihren Beitrag zugänglich macht. Ebenso sollten institutionelle Rahmenbedingungen und unterstützende Infrastrukturen kritisch überprüft werden, um sicherzustellen, dass Gründungs-Ökosysteme für migrantische Gründer:innen genauso offen und aufgeschlossen sind wie für nicht-migrantische. Die Stadt Essen nimmt hier eine Vorreiterrolle ein und könnte als Vorbild für ähnliche Projekte in Deutschland dienen, um bestehende Hürden zu identifizieren und abzubauen.

## Projektinformationen //

Studie im Auftrag der Stadt Essen

Kooperationspartner:  
Dr. Ralf Säger, ISM Mainz  
ralf.saenger@ism-mainz.de

Link zum Abschlussbericht:  
[https://www.iat.eu/aktuell/veroeff/2024/Migrantinnen%C3%B6konomie\\_in\\_der\\_Stadt\\_Essen\\_Alexandra\\_David\\_Judith\\_Terstriep\\_Ralf\\_S%C3%A4nger.pdf](https://www.iat.eu/aktuell/veroeff/2024/Migrantinnen%C3%B6konomie_in_der_Stadt_Essen_Alexandra_David_Judith_Terstriep_Ralf_S%C3%A4nger.pdf)



Das Projekt „Ecosys4you – Engaging Entrepreneurial Ecosystems for the youth“ (2023-2026) vernetzt die Gründungsökosysteme im Ruhrgebiet, in der bulgarischen Region Varna und in Slowenien, indem es den internationalen Austausch zwischen jungen Gründungsinitiativen, Start-ups, Hochschulen und anderen Ökosystemakteuren fördert.

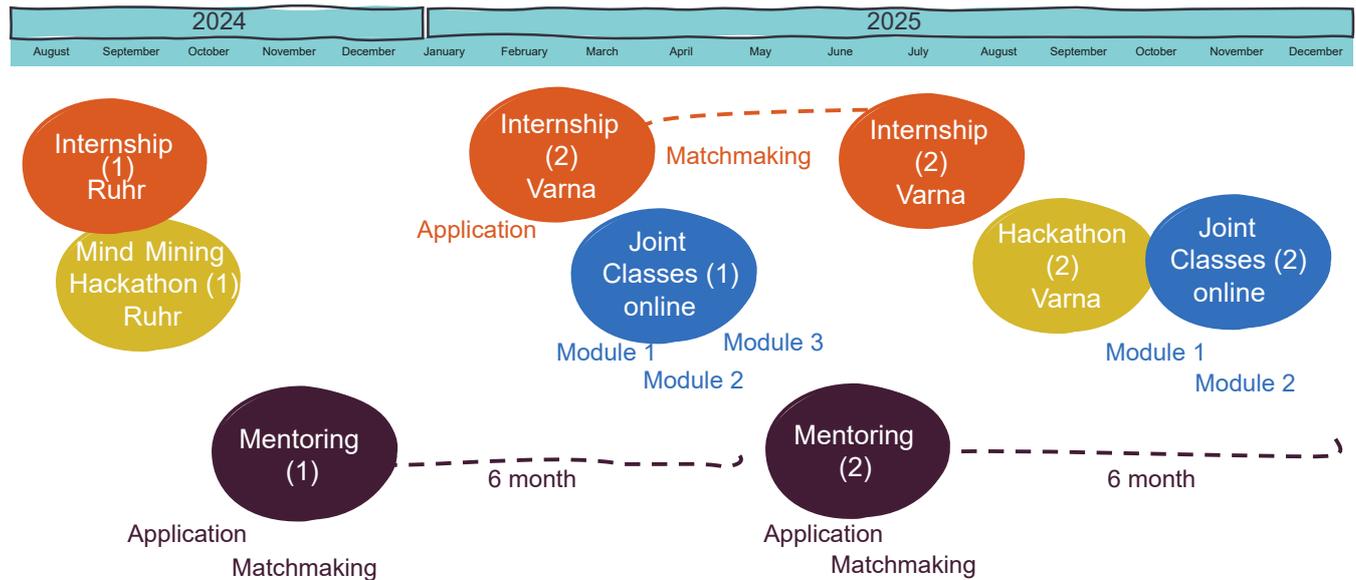


Abb. 1:

Ecosys4you-Journey

Durch vier ökosystemübergreifende Aktivitäten – Joint Classes, Mentoring, Internships und Hackathons – können junge Gründer:innen und Gründungsinteressierte von Erfahrungen aus der Praxis in den drei Ökosystemen lernen. Im Sommer 2024 erfuhren Studierende aus Varna in Bulgarien und Maribor in Slowenien im Rahmen eines achtwöchigen Praktikums in Start-ups des Ruhrgebietes den Alltag der Unternehmensgründung. Im Sommer 2025 können interessierte Studierende aus dem Ruhrgebiet in Start-ups in Varna ein Praktikum absolvieren. In zwei 24 Stunden-Hackathons (September 2024 und Juli 2025) werden unternehmerische Challenges von Start-ups formuliert und in internationalen Teams gelöst. Das Mentoring-Programm bietet eine sechsmo-natige professionelle Begleitung für alle, die eine Gründungsidee auf die Beine stellen möchten, an. Im Rahmen der Online-Joint Classes im Frühjahr und im Winter 2025 kann theoretisches und praktisches Wissen zum erfolgreichen Gründen erlernt werden. Quelle: Eigene Darstellung

**Konsortium**

Das Projekt *Ecosys4you* wird unter der Leitung des Instituts Arbeit und Technik der Westfälischen Hochschule in Kooperation mit AWARE7, Regional Agency for Entrepreneurship and Innovations Varna (RAPIV) and der DOBA Business School durchgeführt.



Funded by  
the European Union

This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under Grant Agreement No. 101100432. Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or EISMEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

# Ecosys4you – Engaging Entrepreneurial Ecosystems for the Youth

Das Projekt *Ecosys4you* strebt an, die Gründungsökosysteme im Ruhrgebiet, Varna in Bulgarien und Slowenien zu vernetzen. Ziel ist es, das Innovationspotenzial dieser Regionen zu erhöhen, indem junge Menschen bei der Gründung von Start-ups unterstützt und Talente als potenzielle Arbeitskräfte für Start-ups gefördert werden. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Stärkung von Digitalisierungskompetenzen. Zudem fördert *Ecosys4you* unternehmerisches Denken und praktisches Wissen durch die Vernetzung von Hochschulen, Gründer:innen und Intermediären.



**Dr. Anna Butzin**  
Institut Arbeit und  
Technik  
butzin@iat.eu



**Dr. Franz Flögel**  
Institut Arbeit und  
Technik  
floegel@iat.eu



**Kerstin Meyer**  
Institut Arbeit und  
Technik  
kmeyer@iat.eu



**Maria Rabadjieva**  
Institut Arbeit und  
Technik  
rabadjieva@iat.eu

## Vorgehensweise

Um die gesetzten Ziele zu erreichen, wurden im Projekt zunächst das länderübergreifende Potenzial unternehmerischer Bildungs- und Unterstützungsmaßnahmen analysiert und die unternehmerischen Perspektiven von Gründungen mit den existierenden Bildungsaktivitäten der drei Ökosysteme verglichen. Diese Analyse, basierend auf 15 Unternehmensbiografien und ergänzenden Interviews, bildet die Grundlage für die Entwicklung spezifischer Maßnahmen, die über die regulären Hochschulcurricula hinausgehen. Das Projekt zielt darauf ab, praktisches Wissen und unternehmerische Erfahrungen als zentrale Innovationsressourcen zu fördern und mobilisiert hierfür vier verschiedene Aktivitäten.

## Aktivitäten

### Joint Classes:

Der kostenfreie Kurs „Entrepreneurial Mind in Action“ verbindet in drei Modulen Theorie und Praxis, wobei Gründer:innen ihre Erfahrungen teilen und Studierende praxisorientierte Lösungen für Start-up-Herausforderungen erarbeiten.

### Mentoring:

Ein Mentoring-Programm ermöglicht es gründungsinteressierten Studierenden, ihre Ideen mit internationalen Mentoren zu diskutieren, Aufgaben zu lösen und diese zur Bewertung hochzuladen.

### Hackathon:

*Ecosys4you* organisiert Hackathons, bei denen internationale Teams reale Herausforderungen aus verschiedenen Sektoren lösen.

### Internships:

Das Praktikumsprogramm bereitet Stu-

dierende auf die Gründung oder Arbeit in Start-ups vor, indem sie direkte Einblicke in die Unternehmensentwicklung erhalten, von Gründern lernen und im Alltagsgeschäft der Start-ups mitwirken.

## Ausblick

*Ecosys4you* fördert die Internationalisierung der drei Gründungsökosysteme und stärkt die Rolle von Studierenden als potenzielle Gründer:innen. Die vier Aktivitäten werden in Form von Action-Plans entwickelt, pilotiert und optimiert. Ziel ist es, langfristige Organisationsstrukturen für die Umsetzung der *Ecosys4you*-Aktivitäten zu schaffen. Wissenschaftlich untersucht das Projekt den Einfluss der internationalen Erfahrungen Studierender in der Entrepreneurship-Ausbildung auf deren Gründungsaktivitäten.

## Aktuelle Publikationen //

BUTZIN, Anna, Franz FLÖGEL, Kerstin MEYER and Maria RABADJIEVA (Eds.), 2024. *Potential and Venture's Biographies Analysis. Deliverable 1.2 of the project Ecosys4you – Engaging Entrepreneurial Ecosystems for the Youth, funded by the European Union's Horizon Europe Research and Innovation Programme*. Gelsenkirchen: Institute for Work and Technology.

FLÖGEL, Franz, Kerstin MEYER, Anna BUTZIN und Maria RABADJIEVA, 2024. „Im Ruhrgebiet tut sich was“ Stärken und Schwächen des Gründungsökosystems Ruhr. In: *Forschung aktuell*, 05/2024. <https://doi.org/10.53190/fa/>.

## Projektinformationen //

Weitere Publikationsformate (Berichte, Artikel, Broschüren, Informationsflyer) sind auf der Projektwebseite aufrufbar:

<https://www.ecosys4you.eu/project/publications/>

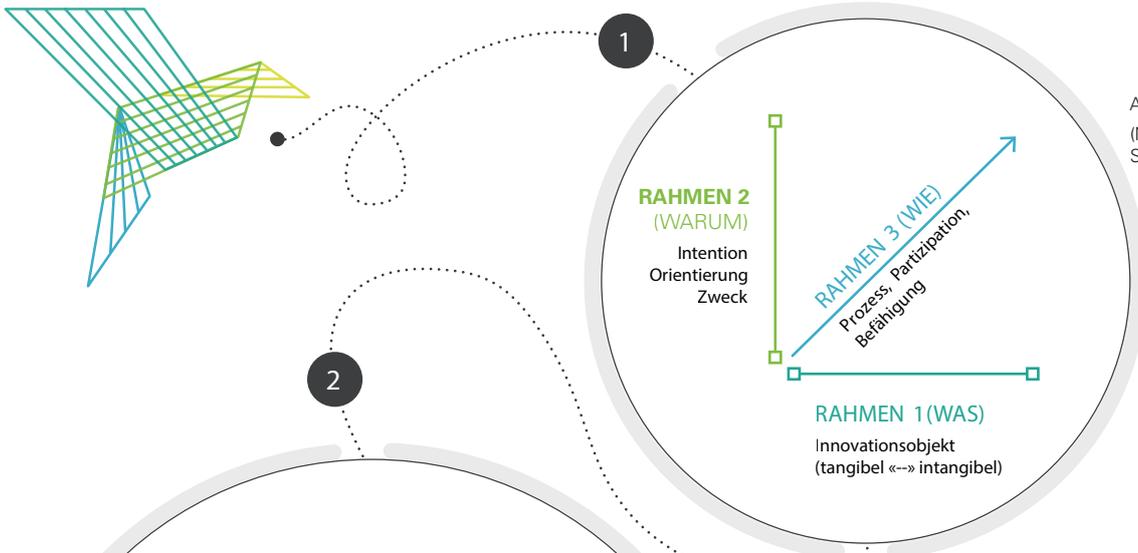


Abb. 1:  
(Neu-)Positionierung  
Sozialer Innovationen



Abb. 2:  
Ebenen der Wirkungsmessung



Abb. 3:  
»Social Innovation Observatory« - Instrumente der Wirkungsmessung

# Impact Sozialer Innovationen

## Auf dem Weg zu einer ganzheitlichen Wirkungsmessung

In den letzten Jahren hat sich in der wissenschaftlichen und politischen Debatte international und in Deutschland ein erweitertes Innovationsverständnis etabliert, das nicht nur neue Technologien, sondern auch Organisationsmodelle, Alltagsroutinen und Konzepte umfasst. Verstärkt wird zudem nach dem gesellschaftlichen Mehrwert von Innovationen gefragt, die bessere Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen bieten sollen. Dieses Verständnis spiegelt sich im Begriff der „Sozialen Innovation“ wider. Die zuverlässige Erfassung der Wirkungen (Impacts) von Innovationen hat in diesem Zusammenhang an Bedeutung gewonnen, um aufzuzeigen, dass soziale Innovationen gesellschaftliche Bedarfe besser decken können als bestehende Lösungen. Diesem Wunsch steht allerdings entgegen, dass es bisher sowohl an der erforderlichen Datengrundlage als auch Standardisierung mangelt. Ob und in welchem Ausmaß soziale Innovationen die angestrebte gesellschaftliche Wirkung entfalten und ob sie negative und/oder nicht-intendierte Effekte begründen, lässt sich aktuell daher nur unzureichend beantworten.

### Forschungsprojekt ISI

Hier setzte das zweijährige Forschungsprojekt ISI – Impact sozialer Innovationen (2022 – 2024) an. Ein interdisziplinäres Forschungsteam aus dem Centrum für Soziale Innovation und Investition (CSI) der Universität Heidelberg, dem Institut Arbeit und Technik der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen und dem Institut für Mittelstandsforschung (ifm) der Universität Mannheim entwickelte gemeinsam Konzepte zur Verbesserung des Verständnisses der Wirkung sozialer Innovationen. Ziel war es, Wirkmodelle mittlerer Reichweite zu entwickeln, die über die Messung einzelner Interventionen hinausgehen und eine Bewertung des Impacts ganzer Innovationsfelder wie Digitale Bildung, Blockchain oder Gemeinschaftliches Wohnen ermöglichen.



**Dr. Judith Terstriep**  
Institut Arbeit und Technik, Direktorin des Forschungsschwerpunkts „Innovation, Raum & Kultur“  
terstriep@iat.eu



**Maria Rabadjieva**  
Institut Arbeit und Technik  
rabadjieva@iat.eu

Ausgangspunkt bildete eine Neupositionierung sozialer Innovationen basierend auf einem breiten Innovationsverständnis, das der Dynamik des Innovationsgeschehens und der Vielfalt von Akteuren Rechnung trägt. Wie in Abb. 1 dargestellt, wurden drei Dimensionen herangezogen, die nach dem „Was“ (Innovationsobjekt), dem „Warum“ (Intention) und dem „Wie“ (Partizipation und Befähigung) fragen. So können Soziale Innovationen (1) unterschiedliche Formen und Objekte von tangibel bis intangibel beinhalten, (2) auf variierenden Werten basieren und mannigfache Ziele verfolgen (sozial, ökologisch, kulturell, ökonomisch) und (3) sehr unterschiedlich realisiert werden (z. B. partizipativ und/oder befähigend).

Ausgehend von der Annahme, dass es nicht die einzelne Innovation ist, die gesellschaftlichen Wandel bedingt, sondern vielmehr Bündel von Innovationen, die ähnliche Zielsetzungen verfolgen, wurden innovationsfeldspezifische Wirkmodelle (s. Abb. 2)

entwickelt und mit Indikatorensets hinterlegt. Unterschieden wird dabei zwischen den innovationsfeldspezifischen Indikatoren, die den Besonderheiten des jeweiligen Feldes Rechnung tragen (z. B. freier Zugang zu Wissen) und Basisindikatoren, die für alle Innovationen gelten (z. B. soziale Inklusion, CO<sub>2</sub>-Reduzierung). Diese können durch die Indikatoren einzelner Initiativen ergänzt werden.

### Ergebnisse des Projekts

Zentrales Ergebnis des Projekts ist das „**Social Innovation Observatory**“ (kurz: SIO, s. Abb. 3), das vier ineinandergreifenden Komponenten umfasst, die es ermöglichen ein umfassendes Bild des Sozialen Innovationsgeschehens und seiner Wirkung zu zeichnen:

Das **SI-Scouting** kartiert das Ökosystem und ermöglicht es, relevante Akteure (einschl. Gründung), Innovationsfelder, Ideen und Praktiken sowie Netzwerke zu identifizieren und deren Entwicklung über die Zeit zu beobachten. Es liefert damit wichtige Einsichten für die Weiterentwicklung des innovationsfeldspezifischen Ansatzes.

Zugleich nutzt das **SI-Panel** im Rahmen der Sampling-Strategie einer geschichteten Stichprobe sowie zur Nachrekrutierung von Panelteilnehmern diese Ergebnisse. Als Dauererhebung erfasst das SI-Panel die Innovationsaktivitäten von Organisationen (Sozialunternehmen, Unternehmen, NGOs, Wohlfahrtsorganisationen und Stiftungen) sowie deren Sozialen Innovationen im Zeitverlauf und liefert damit die Datengrundlage für die Wirkungsanalysen und Hinweise für potenzielle neue Innovationsfelder, die sowohl in das SI-Scouting als auch das SI-Impact Modeling einfließen.

Das **SI-Impact Modeling** basiert auf den im SI-Scouting kartierten Innovationsfeldern, um in einem partizipativen Ansatz Wirkmodelle und Indikatorensets für diese zu entwickeln. Insofern bilden die Akteure der Community of Practice aus den jeweiligen Innovationsfeldern ein weiteres zentrales Element des SIO.

Die Ergebnisse der vorgenannten Komponenten nutzend, liefert **SI-Insight** mittels Wirkungsanalysen evidenzbasierte Empfehlungen für Soziale Innovatorinnen und Innovatoren, politische Entscheidungsträger, Investoren, Wissenschaft und die Communities of Practice.

### Publikationen //

Alle Projektergebnisse (Arbeitspapier zum Theoriekonzept, Handbuch zur Modellentwicklung und Indikatoren, Panelstrategie etc.) sind veröffentlicht unter: <https://www.soz.uni-heidelberg.de/isi-impact-sozialer-innovationen/>

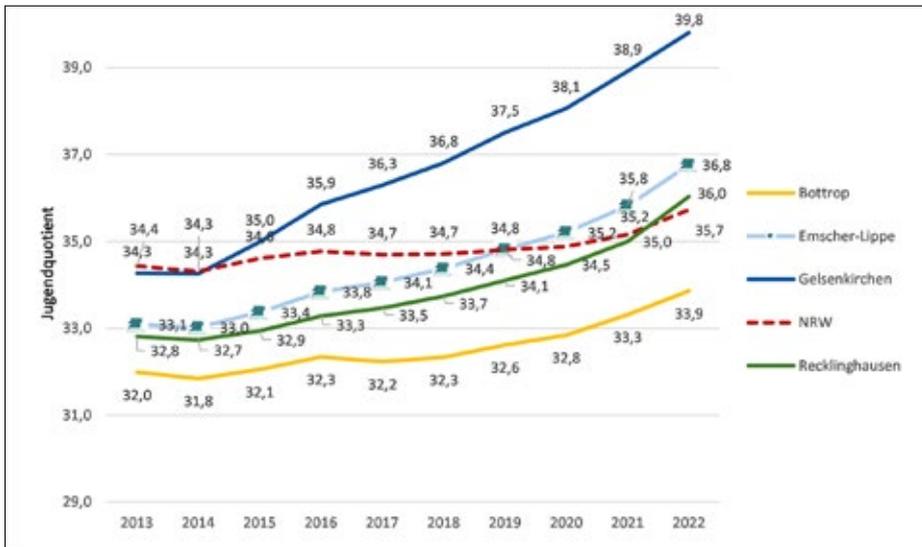


Abb. 1: Jugendquotient in den Gebietskörperschaften der Region Emscher-Lippe und NRW zwischen den Jahren 2013 und 2022

Quelle: Berechnung IAT, Datenquelle: IT-NRW: Jugendquotient: unter 20-jährige je 100 Personen im Alter von 20 bis unter 65 Jahren

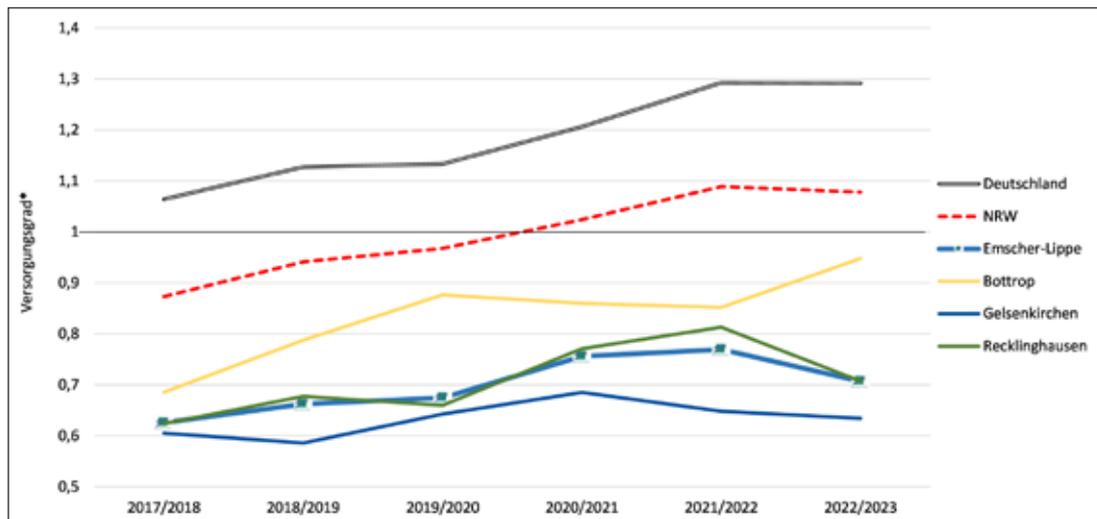
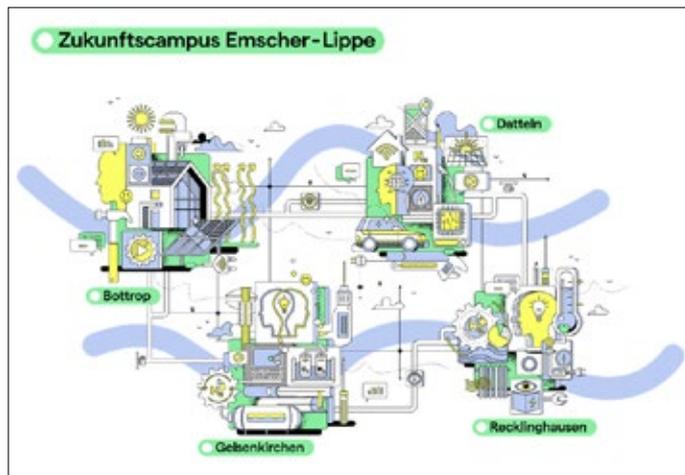
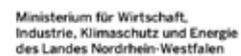
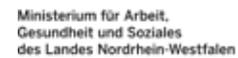


Abb. 2: Entwicklung des Versorgungsgrads der Berufsbildungsstellen

Quelle: Berechnung IAT, Datenquelle Arbeitsagentur; \*Versorgungsgrad ist die Relation der Berufsbildungsstellen zu Bewerberin bzw. Bewerber



Mit finanzieller Unterstützung des Landes Nordrhein-Westfalen und des Europäischen Sozialfonds/REACT-EU als Teil der Reaktion der Union auf die COVID-19-Pandemie



Literatur //

CHE, 2021. Zukunftscampus Ruhr – Bildungszentren von morgen. Umsetzungsstudie: Akteure, Netzwerke und Branchenschwerpunkte sowie Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten. Gütersloh, S. 8.  
 FLÖGEL, F und L. STRATMANN, 2024. ZUKUNFTSCAMPUS EMSCHER-LIPPE. BERUFLICHE BILDUNG FÜR DIE ENERGIEWENDE. Gelsenkirchen, Herten.  
 SCHEUPLEIN, C., A. BRETSCHNEIDER, F. FLÖGEL, 2023. Machbarkeitsstudie: Potenziale für einen Zukunftscampus in der Region Emscher-Lippe. Gelsenkirchen, Herten.  
 SCHEUPLEIN, C., F. FLÖGEL, R. RÖSSLER, 2022. Ist-Stand-Analyse: Potenziale für einen Zukunftscampus in der Region Emscher-Lippe. Gelsenkirchen.

# ZUKUNFTSCAMPUS EMSCHER-LIPPE

## Berufliche Bildung für die Energiewende

Aus dem Impuls der Ruhr-Konferenz 2018 heraus begann ein aus REACT-EU Mitteln geförderter Zielfindungsprozess hin zu einer zukunftsweisenden Bildungsregion Emscher-Lippe. Neben der ökologischen Transformation steht die Region vor den Herausforderungen hoher Arbeitslosigkeit und einer Ausbildungsstellenunterversorgung. Moderiert vom Institut Arbeit und Technik (IAT) der Westfälischen Hochschule und der WiN Emscher-Lippe Gesellschaft zur Strukturverbesserung mbH (WiN) haben Handelnde aus Bildung, Kommunen und Wirtschaft sich daher auf den Weg gemacht, neue Ansätze der beruflichen Bildung für die Energiewende zu erarbeiten. Ziel der Zukunftscampus Emscher-Lippe Initiative ist es, die Attraktivität der beruflichen Bildung zu steigern, Fachkräfte in den energiewenderelevanten Berufen zu sichern und somit zur nachhaltigen Transformation in Wirtschaft und Gesellschaft in der Region beizutragen.

### Hintergrund und Methodik

Ein „Zukunftscampus“ wird als ein räumlich integrierter Standort von Einrichtungen der beruflichen Bildung mit einer Kooperation zu akademischen und schulischen Bildungseinrichtungen, Unternehmen sowie anderen Bildungsorganisationen verstanden. Durch die Campussituation soll der Austausch und Wissenstransfer zwischen den Einrichtungen gefördert und ihre Zusammenarbeit langfristig intensiviert werden (vgl. CHE 2021; Scheuplein et al. 2022).

Unter Vorsitz des DGB-Emscher-Lippe haben Berufskollegs, Kreishandwerkerschaften, Kammern, die Hochschule Ruhr-West, die Westfälische Hochschule, die Kommunen Bottrop, Gelsenkirchen und Kreis Recklinghausen sowie ansässige Unternehmen und weitere Partner ein gemeinsames Zukunftscampus-Konzept mit vier Standorten für die Emscher-Lippe Region erarbeitet. WiN und IAT haben diesen Zielfindungsprozess moderiert und mit der Ist-Stand-Analyse (Scheuplein et al. 2022) und Machbarkeitsstudie (Scheuplein et al. 2023) die konzeptionellen Grundlagen verfasst. Die Studien wurden mittels Workshops, Innovationstreffen, Interviews und einer Exkursion sowie die Auswertung relevanter Statistiken erarbeitet. In Flögel und Stratmann (2024) wird der Zukunftscampus Emscher-Lippe zusammenfassend vorgestellt.



**Dr. Franz Flögel**  
Institut Arbeit und  
Technik  
floegel@iat.eu



**Leonard Can  
Stratmann**  
Institut Arbeit und  
Technik  
stratmann@iat.eu

### Emscher-Lippe: Herausforderungen und Chancen der beruflichen Bildung

Die hohe Arbeitslosigkeit der Emscher-Lippe Region, insbesondere die überdurchschnittliche Jugendarbeitslosenquote fällt auf. Zudem deutet die Demographie mit einem hohen Jugendquotienten (Abb. 1) und einem hohen Ersatzbedarf, aufgrund des hohen Anteils älterer Erwerbsfähiger, auf einen großen Ausbildungsbedarf hin. Der Ausbildungsmarkt ist arbeitgeberfreundlich, da die Zahl der Bewerberinnen und Bewerber die angebotenen Ausbildungsplätze übertreffen und hier deutlich vom Bundes- und Landesschnitt abweichen, wo es mehr Ausbildungsplätze als Bewerberinnen und Bewerber gibt (Abb. 2). Auch sinkt die absolute Anzahl an Berufsbildungsstellen, sowohl insgesamt als auch in einigen Berufen der Energiewende (vgl. Flögel und Stratmann 2024).

Diese Herausforderungen bergen gleichzeitig Chancen in der Fachkräftegewinnung. Zur Ausbildungs- und Arbeitsmarktintegration bieten sich die von Fachkräftemangel betroffenen, handwerklichen und industrietechnischen Berufe an, welche in der Energiewende dringend benötigt werden. Vor dem Hintergrund des hohen Anteils energieintensiver Unternehmen und deren notwendiger Transformation sind handwerkliche und industrietechnische Berufe von entscheidender Bedeutung für die Energiewende in der Emscher-Lippe Region.

### Gemeinsamer Ansatz des Zukunftscampus Emscher-Lippe

Die Handelnden des Zukunftscampus Emscher-Lippe haben sich auf folgenden gemeinsamen Ansatz verständigt:

- **Prozessuale Ausrichtung:** Attraktivitätssteigerung der beruflichen (Aus-)Bildung durch regionale Kooperation.
- **Thematische Ausrichtung:** Energiewende/grüne Transformation
- **Didaktischer Ansatz:** berufliche Bildung erlebbar machen

Kernbestandteil des Zukunftscampus sind vier, dezentrale Standorte mit eigenen Schwerpunkten. An allen Standorten sollen praxisorientierte Lernorte entstehen, die interaktives Lernen in Kleingruppen ermöglichen. Dies wird durch moderne Lernträger und einen modularen Aufbau unterstützt, der Anpassungen an die sich wandelnde Arbeitswelt erlaubt. Gleichzeitig soll durch den Austausch zwischen beruflicher und akademischer Bildung sowie durch Blended-Learning-Formate eine übergreifende Campussituation geschaffen werden. Die vier Standorte sind:

- **Energiewende erlebbar machen** (Bottrop)
  - **Energiewende Smart** (Datteln)
  - **H2VocationalLab** (Gelsenkirchen)
  - **Green Campus Vest** (Recklinghausen)
- Die Standorte sollen an den jeweiligen Berufskollegs entwickelt werden und deutlich über diese hinaus wirken.

### Ausblick

Es gilt die vier Standorte in Kooperation mit Handwerk, Industrie, Berufskollegs, Hochschulen und Kommunen weiterzuentwickeln und sowohl die inhaltlich-didaktische Zusammenarbeit zu stärken als auch die baulichen Vorhaben voranzubringen. Ferner sollen die innovativen Bildungsformate gemeinsam erprobt werden und etwa die Kooperation zwischen praktischen und theoretischen Ausbildungspartnern intensiviert werden.



Abb. 1:  
Präsentation der Toolbox auf der Abschlussveranstaltung am 16.05.2024 in Gelsenkirchen durch das Projektteam (v.l.n.r. Cora Wernerus, Julia Voß, Julia Frohne, Kerstin Ettl, Christina Rouvray (meta-IFiF-Team), Clara Meyer zu Altnschildesche).



Abb. 2:  
Der Werkzeugkoffer zielt darauf ab, Akteur:innen in anderen regionalen Innovationsökosystemen konkrete Handlungsempfehlungen und Strategien an die Hand zu geben, um Innovatorinnen sichtbarer zu machen und zu fördern.



Abb. 3:  
„Innovatorinnen gestalten Zukunft – Fallstudien für Praxis und Lehre“, bietet eine Sammlung von Fallstudien, die sich mit den Themen Innovation, Vielfalt und Sichtbarkeit auseinandersetzen. Verfügbar unter:  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-44927-8>



Abb. 4:  
QR-Code Werkzeugkoffer



# Westfälische Erfinderinnen – Sichtbarmachung von Innovatorinnen in Ruhrgebiet und Münsterland

330 befragte Personen, 243 betreute Studierende in einer Projektwoche, 71 Porträts Westfälischer Erfinderinnen – im Sommer 2024 endete nach drei Jahren das Forschungsprojekt *“WE! Vom Labor in den Mittelstand: Westfälische Erfinderinnen. Analyse der Potenziale und Sichtbarmachung innovativer Frauen in regionalen Innovationsökosystemen“*.

In einigen Innovationskontexten sind Frauen bis dato unterrepräsentiert – in anderen sind sie lediglich zu wenig sichtbar. Denn es gibt sie durchaus, die „Erfinderinnen“ – Frauen, die Innovation hervorbringen und vorantreiben. Das Projekt WE! hatte zum Ziel, innovative Frauen und Innovationsökosysteme in Westfalen zu erforschen und Innovatorinnen sichtbar(er) zu machen. Dabei lag dem Projekt ein breiter Innovationsbegriff zugrunde, der Produkt- und Verfahrensinnovationen sowie auch Dienstleistungs- und soziale Innovationen berücksichtigt.

## Vorgehen und Ergebnisse

Die Hintergründe der (Un-)Sichtbarkeit innovativer Frauen wurde auf verschiedenen Wegen erforscht. So wurde u.a. eine gendersensible Indikatorik zur Beschreibung der Innovationsökosysteme Ruhrgebiet und Münsterland entwickelt und Interviews mit Innovationsvertreter:innen sowie Journalist:innen geführt. Auch Innovatorinnen selbst wurden zu ihrer wahrgenommenen (Un-)Sichtbarkeit, ihren Karrierewegen und Motivationen befragt. Zudem wurde eine Breitenbefragung innovativer Frauen in der Region durchgeführt. Aufbauend auf den Erkenntnissen wurden übertragbare Maßnahmen und Instrumente zur Verbesserung der Sichtbarkeit innovativer Frauen modellhaft entwickelt, erprobt, hinsichtlich der erzielten Wirksamkeit evaluiert und für andere Regionen aufbereitet und nutzbar gemacht. Die Ergebnisse wurden auf Fachtagungen präsentiert und in verschiedenen Publikationsformaten veröffentlicht. Darunter findet sich auch ein Werkzeugkoffer, welcher Vorgehensweisen und Erfahrungen des Projekts zur Übertragbarkeit auf andere Regionen bündelt (s. Abb. 2).

## Kommunikationsarbeit

Ein Arbeitspaket des Projekts war die Konzeption und Durchführung einer umfassenden Kommunikationskampagne, in die auch Studierende der Westfälischen Hochschule miteinbezogen wurden. In einer Projektwoche im Oktober 2022 wurden von rund 240 Studierenden 71 Innovatorinnen anhand von Interviews, Podcasts oder Videos portraitiert, welche anschließend von den Innovatorinnen selbst weitergenutzt werden konnten sowie aufbereitet auf den Social-Media-Kanälen und der Website des Projektes veröffentlicht wurden. Zudem wurde die eigene Podcastreihe „(K)eine von vielen“ aufgelegt, bei der zehn Westfälische Erfinderinnen ihre jeweilige Innovation vorstellten. Einen weiteren Höhepunkt stellte die crossmediale Kampagne „Das kannst du nicht?“ dar, in der innovative Frauen zu Beginn des Jahres 2024 in allen großen Städten in der Metropole Ruhr und im Münsterland auf Plakatwänden im öffentlichen Raum und in öffentlichen Einrichtungen, auf Postkarten und auf Social Media zu finden waren.

## Netzwerk

Mit dem aus dem Projekt heraus gegründeten Netzwerk „WE!nnovate“ wurden in verschiedenen Online- und Präsenzformaten Innovatorinnen von heute und von morgen zusammengebracht. Unter den Westfälischen Erfinderinnen stärkte das Netzwerk dabei den Austausch und gab Anstöße für Kooperationen. Den potentiellen Nachwuchsinnovatorinnen gab es Möglichkeiten, nahbare Role Models und Mentorinnen kennenzulernen.



**Prof. Dr. Kerstin Ettl**  
Projektleiterin  
kerstin.ettl@w-hs.de

## Ausblick

Durch das Projekt wurden innovative Frauen sichtbar gemacht, Aufklärungsarbeit geleistet und Netzwerke gestärkt. Auch nach Projektende bleibt die projekteigene Website mit den Porträts der Innovatorinnen bestehen. Die im Projekt entwickelte Toolbox kann Akteur:innen in anderen Regionen bei der Sichtbarmachung dortiger innovativer Frauen helfen. Eine im Rahmen des Projektes erstellte, Open Access verfügbare Fallstudienammlung hilft, das Thema zukünftig in Lehre und (Weiter-) Bildung zu platzieren.

## Projektinformationen //

**Förderer:** Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem FKZ 01FP21061 gefördert.

**Projektlaufzeit:** 01.08.2021 – 31.08.2024

**Projektleitung:** Dr. Kerstin Ettl

**Mitarbeitende:**

Dr. Kerstin Ettl, Julia Voß (Fachbereich 5, Campus Bocholt)

Dr. Julia Frohne, Clara Meyer zu Altenschildesche (Institut für Journalismus und Public Relations)

Dr. Bernd Kriegesmann, Cora Wernerus, Raphael Brüne, Toni Reichert (Institut für Innovationsforschung und -management)

## Links //

**Projektwebsites**

<https://www.westfaelische-erfinderinnen.de/>

<https://www.w-hs.de/we>

**Podcast**

<https://open.spotify.com/show/3pWVG35IAEKZF5R0qaxYCIF>

## Auswahl bereits erschienener Publikationen //

K. Ettl, J. Frohne, B. Kriegesmann, C. Meyer zu Altenschildesche, T. Reichert, J. Voß, C. Wernerus, unter Mitwirkung von R. Brüne, 2024. *Toolbox. Werkzeuge zur Sichtbarmachung von Innovatorinnen in regionalen Innovationskontexten*. Gelsenkirchen, Westfälische Hochschule.

Reichert, T., C. Wernerus, 2024. *Innovative Frauen in Ruhrgebiet und Münsterland. Ergebnisse einer explorativen Befragung zu Innovationsaktivitäten, Widerständen und beruflicher Sichtbarkeit*. Bochum, Institut für Innovationsforschung und -management.

Voß, J., C. Meyer zu Altenschildesche & K. Ettl, 2024. *Innovatorinnen gestalten Zukunft*. Wiesbaden: Springer Gabler.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-44927-8>

Voß, J., C. Meyer zu Altenschildesche & K. Ettl, 2023. „Ich sehe was, was du nicht siehst“ – Weibliche (Un-)Sichtbarkeit in Innovationskontexten. In: *Journal des Netzwerks Frauen- und Geschlechterforschung NRW* Nr. 51/2022, Universität Duisburg-Essen, 58-67.

**Publikationen //**

- RÜHMKORF, Andreas, 2023. The German Supply Chain Law: A First Step Towards More Corporate Sustainability. In: *European Company Law*. **20**, P. 6 – 14.
- RÜHMKORF, Andreas, 2023. Kommentierungen in Kaltenborn / Krajewski / Rühl / Saage-Maaß (Hrsg.), *Sorgfaltspflichtenrecht: Kommentar* (Beck Verlag 2023): Einleitung: Rechtsvergleich (gemeinsam mit Daniel Augenstein); § 10 Dokumentations- und Berichtspflicht; § 12 Einreichung des Berichts; § 13 Behördliche Berichtsprüfung; Verordnungsermächtigung.
- RÜHMKORF, Andreas, 2023. Kommentierungen in Barnali Choudhury (ed.), *The UN Guiding Principles on Business and Human Rights: A Commentary* (Edward Elgar): UN Guiding Principle 20; UN Guiding Principle 21.
- RÜHMKORF, Andreas, 2024. Towards Sustainable Supply Chains: A Critical Assessment of the German Supply Chain Act. In: *International Company and Commercial Law Review*. **1**, P. 17 – 29.
- RÜHMKORF, Andreas, 2025 (im Erscheinen). Sustainability and legal education. In: *Cownie/Bradney/Jones (eds) Elgar Concise Encyclopedia of Legal Education* (Edward Elgar) 379.
- MCCALL-SMITH, Kasey and Andreas RÜHMKORF, 2025 (im Erscheinen). Sustainable supply chain management: Linking international law to national through human rights due diligence. In: Maon/Lindgreen/Markovic/Sancha (eds.). *The Routledge Companion to Responsible Business* (Routledge), 18 Manuskriptseiten.
- GANSER, Alina and Andreas RÜHMKORF, 2025 (im Erscheinen) ESG in Germany. From the European Green Deal to the German Supply Chain Due Diligence Act. In: *Amicus Curiae*, 19 Manuskriptseiten.

**Projektinformationen //**

Projektkennung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - Projektnummer 527798519

Förderinitiative der DFG und des britischen Arts and Humanities Research Council (AHRC) für Geisteswissenschaften

Laufzeit: über 36 Monate bis Ende 2026



**Arts and  
Humanities  
Research Council**

# Lieferkettengesetze und Unternehmenspraxis:

## Ein deutsch-britisches Forschungsprojekt zur Regelung von Menschenrechten in globalen Lieferketten

Die Arbeitsbedingungen in globalen Lieferketten sind seit längerem Gegenstand intensiver öffentlicher und politischer Diskussionen. Seit der Verabschiedung der UN-Leitprinzipien für Unternehmen und Menschenrechte im Jahr 2011 gab es in EU-Mitgliedsstaaten einige nationale Gesetze, die das Thema Menschenrechte in den globalen Lieferketten von Unternehmen regeln. Diese Gesetze in den sogenannten Heimatstaaten transnationaler Unternehmen werden in den Staaten erlassen, in denen große, global agierende Unternehmen ihren Sitz haben (home states). Ihr Ziel ist es, eine sogenannte Regelungslücke zu füllen, die dadurch entsteht, dass in der EU ansässige Unternehmen ihre Waren in Staaten produzieren lassen (host states), in denen es zu teilweise massiven Menschenrechtsverletzungen kommt (z. B. Zwangsarbeit; Kinderarbeit). Das deutsche Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz aus dem Jahr 2021 ist ein solches Gesetz, das in Deutschland ansässigen Unternehmen Sorgfaltspflichten für den Schutz von Menschenrechten in ihrer globalen Lieferkette auferlegt. In Großbritannien gibt es eine Berichterstattungspflicht zu „moderner Sklaverei“ in Lieferketten (UK Modern Slavery Act 2015) und eine Unternehmensstrafbarkeit für Korruption im UK Bribery Act 2010.

Auf europäischer Ebene wurde nach einem zähen Diskussionsprozess im Jahr 2024 die Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) verabschiedet. Diese sogenannte europäische Lieferkettenrichtlinie soll bis zum 26.07.2026 in nationales Recht umgesetzt werden und den bestehenden europäischen Flickenteppich an verschiedenen Regelungen harmonisieren.



**Alina Ganser, LL. M.**  
Fachbereich  
Wirtschaftsrecht  
alina.ganser@  
w-hs.de



**Prof. Dr. Andreas Rühmkorf**  
Fachbereich  
Wirtschaftsrecht  
andreas.ruehmko@  
w-hs.de

### Deutsch-britisches DFG-AHRC gefördertes Projekt

Die Vielzahl an recht neuen nationalen Gesetzen wirft eine Vielzahl an noch ungeklärten Rechtsfragen auf (z. B.: Was wird genau von Unternehmen verlangt, um die ihnen auferlegten Sorgfaltspflichten einzuhalten?). Darüber hinaus fehlen vertiefende rechtsvergleichende Analysen (Wie genau unterscheiden sich die zahlreichen Gesetze?). Ferner fehlen wissenschaftliche Untersuchungen der Effektivität dieser Gesetze. Der Grund für die Einführung dieser Regelungen war die geringe Wirkung der freiwilligen Unternehmensinitiativen, so dass sich nun die Frage stellt: Wie wirken sich die Gesetze wie das deutsche Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG) auf die Unternehmenspraxis aus?

An diesen noch ungeklärten Fragen setzt ein deutsch-britisches Forschungsprojekt an, das ein Team des Fachbereichs Wirtschaftsrecht der WH und des in Lon-

don ansässigen British Institute of International and Comparative Law gemeinsam durchführt. Das Team der WH besteht aus Prof. Dr. Andreas Rühmkorf, LL. M. (Sheffield) und der wissenschaftlichen Mitarbeiterin Alina Ganser, LL. M. Das Projekt wird durch eine gemeinsame Förderinitiative der DFG und des britischen Arts and Humanities Research Council (AHRC) für Geisteswissenschaften gefördert und läuft über 36 Monate bis Ende 2026.

### Ziele des Projekts: Rechtsvergleich und Effektivität der Lieferkettengesetze

Das Projekt hat zwei Hauptziele: Im ersten Schritt wird zusammen mit Wissenschaftlern aus acht verschiedenen Rechtssystemen ein umfassender Rechtsvergleich bestehender Gesetze zum Thema „Unternehmen und Menschenrechte in globalen Lieferketten“ vorgenommen. Ein solcher systematischer Vergleich fehlt bisher noch. Die untersuchten Rechtssysteme umfassen neben Deutschland und dem Vereinigten Königreich unter anderem Frankreich, die Schweiz, Norwegen und die USA. In diesem Projektteil wird auch die Perspektive der betroffenen Staaten analysiert, d.h. der sogenannten host states, in denen die Rohstoffgewinnung und Produktion regelmäßig stattfindet und auf deren Arbeitsbedingungen die zumeist europäischen Gesetze abzielen.

Im zweiten Projektschritt sollen die Auswirkungen der Gesetze auf die Unternehmenspraxis untersucht werden. Hierfür sind Interviews mit betroffenen Unternehmen sowie mit Experten (u. a. aus der Beratung) und auch Vertretern der Verbände und Zivilgesellschaft geplant. Für diesen Forschungsteil entwickelt das deutsch-britische Forschungsteam gerade Indikatoren, an Hand derer die Effektivität der Gesetze auf die Unternehmenspraxis gemessen werden soll. Das deutsche Team wird hierbei besonders die Auswirkungen auf deutsche Unternehmen untersuchen und freut sich vor allem auf den Austausch mit regionalen Unternehmen in Nordrhein-Westfalen.

Dieses Forschungsprojekt will dazu beitragen, die bestehenden Wissenslücken in diesem Bereich zu füllen, in dem sie nicht nur die bestehenden Gesetze theoretisch und vergleichend betrachtet, sondern auch die Lücke zwischen Theorie und Praxis schließt und untersucht, wie sich verschiedene Gesetzesformen (Berichterstattung im UK Modern Slavery Act und Sorgfaltspflichten im deutschen Lieferkettengesetz) auf die Unternehmenspraxis auswirken. Die Ergebnisse werden für den weiteren Gesetzgebungs-, Evaluations- und Diskussionsprozess in Großbritannien, Deutschland und der EU von großem Wert sein.

## Skill-/Grademix wirkt auf:

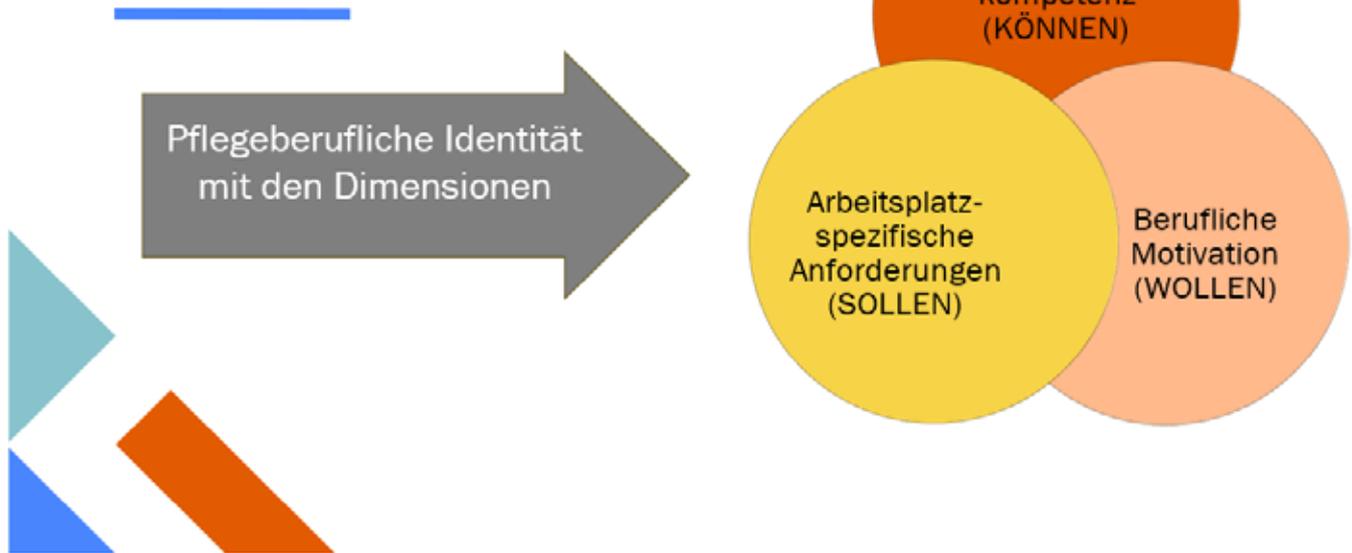


Abb. 1:  
Vermutete Auswirkungen zunehmender Heterogenität

### Zitate aus unserer Empirie:

„Die Überlebenschancen in der Chirurgie hängen sehr stark von den Kompetenzen des Pflegepersonals ab.“ (GD\_AP\_Team)

„Ich würde auf jeden Fall dazu raten, eben frühzeitig die wichtigen Beteiligten mit ins Boot zu holen. Es zu versuchen, mit dem Team zusammen zu entwickeln und auch mit dem Team zusammen zum Beispiel die Tätigkeiten zu diskutieren: Wofür braucht man denn welche Kompetenz oder was kann man dann auch abgeben?“ (EI\_08)

„Ein weiteres Risiko wäre eben die, ja, die Entsolidarisierung in der eigenen Berufsgruppe.“ (EI\_03)

„Zunächst mal braucht es dringend eine Grundhaltung, die eben dieses Tayloristische abwendet. Wenn das passiert, das ist, glaube ich, das Schlimmste, was uns passieren kann, dass die Hochqualifizierten nur noch am Schreibtisch sitzen und gucken und die anderen werden geschickt: ‚Mach du dies, mach du das.‘ Das wäre ein großer Rückschritt.“ (EI\_03)

IAT



Westfälische  
Hochschule

RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM

RUB



Pädagogische  
Hochschule  
Freiburg

Hans **Böckler**  
**Stiftung** 

# Berufliche Identität und Arbeitszufriedenheit in der qualifikationsheterogenen Pflege

## Hintergrund und Forschungsdesiderat

Der Pflegefachpersonalmangel wird sich vorliegenden Prognosen zufolge künftig verschärfen. Neue Personal- und Qualifikationsmixe können dazu beitragen, den Personalbedarf durch eine Um- und Neuverteilung von Aufgaben in Pflorgeteams einzulösen. Folge ist, dass die berufliche Pflege hinsichtlich ihrer Qualifikations- und Kompetenzprofile heterogener wird. Neben fachschulisch ausgebildeten und häufig weitergebildeten Pflegefachpersonen arbeiten auch Pflegeassistenten, hochschulisch ausgebildete sowie im Ausland qualifizierte Beschäftigte in der Pflege. Dieser Mix aus Kompetenzen (Skills) und Qualifikationen (Grades) hat – so die Annahme – Auswirkungen auf das berufliche Selbstverständnis, das individuelle und kollektive Kompetenzerleben und die Arbeitszufriedenheit der Pflegenden.

Berufliche Identität und Arbeitszufriedenheit sind zentrale Dimensionen, um die Attraktivität des Pflegeberufs zu erhöhen. Professionelle berufliche Identität in der Pflege ist ein mehrdimensionales Konstrukt, das (1) subjektiv wahrgenommene arbeitsplatzspezifische Anforderungen ebenso adressiert wie (2) subjektiv wahrgenommene berufliche Motivation und (3) professionelle Handlungskompetenz.

Inwiefern sich bezüglich der wachsenden Heterogenität von Qualifikations- und Kompetenzprofilen Chancen und Herausforderungen für eine „gute“ Pflegearbeit und Kompetenzentwicklung in sich verändernden Strukturen der Arbeitsorganisation ergeben, ist ein

Forschungsdesiderat. Empirisch gestützte Erkenntnisse einer pflege- und arbeitswissenschaftlich reflektierten Berufsbildungsforschung können dazu beitragen, Gestaltungsspielräume und Handlungsempfehlungen für eine identitätsfördernde Kompetenzentwicklung, Arbeitsorganisation und Versorgungsgestaltung zu identifizieren.

## Zielsetzung und Fragestellung

Das Forschungsprojekt "Beruflichkeit in der qualifikationsheterogenen Pflege" will bestehende Forschungslücken unter anderem mithilfe folgender Fragestellungen schließen:

1. Welche Modelle des Kompetenz- und Qualifikationsmix werden in der pflegeberuflichen Praxis erprobt und umgesetzt? Welche arbeitsplatz- und arbeitsprozessbezogenen Anforderungen und Veränderungen gehen damit einher?
2. Wie wirken sich der Skill- und Grademix und damit verbundene Veränderungen auf das Kompetenzerleben und die Selbstwirksamkeit der Beschäftigten aus?
3. Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten der beruflichen Identität bestehen bei Pflegenden im Kompetenz- und Qualifikationsmix und wie wirkt sich dieser auf die Entwicklung der beruflichen Identität aus?

4. Wie kann der Kompetenz- und Qualifikationsmix so umgesetzt werden, dass eine kompetenzorientierte teambasierte Arbeitsorganisation umgesetzt werden kann? Wie sind betriebliche Interessenvertretungen derzeit mit diesen Themen befasst und wie können sie stärker gestaltend intervenieren?

## Forschungslogik und Forschungsdesign

Das Untersuchungsfeld umfasst die stationäre Langzeitpflege und die stationäre Akutpflege (Krankenhaus) und kann in Erprobung befindliche oder bereits implementierte Modelle des Kompetenz- und Qualifikationsmix vorweisen. Auf diese Weise ist es möglich, die wesentlichen derzeit in Deutschland zu erwartenden Ausprägungen des Skill- und Grademix abzudecken, sodass versorgungs- und arbeitsorganisatorische Effekte des Qualifikations- und Kompetenzmix auch mit Blick auf Veränderungen der beruflichen Identität(en) beobachtet werden können.

Das Forschungsdesign folgt einer abduktiven Forschungslogik. Der Forschungsprozess gliedert sich in die drei Phasen Exploration, Analyse sowie Konklusion und ist mehrstufig angelegt: Die Explorationsphase (abgeschlossen) besteht in einer Aufbereitung des Forschungsstandes und der Identifikation settingspezifischer Umsetzungsmodelle des Kompetenz- und Qualifikationsmix in der Pflege. Methodisch erfolgt ein systematisches, kriteriengeleitetes Literaturreview und ein Screening pflegerelevanter Informationen zur Identifizierung von Umsetzungsbeispielen des Kompetenz- und Qualifikationsmix. Begleitet wird dies durch explorative Experteninterviews und Gruppendiskussionen. Anschließend folgen in der Analysephase (laufend) zwei Fallstudien (Krankenhaus und stationäre Langzeitpflege), in deren Rahmen Arbeitsprozessanalysen mit Fachinterviews, Fokusinterviews, Gruppendiskussionen und Workshops durchgeführt werden. In der abschließenden Konklusionsphase (2025) werden die Ergebnisse aufbereitet und zu zielgruppenspezifischen Handlungsempfehlungen verdichtet.

## Projektinformationen //

Das Forschungsprojekt wird von der Hans-Böckler-Stiftung (HBS) gefördert und gemeinsam mit der Pädagogischen Hochschule Freiburg durchgeführt. Laufzeit: 1.4.2023 bis 31.3.2025



**Christoph Bräutigam**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsschwerpunkt Arbeit & Wandel, Institut Arbeit und Technik  
braeutigam@iat.eu



**Johannes Laser**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsschwerpunkt Arbeit & Wandel, Institut Arbeit und Technik  
laser@iat.eu



**Michaela Evans-Borchers**

Direktorin des Forschungsschwerpunkts Arbeit & Wandel, Institut Arbeit und Technik  
evans-borchers@iat.eu

## Auf das Mindset kommt es an



Abb. 1:

Absolventen der Zert-Ex-Kurse (Quelle: <https://ihk-tag.de/projekte/weiterbildung/auf-das-mindset-kommt-es-an/>)

### Worum geht es?

Die Digitalisierung stellt die Wirtschaft vor umfassende Herausforderungen. Um diesen konstruktiv zu begegnen, müssen Fach- und Führungskräfte neue Kompetenzen und Denkweisen ausbilden.

Im Projekt Zert-Ex wurde ein Zertifikatslehrgang entwickelt, der die notwendigen Kompetenzen und das passende Mindset für die digitale Transformation vermittelt. Der Lehrgang ist keine Tech-Fortbildung, sondern fördert Veränderungsbereitschaft und Innovationsmut.

Anhand eines fiktiven Unternehmenszenarios erleben die Teilnehmenden realistische Problemstellungen der digitalen Transformation. Die Blended-Learning-Didaktik mit interaktiven Lernmedien unterstützt dabei flexibles Lernen.

T1: Eingangsbefragung zu Beginn des Lehrgangs  
T2: Endbefragung zum Abschluss des Lehrgangs  
T3: Transferbefragung 3 Monate nach Lehrgang

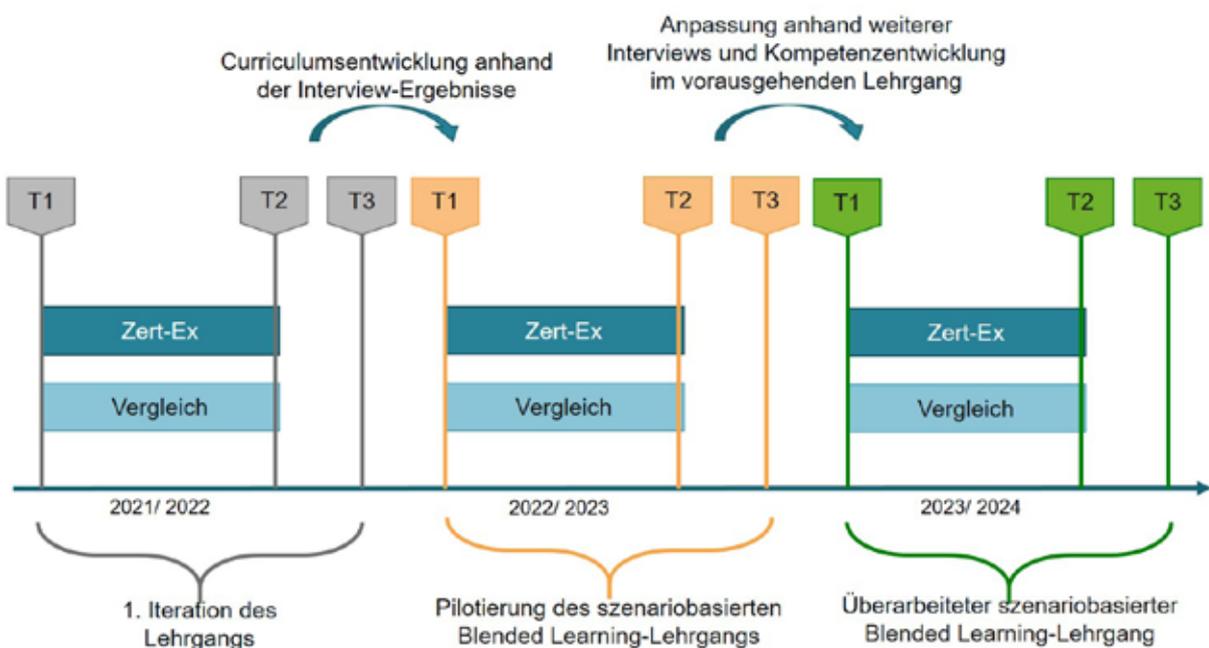


Abb. 2:

Quasi-experimentelles Evaluationsdesign im Projekt „Zert-Ex“

### Quellen //

- [1] „Zert-Ex“ steht für Zertifikatsergänzte Exzellenzabschlüsse. InnoVET ist der Innovationswettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) für eine exzellente berufliche Bildung (<https://www.inno-vet.de/>)
- [2] KLOEP, Leonie, Ariane BERG und Thomas KLEY, 2023. Digitalkompetenzen für mittleres Management. In: *Forschung und Entwicklung an der Westfälischen Hochschule: Forschungsbericht 2022*. Gelsenkirchen, S. 10-11
- [3] RUBACH, Charlotte und Rebecca LAZARIDES, 2019. Eine Skala zur Selbsteinschätzung digitaler Kompetenzen bei Lehramtsstudierenden: Entwicklung eines Instruments und Validierung. In: *Zeitschrift für Bildungsforschung*. 9. Jg., Nr. 3, 345-374
- [4] JANSSEN, Onne, 2000. Job demands, perceptions of effort-reward fairness and innovative work behavior. In: *Journal of Occupational and Organizational Psychology*. 73. Jg., S. 287-302
- [5] RITZMANN, Sandrina, Vera HAGEMANN and Anette KLUGE, 2014. The Training Evaluation Inventory (TEI): Evaluation of Training Design and Measurement of Training Outcomes for Predicting Training Success, In: *Vocations and Learning*. 7. Jg., S. 41-73

Förderlogos

INNOVET

GEFÖRDERT VON  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

bibb Bundesinstitut für  
Berufsbildung

Gefördert als InnoVET-Projekt aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

# „Auf das Mindset kommt es an!“ – Evaluation einer Blended-Learning-Weiterbildung für mehr Digitalkompetenz

Im InnoVET-Projekt „Zert-Ex“ [1] entwickelt das Institut für Innovationsforschung und -management (IFI – Zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Westfälischen Hochschule) in einem Konsortium mit der IHK Nord Westfalen und der Handelshochschule Leipzig Bildungsprodukte mit dem Ziel, angehenden Führungskräften aus kleinen und mittelständischen Unternehmen Digitalkompetenz zu vermitteln und sie zu einem innovativen „Mindset“ anzuregen. Denn – wie häufig zu vernehmen ist, wenn es um Future Skills zur Bewältigung der Digitalen Transformation geht: „Auf das Mindset kommt es an!“.

Kennzeichnend für die – von den Teilnehmenden parallel zu Lehrgängen der Höheren Berufsbildung (DQR-Level 6 und 7) absolvierten – Zert-Ex-Kurse ist ein Blended-Learning-Konzept mit Präsenz- und Online-Elementen [2]. Ein fiktives Unternehmensszenario begünstigt dabei die Handlungsorientierung der Teilnehmenden und bietet Gelegenheiten zur Reflexion, den Transfer der Inhalte vorbereitend.

Die vom IFI verantwortete wissenschaftliche Begleitforschung dient dazu, Effekte der in mehreren Iterationen pilotierten Zert-Ex-Lehrgänge zu ermitteln und im Zeitverlauf zu kontrollieren (siehe Abb. 2). Insgesamt konnten im Projektzeitraum über 200 Wirtschaftsfachwirten, Industriemeistern und Technischen Betriebswirten die Möglichkeit zur Teilnahme am Zert-Ex-Programm geboten werden (siehe Abb. 1). Datenerhebung und -analyse im Rahmen der Evaluation sind noch nicht abgeschlossen, ausgewählte empirische Ergebnisse können jedoch bereits berichtet werden.

## „Zert-Ex wirkt!“ – Ausgewählte Ergebnisse zur Kompetenzentwicklung

Interessierende Fragestellungen beziehen sich einerseits auf die Zielvariablen Digital- [3] und Innovationskompetenz [4]: Inwiefern sind systematische Unterschiede im Vergleich der Kompetenzmessungen vor und nach dem Zert-Ex-Kurs zu sehen? Die Berücksichtigung von Vergleichsgruppen im quasi-experimentellen Evaluationsdesign trägt dazu bei, das Vorliegen von Kurseffekten beurteilen zu können. Andererseits: Inwiefern werden spätere Iterationen der Zert-Ex-Kurse von den Teilnehmenden als besser beurteilt? Schließlich: Welche Transfereffekte sind zu sehen – drei Monate nach Ende der Zert-Ex-Kurse?

Datengrundlage ist die zweite von drei Zert-Ex-Iterationen. 49 Teilnehmende der Kurse (Rücklaufquote über 90%) und 58 Teilnehmende der Vergleichsgruppen (erwartbar geringere Rücklaufquoten von ca. 70%) konnten durch aufwändiges Survey-Management und den Einsatz von Incentives zur Beteiligung an den Befragungen motiviert werden.

Zu drei Messzeitpunkten wurden die Teilnehmenden gebeten, ihre Digitalkompetenz [2] selbst einzuschätzen. Zu beobachten ist ein überzufälliger Anstieg in der T2-Befragung zum Kursende. Dieser Trend bleibt auch in der Follow-Up-Befragung drei Monate nach Kursende stabil. Die Vergleichsgruppen weisen hingegen erwartungskonform keine Veränderung in den Daten auf. Dieses Ergebnismuster ist auch für die zweite Zielvariable Innovationskompetenz zu bestätigen. Zur Bewertung der Zert-Ex-Iterationen durch die

Teilnehmenden kommt eine Skala „Training Evaluation Inventory“ [5] zum Einsatz.

Im Vergleich mit der initialen Version von Zert-Ex wird deutlich: Als szenariobasiertes Blended-Learning-Format wird die zweite Iteration deutlich (statistisch signifikant) besser bewertet. Insbesondere von der Zielgruppe Industriemeister/-innen wurde die erste Iteration weniger gut angenommen, nunmehr werden die Zielgruppen Wirtschaftsfachwirte/wirtinnen und Industriemeister/-innen gleich gut erreicht.

Berichtet wurde von den „Zert-Exianern/Exianerinnen“ in der Follow-Up-Befragung auch, dass sie sich über die Inhalte – Themen wie Agiles Management, Design Thinking, Digitalisierung von betrieblichen Prozessen, Big Data/generative KI – mit Vorgesetzten und Kollegen im Betrieb ausgetauscht hatten. Mehr noch: Über die Hälfte der Befragten verweist auf eigene Bemühungen, im Anschluss an die Zert-Ex-Inhalte Ideen als Innovationsimpulse generiert zu haben. Während diese Befunde als wünschenswerte Effekte von Zert-Ex einzuordnen sind, ist aus der Innovationsforschung bekannt, dass neue Ideen nicht immer auf „offene Ohren treffen“, geschweige denn rasch umgesetzt werden können. Auch die Zert-Ex-Probanden berichteten von Widerständen – umso seltener, sofern Vorgesetzte als unterstützende Machtpromotoren gewonnen werden konnten.

## Möglichkeiten und Grenzen von Weiterbildung für betriebliche Innovationsprozesse

Die skizzierten Ergebnisse und weitere Erfahrungen aus dem noch laufenden Projekt legen nahe: Einerseits ist es möglich, angehende Führungskräfte für die Reflexion des eigenen Handelns zu begeistern und das Mindset über die bekannte Rolle im Betrieb hinaus zu erweitern: Meister und Fachwirte – nicht „nur“ operative Umsetzungselite, sondern auch Impulsgeber für Verbesserungen? Insbesondere sogenannte Simulationstage vor Ort im interdisziplinären Austausch waren dabei fruchtbar (und wurden als wertvoller zur Erreichung der Lernziele eingeschätzt als die Online-Angebote des Blended-Learning-Konzepts). Andererseits ist zu unterstreichen, dass es neben dem Mindset weitergebildeter Führungskräfte auch immer (gleichsam als organisationales „Mindset“) einer offenen betrieblichen Innovationskultur bedarf, die Impulsen aus einer Weiterbildung faire Chancen einer Erprobung bietet. Nur dann kann Weiterbildung zumindest „Anstöße“ für betriebliche Innovationsprozesse liefern. – Als empirisch begründete tentative Zwischenbilanz kommt in Betracht: Zert-Ex wirkt (Zielvariablen zeigen erwartete Effekte), macht Spaß (insbesondere als szenariobasiertes Format) und ist herausfordernd – in Bezug sowohl auf den Workload der Teilnehmenden als auch auf das „dicke Brett“, eigene Gestaltungsideen aus dem Weiterbildungskurs in betriebliche Realitäten einzubringen, die in der Digitalen Transformation mitunter noch am Anfang stehen.



**Dr. Thomas Kley**  
Institut für Innovationsforschung und -management  
thomas.kley@w-hs.de



Abb. 1:

Neuer Forschungsverbund „KI-basierte Methoden zur Unterstützung von Meinungsbildung und Partizipation“ (©Daimler und Benz Stiftung\_elenabsl)

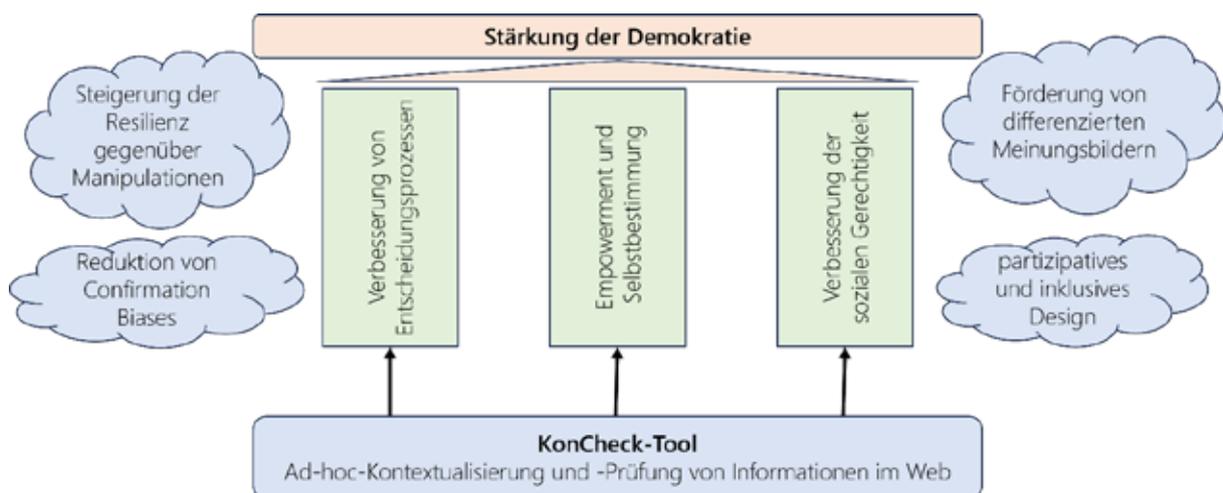


Abb. 2:

Fokus des Projekts KonCheck

Der Fokus des Projekts richtet sich insbesondere darauf, wie

- durch derartige Werkzeuge Entscheidungsprozesse weniger polarisiert stattfinden können und sowohl Falschwissen als auch sog. „confirmation biases“ reduziert werden (**Verbesserung von Entscheidungsprozessen**),
- sich Menschen in ihrer politischen Meinungsbildung weniger von einzelnen Meinungsmachern abhängig machen und in ihrer Resilienz gegenüber Manipulation stärken können (**Empowerment und Selbstbestimmung**),
- durch die besondere Fokussierung auf vulnerable Gruppen insbesondere auch **soziale Gerechtigkeit** durch politische Teilhabe gefördert wird, und
- letztlich eine differenzierte politische Meinungsbildung insgesamt gefördert wird und damit Partizipationsfähigkeit in Wahlen und weiteren demokratischen Prozessen und Mechanismen gesteigert wird (**Stärkung der Demokratie**).

**Daimler und  
Benz Stiftung**

# KI-basierte Methoden zur Unterstützung von Meinungsbildung und Partizipation

Die politische Meinungsbildung und damit eine der Grundlagen für eine demokratische Gesellschaft war in den letzten Jahren großen Änderungen unterworfen. Die resultierende Vielfalt an Akteuren, Medien, Effekten aus Filterblasen und Echokammern sowie eine gestiegene Fragmentierung der politischen Parteienlandschaft führen zu Unübersichtlichkeit und Polarisierung. Dies stellt eine Herausforderung für die aktive und positiv erlebte Partizipation und fundierte politische Meinungsbildung der Bürger:innen dar. Nachrichten und Informationen im Internet beeinflussen maßgeblich die politische Partizipation von Bürger:innen. Ob und wen Bürger:innen wählen, hängt von den Informationen ab, die sie rezipieren.

Durch die Fragmentierung in verschiedenste Anbieter (soziale Medien, InfluencerInnen, klassischer Journalismus, Instant-Messaging-Dienste) variiert die Art und Weise der Darstellung. Vielfach werden Informationen kontextfrei und ohne Quellen dargestellt, sodass Bürger:innen keine direkte Möglichkeit haben, diese Informationen zu kontextualisieren und zu prüfen. Durch bewusste Manipulation und Falschdarstellung von Informationen, durch verzerrte oder auch fabrizierte Inhalte werden demokratische Prozesse wie politische Meinungsbildung und freie Wahlen untergraben.

Auf Basis dieser Problemanalyse sind insbesondere zwei Aspekte von zentraler Relevanz, um politische Partizipation überhaupt zu ermöglichen. Diese zielen darauf ab, die Selbstbestimmtheit der Bürger:innen zu stärken, hinsichtlich deren Fähigkeit:

- politisch relevante Informationen zu **kontextualisieren**, diese also bereits bei der Rezeption einzuordnen und bewerten zu können;
- politisch relevante Informationen zu **prüfen**, auf ihre Vertrauenswürdigkeit zu untersuchen und KI-generierte Falschinformationen zu erkennen.

Das Vorhaben wird diese beiden zentralen Aspekte *Kontextualisierung* und *Prüfung* durch ein technologisches Werkzeug, das KonCheck-Tool, adressieren, welches in der Projektlaufzeit entwickelt und erprobt werden soll.

## Ziele

Das zu erforschende KonCheck-Tool wird im Rahmen des Projekts konzipiert, entwickelt und im Feld erprobt, wobei die technische Entwicklung eingerahmt und geleitet wird durch die sozial- und kommunikationswissenschaftliche Forschung im Projekt. Hierdurch werden zielgruppenspezifische Bedarfe und Herausforderungen sowie abwehrensensible Gestaltungsmöglichkeiten identifiziert, eine hohe Endnutzer:innen-Akzeptanz gefördert und die antizipierten Effekte der Nutzung geprüft.

Als Untersuchungsgegenstand für die technische Entwicklung des KonCheck-Tools sowie für die darauf aufbauende sozial- und kommunikationswissenschaftliche Forschung dienen regionale und überregionale Wahlen innerhalb Deutschlands. Konkret sollen zunächst zugehend auf die Kommunalwahlen 2025 in Nordrhein-Westfalen sowie die Bundestagswahl 2025 wahlentscheidende Themen, die besonderen Fokus erfordern und die Ausgestaltung des KonCheck-Tools und die empirischen Fragestellungen im Vorhaben leiten, analysiert und systematisiert werden. Auf dieser Basis sollen dann mittels Längsschnittuntersuchungen die Wirkungsweise und Wirkeffekte des KonCheck-Tools im Vorfeld, während und nach der Landtagswahl 2027 in NRW im Detail untersucht werden.

In der Praxis bedeutet die Umsetzung der Ziele unter anderem, dass eine höhere Toleranz gegenüber abweichenden Meinungen gefördert wird, dass die Meinung und politische Einstellung über die Nutzungsdauer des KonCheck-Tools insgesamt differenzierter wird und parallel die Bereitschaft steigt, sich mit gegensätzlichen Meinungen auseinanderzusetzen, diese anzuerkennen oder in das eigene Meinungsbild zu integrieren.

Benutzer:innen werden befähigt, manipulierte Inhalte und Fake News zu erkennen, zudem wird deren Einfluss auf das eigene Meinungsbild reduziert.

## Lösungsansatz

Im Vorhaben wird das softwarebasierte Werkzeug KonCheck-Tool entwickelt (z. B. Smartphone-App), welches mit Hilfe von neuen KI-Methoden und Bedienkonzepten Folgendes ermöglicht:

- **Kontextualisierung von Informationen** (Nachrichten, Social-Media-Beiträge), indem Benutzer:innen flexibel ganze Webseiten oder konkrete Inhalte ad-hoc markieren können, um mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz Kontextinformationen sowie mögliche weiterführende Quellen zu finden. Dies kann z. B. mittels großer Sprachmodelle, u. a. (GPT-4, Llama, Claude 3, BERT, etc.), geschehen, um mehrdeutige Sprache in Texten zu verstehen.
- **Prüfung auf Korrektheit und Vertrauenswürdigkeit von Informationen** (Nachrichten, Social-Media-Beiträge), indem markierte Inhalte KI-basiert automatisiert auf Manipulationen überprüft werden und sich diese Ergebnisse mit crowd-basierten Bewertungen vergleichen lassen.



**Prof. Dr. Tobias Urban**  
Institut für Internet-Sicherheit  
urban@internet-sicherheit.de

## Projektinformationen //

Fördergeber: Daimler-Benz-Stiftung  
Förderformat: „Ladenburger Kolleg“  
Dauer: 3 Jahre  
Volumen: 243.400 €

## Projektstruktur

Das Projekt setzt sich zusammen aus sechs Innovationsbereichen und zwei Querschnittsbereichen, die für alle Themen relevant sind. Neben den Forschenden der WH arbeitet URBAN.KI eng mit zahlreichen Partnern zusammen, um die komplexen Fragestellungen und Themen im Projekt anzugehen. Dazu zählen das dfki - Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Fraunhofer FOKUS - Institut für Offene Kommunikationssysteme, Fraunhofer IAIS - Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme und PROSOZ Herten. Diese ergänzen die KI-Kompetenzen der Westfälischen Hochschule in den verschiedenen Innovationsbereichen des Projekts.

Die Innovationsbereiche, denen sich URBAN.KI widmet, wurden mit den Partnern im Vorfeld der Projektentwicklung diskutiert und festgelegt. Diese sind im Einzelnen:

- **KI für Stadtplanung & (geo-)datenbasierte Infrastrukturen:**  
Verbesserung städtischer Planungsprozesse durch KI-Technologien, etwa die Aktualisierung von Katasterdaten und die Erstellung von Zustandskarten sowie klima- und umweltbezogene Analysen durch die Erkennung von Vegetations- und Versiegelungsarten.
- **KI für Mobilitätsplanung & -steuerung:**  
Optimierung der Verkehrssteuerung durch die Integration von Fernerkundungs- und Crowddaten, um Staus und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern.
- **KI für Umweltplanung, Klimaschutz & Klimafolgenanpassung:**  
KI-gestützte Auswertungen von Fernerkundungsdaten ermöglichen die Analyse kommunaler Liegenschaften und die Anpassung von Infrastrukturen an den Klimawandel. Diese Technologien fördern eine gezielte Planung von Klimaschutzmaßnahmen.
- **KI für Gebäude, Ver- & Entsorgung:**  
Verbesserung der Verwaltung und Analyse von Gebäudestrukturen sowie der Ver- und Entsorgung durch KI-Technologien.
- **KI für Bevölkerungsschutz & zivile Sicherheit:**  
Unterstützung von Einsatzkräften durch KI-gestützte Systeme und robotische Technologien, die die Datenanalyse und Entscheidungsfindung bei Rettungseinsätzen verbessern. Prototypen und Demonstrationsplattformen fördern den Wissenstransfer und steigern die Effizienz in Krisensituationen.
- **KI für Verwaltungsprozesse & öffentliche Dienstleistungen:**  
KI-basierte Anwendungen steigern die Effizienz öffentlicher Dienstleistungen und ermöglichen benutzerfreundliche und umfassendere Interaktionen mit Bürgerinnen und Bürgern, etwa durch konversationale Schnittstellen und Sprachassistenten. Dies fördert die Zufriedenheit mit und die Zugänglichkeit zu öffentlicher Verwaltung.

## Förderlogos

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# URBAN.KI

Drei Fachbereiche, sechs Professorinnen und Professoren - URBAN.KI ist ein interdisziplinäres Projekt an der Westfälischen Hochschule mit großer Schlagkraft und hohem Innovationspotenzial. Über 130 Kommunen in ganz Deutschland haben Interesse an dem Projekt bekundet.

Ziel ist es, Künstliche Intelligenz (KI) gezielt in Städten und Gemeinden einzusetzen, um urbane Herausforderungen durch innovative Technologien zu bewältigen, die Lebensqualität zu verbessern, Prozesse effizienter zu gestalten und nachhaltige Lösungen für urbane Räume zu entwickeln. Dieser Bericht bietet einen Überblick über Struktur, Ziele und Inhalte des Projekts, das durch die Stadt Gelsenkirchen initiiert wurde und durch das MPSC-Programm (Modellprojekte Smart City) des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen gefördert wird.

## Projektziele und Vision

URBAN.KI versteht sich als deutschlandweite KI-Initiative für Kommunen mit dem Ziel, durch innovative Technologien einen positiven Beitrag zur städtischen Entwicklung zu leisten. Dazu will es die Potenziale von KI-Forschung für kommunale Anwendungen nutzen, um so innovative, effektive und effizientere Prozesse und Lösungen für Fragestellungen der öffentlichen Verwaltung und in kommunalen Unternehmen zu ermöglichen. Ein Schwerpunkt liegt auf der nachhaltigen Optimierung kommunaler Dienstleistungen, um den Herausforderungen des demographischen Wandels, des Arbeitskräftemangels und der Digitalisierung zu begegnen. Dadurch sollen Wachstumspotenziale gestärkt und eine zukunftsorientierte Entwicklung von Kommunen bundesweit gefördert werden. Die erste Förderphase bis Ende 2025 dient dazu, das Projekt voranzutreiben und eine bundesweite Ausstrahlung zu erzielen.

## Verantwortliche an der WH



### Leitungsgremium

**Prof. Dr. Christian Kuhlmann**  
Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften  
christian.kuhlmann@w-hs.de



### Leitung Programmmanagement

**Prof. Dr. Tobias Urban**  
Fachbereich Informatik und Kommunikation  
Institut für Internet-Sicherheit  
urban@internet-sicherheit.de



### Leitungsgremium

**Prof. Dr. Julia Frohne**  
Fachbereich Informatik und Kommunikation  
Institut für Journalismus und Public Relations  
julia.frohne@w-hs.de



**Prof. Dr. Hartmut Surmann**  
Fachbereich Informatik und Kommunikation  
hartmut.surmann@w-hs.de



### Leitungsgremium

**Prof. Dr. Karin Küffmann**  
Fachbereich Wirtschaft  
karin.kueffmann@w-hs.de



**Prof. Dr. Norbert Pohlmann**  
Fachbereich Informatik und Kommunikation  
Institut für Internet-Sicherheit  
pohlmann@internet-sicherheit.de

## Querschnittsthemen

Neben den Innovationsbereichen haben wir zwei Bereiche identifiziert, die für alle Projekttypen relevant sind. Diese sogenannten Querschnittsthemen sind:

- **Datenräume und ML-Plattform:**  
Entwicklung und Verwaltung zentraler Datenräume für die IT-gestützte kommunale Datenverwaltung. KI-gestützte Auswertungen optimieren städtische Dienstleistungen und tragen zur Effizienzsteigerung bei.
- **IT-Sicherheit, Datenschutz und Vertrauenswürdigkeit:**  
Unterstützung in IT-Sicherheit, Datenschutz und Vertrauenswürdigkeit, einschließlich Sicherheitsbewertungen von KI-Anwendungen und ethischen Implikationen. Ziel ist die Entwicklung sicherer und gesetzeskonformer KI-Anwendungen.

## Aktueller Stand und Ausblick

URBAN.KI befindet sich in der Phase der Ideengenerierung und Umsetzung. An der Interessensbekundung zur Innovationsinitiative nahmen im Mai 2024 mehr als 130 Kommunen teil. Es folgten Workshops und Informationsveranstaltungen, um den interessierten Kommunen zu helfen, ihre Projektideen zu verfeinern und auf die Umsetzung vorzubereiten. Einen detaillierten Steckbrief für die mögliche Teilnahme reichten bis Ende August 2024 mehr als 60 Kommunen ein. Derzeit werden diejenigen Projekte ausgewählt, die dann bis Ende 2025 als sogenannte Use Cases intensiv weiterentwickelt und idealerweise bis zur Projektreife gebracht werden sollen. Der Fokus liegt auf der Entwicklung praxistauglicher, nachhaltiger und übertragbarer Lösungen. Die Ergebnisse werden Open Source zur Verfügung gestellt, so dass andere Kommunen darauf zugreifen und die Lösungen implementieren bzw. Weiterentwickeln können. URBAN.KI setzt damit neue Maßstäbe für urbane Entwicklung durch den Einsatz von KI.

## Projektinformationen //

Förderung:  
Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB)  
Volumen: ca. 4,7 Mio. Euro  
Dauer April 2024 – Dezember 2025

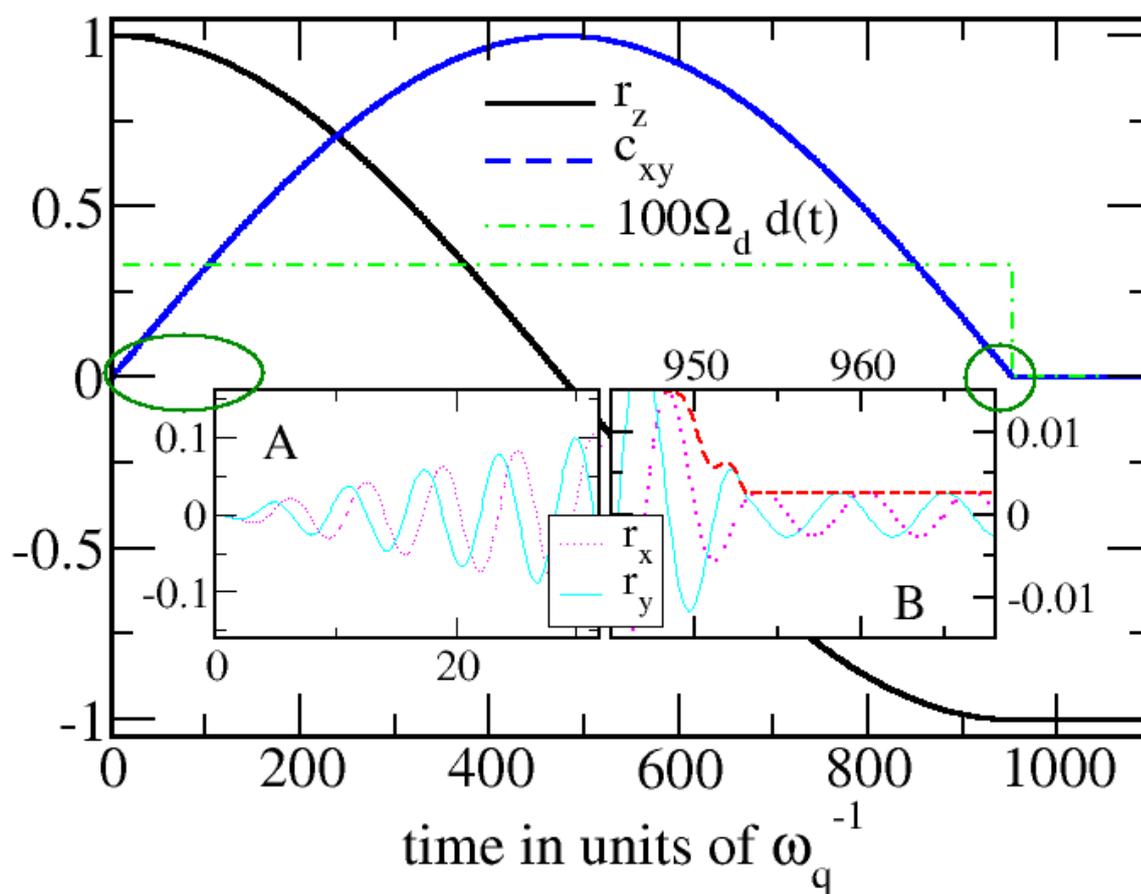


Abb.1:

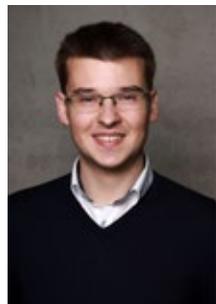
Numerical experiment results of a  $\pi$ -pulse using a square pulse profile, showing population inversion from  $r_z=1$  to  $r_z=-1$  (depicted by the black full line). The coherence amplitude  $c_{xy}$ , represented by the blue dashed line, starts at zero and ideally should return to zero at the pulse's conclusion at time  $953 \omega_q^{-1}$ . Despite this expectation, finite coherence at the pulse end highlights a coherent error, as detailed in inset B. Oscillations of  $r_x$  and  $r_y$  with frequency  $\omega_q$  are shown in inset A. The amplitude of the square pulse (green dot-dashed line), scaled up by a factor of 100 for visibility, is shown in units of  $\omega_q$ . Time is measured in units of  $\omega_q^{-1}$ , providing a scale for the temporal dynamics involved.

# Der Einfluss von Rauschen auf Quantendynamik

## Die ersten Schritte der Quantencomputer verstehen lernen

Derzeitige Implementierungen von Quantencomputern können nur sehr kurze Programme/Rechnungen ausführen, da durch störende Umgebungseinflüsse die für die Funktionsfähigkeit wichtige Quantenkohärenz zu schnell nach Ausführungsstart verloren geht. Sowohl Ursprung als auch konkrete Wirkungsweise dieser Störeinflüsse ist bisher nur unzureichend verstanden. Die weitere Entwicklung der Quantencomputer hängt aber maßgeblich davon ab, diese zu minimieren.

Insbesondere Störfaktoren, die durch Fluktuationen im niederfrequenten Bereich (1/f-Rauschen) dominiert werden, scheinen für den Verlust der Quantenkohärenz verantwortlich zu sein. Solche Störeinflüsse können nicht nur die Quantenkohärenz stören, sondern, wenn die Störungen stark genug sind, eben die Qubits des Quantencomputers einfrieren. Dann ist überhaupt keine Berechnung möglich. Das Spin-Boson-Modell erlaubt die theoretische Untersuchungen zum Einfluss dieser Einflüsse auf Qubits. Hierin waren bisher drei Phasen der Dynamik bekannt: 1. gedämpfte kohärente Dynamik, wo zumindest für eine kurze Zeit Rechnungen möglich sind, 2. überdämpfte Dynamik, wo zumindest eine Systeminitialisierung stattfinden kann und 3. Lokalisierung, wo die Qubits nichts mehr tun können.



**Florian Otterpohl,  
M. Sc.**

I. Institut für Theoretische Physik, Universität Hamburg  
florian.otterpohl@physnet.uni-hamburg.d



**Prof. Dr.  
Peter Nalbach**

Fachbereich Wirtschaft und Informationstechnik, Westfälische Hochschule  
peter.nalbach@w-hs.de



**Prof. Dr.  
Michael Thorwart**

I. Institut für Theoretische Physik, Universität Hamburg  
michael.thorwart@physik.uni-hamburg.de

### Ziele des Projekts

Ein Ziel des Projekts war eine Beschreibung der Dynamik des Qubits bei sehr starken Störeffekten, also des genauen Ablaufs wie die Qubits einfrieren. Insbesondere das Quanten-1/f-Rauschen konnte bisher nicht untersucht werden. Aber auch der Einfluß von atomaren Gitterschwingungen (super-Ohmsches Rauschen) sollte geklärt werden.

In diesem Projekt haben wir nun die numerisch-exakte time-evolving matrix product operator(TEMPO)-Methode weiterentwickelt, um den Einfluß starken Quanten-1/f und super-Ohmschen Rauschens auf die Dynamik eines Qubits zu untersuchen. Wir konnten das Phasendiagramm in diesem relevanten Teil des Störungsspektrums vervollständigen und eine empirische Beschreibung der Dephasierung entwickeln. Die Ergebnisse dieses Kooperationsprojekts zum super-Ohmschen Rauschen sind im Journal Physical Review A veröffentlicht. Die Ergebnisse zum 1/f-Rauschen wurden beim Journal Physical Review Letters zur Veröffentlichung eingereicht und befinden sich derzeit in der Begutachtung.

Technische Realisierungen von supraleitenden Quantenrechnern zeigen auch große Störanfälligkeit gegen kleine Ansteuerfehler. Dies ist zuerst unerwartet, erklärt sich aber durch die Nutzung hochfrequen-

ter Ansteuerungspulse, die eine exakte Vorabbestimmung der nötigen Pulssequenzen unmöglich macht. In einem zweiten Teilprojekt haben wir mittels Simulationen, die auftretenden Ansteuerfehler bei der Präparation einzelner Qubits bestimmt. Wir konnten zeigen, wie diese kohärenten Fehler durch empirische Korrekturen der Pulsdauern und -frequenzen minimiert werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind im Journal Quantum Information Processing zur Begutachtung eingereicht und als preprint im arXiv zugänglich.

### Beteiligte Personen //

Florian Otterpohl & Michael Thorwart

I. Institut für Theoretische Physik, Universität Hamburg, Notkestr. 9, 22607 Hamburg, Germany

Vicente Leyton-Ortega

Quantum Computational Science Group, Quantum Information Science Section, Computational Sciences and Engineering Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 37831, USA

Annika S. Wiening, Jörn Bergendahl, Philipp Nacke, Peter Nalbach

Fachbereich Wirtschaft und Informationstechnik, Westfälische Hochschule, Münsterstr. 265 46397 Bocholt, Germany

### Publikationen //

NACKE, Philipp, Florian OTTERPOHL, Michael THORWART and Peter NALBACH. *Dephasing and pseudo-coherent quantum dynamics in super-Ohmic environments*.  
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.18213>

WIENING, Annika S., Jörn BERGENDAHL, Vicente LEYTON-ORTEGA and Peter NALBACH. *Optimizing Qubit Control Pulses for State Preparation*.  
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.08204>

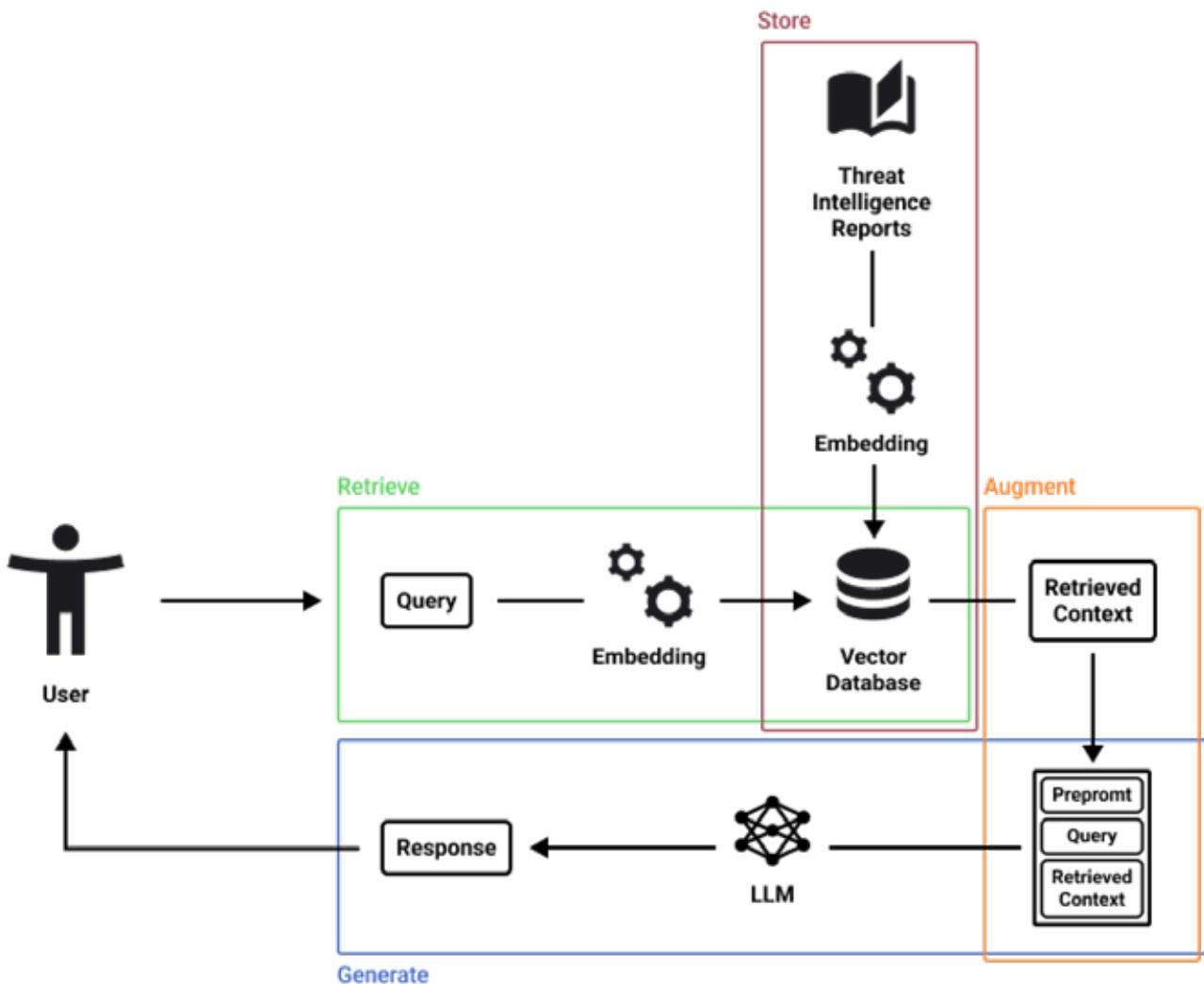


Abb. 1:  
Darstellung einer Retrieval Augmented Generation (RAG) Anwendung

Anstatt die Anfrage des Nutzers direkt durch ein LLM (Large Language Model) zu beantworten, findet mit der Eingabe zunächst eine semantische Suche in einer Vektordatenbank statt (Retrieve). Im konkreten Anwendungsszenario enthält die Vektordatenbank Inhalte aus Cyber Threat Intelligence Reports. Die Ergebnisse der semantischen Suche, in diesem Fall Ausschnitte aus Threat Intelligence Reports, werden genutzt, um die Anfrage des Nutzers mit nützlichen Informationen anzureichern (Augment). Anschließend wird mit der Eingabe des Nutzers, den Ergebnissen der semantischen Suche und einer Aufgabenbeschreibung eine Antwort durch ein LLM generiert (Generate).

Das LLM wird über die Aufgabenbeschreibung angewiesen die Anfrage des Nutzers anhand der Ergebnisse der semantischen Suche zu beantworten. Dies hat den Vorteil, dass Halluzinationen des LLMs unwahrscheinlicher werden. Ebenso können, ohne erneutes Training des LLMs, neue und aktuelle oder auch vertrauliche Informationen zur Beantwortung von Anfragen genutzt werden. Zusätzlich können auch kleinere und somit ressourcenschonende LLMs verwendet werden, da kein großer Wissensstand erforderlich ist.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# CySIRK

## Cyber Security Incident Response für KMUs

### Motivation

Deutsche Unternehmen sind zunehmend von Cyberangriffen betroffen. Aktuell befallen besonders Erpressungstrojaner Unternehmen, legen deren IT-Infrastruktur lahm und erpressen die Betreiber:innen. Oft können die Auswirkungen solcher Angriffe durch frühzeitige Erkennung und strukturierte Behandlung stark reduziert werden. Eine Erkennung und Behandlung von IT-Sicherheitsvorfällen kann mit Hilfe eines dedizierten Teams, einem sog. Security Operations Center (SOC), unter Zuhilfenahme von Werkzeugen, die das System- und Netzwerkverhalten sichtbar machen, umgesetzt werden. Im SOC werden über Security Incident and Event Management-Systeme (SIEM) umfassend Logdaten von Endpunkten, Servern und Netzwerkgeräten gesammelt, um sicherheitsrelevante Events zu erkennen und zu korrelieren. Konkrete Maßnahmen zur Incident Response werden über Security Orchestration Automation and Response-Systeme (SOAR) zentral eingeleitet und überwacht. Während dies in Großunternehmen häufig umgesetzt ist, scheitern viele KMUs an dieser Stelle. Das liegt vornehmlich an den beträchtlichen Ressourcen, die ein SOC im 24/7-Betrieb oder in Rufbereitschaft mit qualifiziertem Personal bedarf.

### Ziele und Vorgehen

Das Projekt "Cyber Security Incident Response für KMUs (CySIRK)" adressiert diese Problemstellung und besteht aus den beiden Komponenten CySIRK Live und CySIRK Labs. CySIRK Live soll Intrusion Detection und Incident Response bei KMUs über ein Managed SOC-Konzept (MSOC) anbieten, bei dem der Industriepartner nicos AG als Managed Security Service Provider (MSSP) Dienste bereitstellt.

KMUs integrieren diese MSOC-Plattform in ihrer IT-Infrastruktur und binden Endpunkte, Server und Netzwerkgeräte an. Das MSOC sammelt und aggregiert die Events über ein integriertes SIEM-System und gibt Alarmer an das zentrale Managing SOC der nicos AG weiter. Im nicos SOC werden im 24/7-Betrieb Alarmer gesichtet und ggf. erste Incident Response-Maßnahmen über das MSOC eingeleitet.

CySIRK Labs wird betrieben vom Institut für Gesellschaft und Digitales (GUD) der FH Münster und dem Institut für Internet-Sicherheit if(is) der Westfälischen Hochschule und bündelt Expertenwissen aus Cybersicherheit, Intrusion Detection und Incident Response mit Expertenwissen zu Data Science und maschinellem Lernen. Hier werden Forschungsfragen bearbeitet, die zum Gelingen der von CySIRK Live angebotenen Dienste notwendig sind oder diese signifikant verbessern.

### Innovationen und Perspektiven

Durch CySIRK sollen sich KMUs weiterhin auf ihre Kernexpertise konzentrieren und die Erkennung von Cyberangriffen an Experten auslagern können. Der CySIRK-Ansatz mit seiner hierarchischen SOC-Architektur, bei der die Datenhoheit bei den KMUs bleibt und Incident Response-Policies für die Unternehmen maßgeschneidert werden ist neuartig in Wissenschaft und am Markt.

Im Kern des Projekts steht einerseits als vordergründig technisches Arbeitsziel und zentrale Innovation der Aufbau eines mehrmandantenfähigen SIEM- und SOAR-Systems, das es KMUs erlaubt, Ereignisse und Alarmer in einem MSOC eines IT-Sicherheitsanbieters zu aggregieren. Um dieses Ziel zu erreichen, werden andererseits die folgenden maßgeblich wissenschaftlichen Ziele verfolgt, welche die zweite zentrale CySIRK-Innovation darstellen. Mittels Verfahren der Data Science und maschinellen Lernens soll schadhaftes Verhalten in SIEM-Massendaten identifiziert und wiedererkannt werden. Ebenso sollen Analysierende bei der Intrusion Detection und Angreifer-Verfolgung unterstützt werden, indem automatisch Indikatoren und Tactics, Techniques and Procedures (TTPs) mit SIEM-Ereignissen verglichen werden. Um einen Überblick über die Bedrohungslandschaft zu behalten, ist es essenziell Wissen aus Threat Intelligence Reports zu aggregieren und zu korrelieren. Hierbei werden Analysierende durch die Nutzung von Large Language Models (LLMs) und Retrieval Augmented Generation (RAG) unterstützt. Dabei ist insbesondere die Evaluation von RAG-basierten Verfahren aktueller Forschungsgegenstand.

### Projektinformation //

Das 4-jährige Verbundvorhaben CySIRK ist eine Kooperation der Arbeitsgruppe um Prof. Dietrich des Instituts für Internet-Sicherheit an der Westfälischen Hochschule, der FH Münster und der nicos AG. Das Teilvorhaben der Westfälischen Hochschule wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 13FH101KB1 mit insgesamt rund 330 TEUR und von der nicos AG mit rund 50 TEUR gefördert.

Weitere Informationen finden Sie auch unter <https://threatlab.if-is.net>



**Raphael Springer**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
raphael.springer@  
w-hs.de



**Prof. Dr.  
Christian Dietrich**  
Institut für Internet-  
Sicherheit  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
christian.dietrich@  
w-hs.de

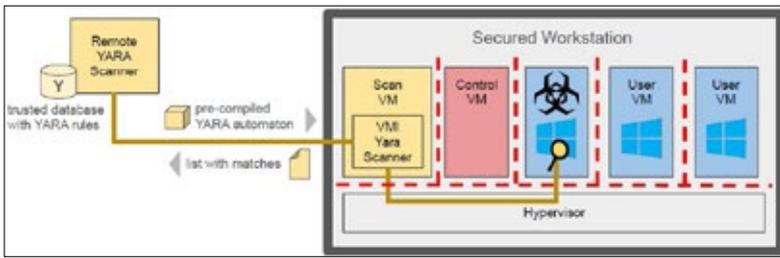


Abb. 1: Virtualisierung schützt die VMI-Sicherheitssoftware (hier: YARA-Scanner) vor Angriffen durch die Schadssoftware

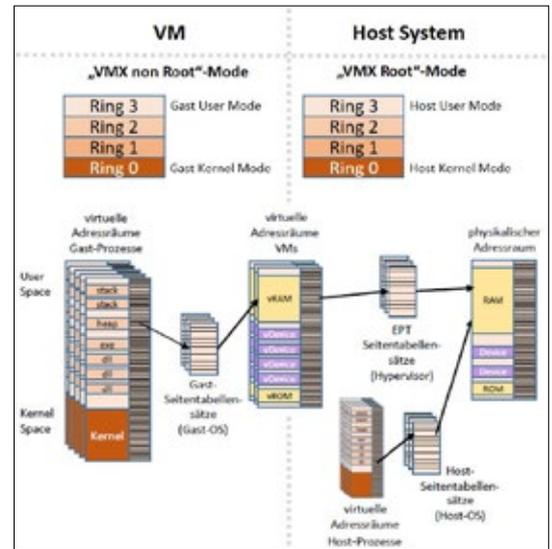


Abb. 2: Schutzmodi und Adressräume in virtualisierten x86-Systemen

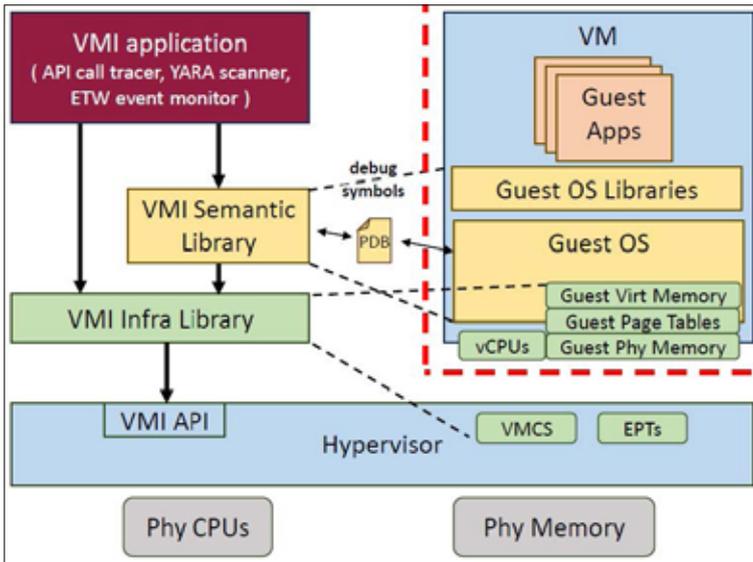


Abb. 3: Komponenten eines VMI-Systems

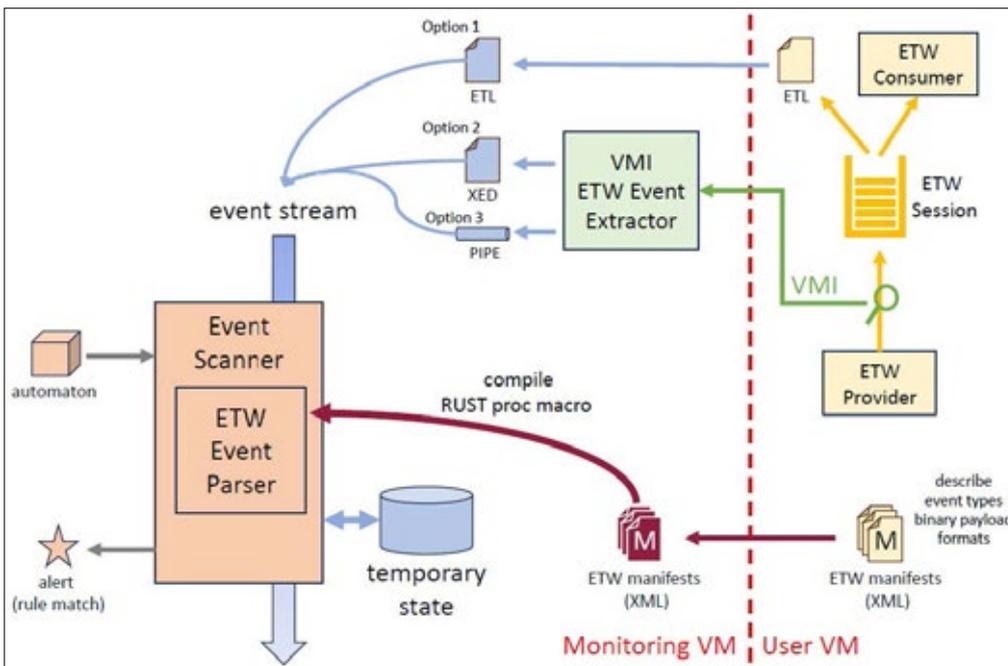


Abb. 4: VMI-basierte Verhaltensüberwachung der User-VM durch Abgreifen von ETW-Ereignissen (ETW: Event Tracing for Windows)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung

# Hypervisor-basierter Angriffsschutz für virtualisierte Endpunktsysteme

## Motivation

Cyberangriffe stellen eine erhebliche und stetig wachsende Gefahr für Unternehmen und Behörden dar. Aus dem Grund sind proaktive und präventive Sicherheitsmechanismen nach wie vor ein sehr wichtiger Pfeiler in der Architektur sicherer IT-Systeme. Sie sollen konzeptionell verhindern, dass ein böses Eindringen in Computersysteme möglich ist. Die praktische Umsetzung der präventiven Mechanismen ist jedoch lückenhaft und bietet keine vollumfassende Sicherheit, zu erkennen an täglich stattfindenden Cyberangriffen auf Unternehmen und Behörden. Um dem Problem zu begegnen, gehören zu einer guten IT-Sicherheitsarchitektur auch die reaktiven Methoden, mit denen Angriffe erkannt werden sollen, während sie passieren. Durch entsprechende Reaktionen können so größere Schäden verhindert werden. Endpunkt Detection and Response (EDR) stellt eine sinnvolle Umsetzung einer reaktiven Sicherheitslösung dar, wie sie in vielen Organisationen eingesetzt wird. Die EDR-Software ist auf den Client-Computern (Endpunkten) installiert und überwacht das Verhalten auf Auffälligkeiten, die auf einen Angriff hindeuten und versucht diesen zu unterbinden. Die Verhaltensinformationen der Endpunkte werden übergeordnet aggregiert, um eine verbesserte Erkennung innerhalb der Organisation zu gewährleisten. Die Sensorik heutiger EDR-Systeme ist vorrangig im Kernel der Betriebssysteme angesiedelt (Sicherheits-Treiber). Sollte es Angreifern gelingen, Systemrechte zu erlangen und schadhafte Code im Kernel-Kontext ausführen, kann die Funktionalität dieser EDR-Systeme maßgeblich beeinträchtigt oder sogar ganz abgeschaltet werden. In der Folge könnten weitere Cyberangriffe unerkannt ausgeführt werden. Unsere Analysen haben gezeigt, dass moderne Schadsoftware und fortschrittliche Angreifer (APTs) zunehmend versuchen in den Betriebssystem-Kernel einzudringen und vorhandene EDR-Software zu stören.

## Ziele und Vorgehen

Im Vorhaben „Hypervisor-basierte Einbruchserkennung, -reaktion und -prävention für Endpunktsysteme (HypErSIS)“ beschäftigt sich das Projektteam mit der Absicherung von virtualisierten Endpunkten mittels Hypervisor-basierten Erkennungsmethoden. Virtualisierte Endpunkte sind Client-Computer, auf denen ein Hypervisor ausgeführt wird, der eine oder mehrere Virtuelle Maschinen (VMs) hostet, welche die eigentlichen Nutzsyste (meist Windows-basiert) sind, mit denen die Nutzer arbeiten. Die Sensorik soll bei dem in HypErSIS verfolgten Ansatz außerhalb der Nutz-VMs in der vertrauenswürdigen Hostumgebung verankert werden. Die Virtualisierung stellt an dieser Stelle eine sichere Isolationsschicht dar. So sind die innerhalb der VMs auftretenden Angriffe nicht mehr in der Lage, die außerhalb implementierten Erkennungsmechanismen abzuschalten. Selbst ein Vordringen von Schadsoftware in die Betriebssystem-Kernel der virtualisierten Systeme kann verlässlich erkannt und unterbunden werden. Da die Nutzer an den VMs arbeiten und nur diesen Zugang zu nicht vertrauenswürdigen externen Ressourcen besitzen (z. B. Internetzugang) sind nur die Nutz-Systeme in den VMs gefährdet, von Schadsoftware infiziert zu werden. Um eine Sensorik zu realisieren, welche in der Lage ist, Vorgänge innerhalb der VMs zu überwachen und schadhafte Verhalten zu erkennen, muss der Systemzustand innerhalb der VMs aus dem von außen zu beobachtenden Hauptspeicherinhalten interpretiert werden. Dieser Aspekt stellt eine große Herausforderung im Projekt dar. Das Problem wird als

„Semantic Gap“ bezeichnet und Lösungsmethoden fallen in die Forschungsdomäne der Virtual Machine Introspection (VMI). Lösungen für Teilprobleme sind aus der digitalen Hauptspeicherforensik bekannt, welche ebenfalls mit dem „Semantic Gap“-Problem umgehen muss. Daher soll unter anderem untersucht werden, wie bereits bekannte Verfahren auf die Basisfunktionen einer Virtualisierungsplattform abgebildet werden können. Darüber hinaus wird die Virtualisierungstechnologie selbst auf neue Fähigkeiten, aussagekräftigere Sensordaten zu liefern, hin erforscht.

## Innovationen und Perspektiven

Da Hypervisor-basierte Technologie immer häufiger eingesetzt wird, ist auch der Ausbau von Know-how, diese zum Schutz von IT-Systemen einzusetzen, von hoher Bedeutung. Die Ergebnisse des Projekts sollen vorerst dazu beitragen, die Sicherheit in Windows-basierten virtualisierten Endpunkten signifikant zu erhöhen. Zukünftig ist jedoch denkbar, die gewonnenen Erkenntnisse auf andere Plattformen und Architekturen zu übertragen. Hypervisor-basierte Technologie bildet die Basis für die allgegenwärtige Virtualisierung in Rechenzentren und in der Cloud. Auch in diesen Wachstumsbereichen besteht ein Bedarf an Hypervisor-basierten VMI-Sicherheitslösungen. Ergebnisse dieses Projektes können perspektivisch auch die Sicherheit im Cloud-Computing erhöhen.

Darüber hinaus soll durch das Projekt ein Wissenstransfer der grundsätzlichen Erkenntnisse zum Einsatz von Virtualisierungstechnologie und der damit realisierten Sicherheitslösungen in Wirtschaft und Forschung stattfinden. Auf diese Weise trägt das Projekt HypErSIS zur Sicherheit von Unternehmens- und Behördennetzwerken und der Stärkung des Hochtechnologiesektors in Deutschland bei.



Mitwirkende in HypErSIS: A. Schmitz, C. Dietrich, A. Leinweber, M. Gudel, E. Winterstein, A. Karazon, S. Rudi

### Kontakt:

**Prof. Dr. Christian Dietrich**  
Institut für Internet-Sicherheit  
Fachbereich Informatik und  
Kommunikation  
christian.dietrich@w-hs.de

### Projektinformation //

Das 3-jährige Verbundvorhaben HypErSIS ist eine Kooperation der Arbeitsgruppe um Prof. Dietrich des Instituts für Internet-Sicherheit der Westfälischen Hochschule und Cyberus Technology GmbH. Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 16KIS1746 mit insgesamt rund 1,66 Mio. EUR gefördert.

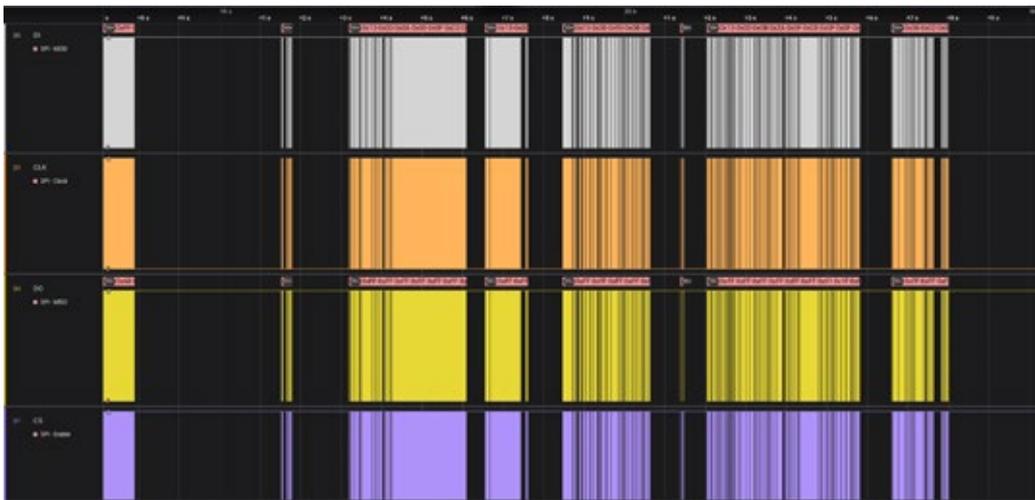


Abb. 1:  
Mitschnitt des SPI-Verkehrs zwischen Flashspeicher und Mikrocontroller

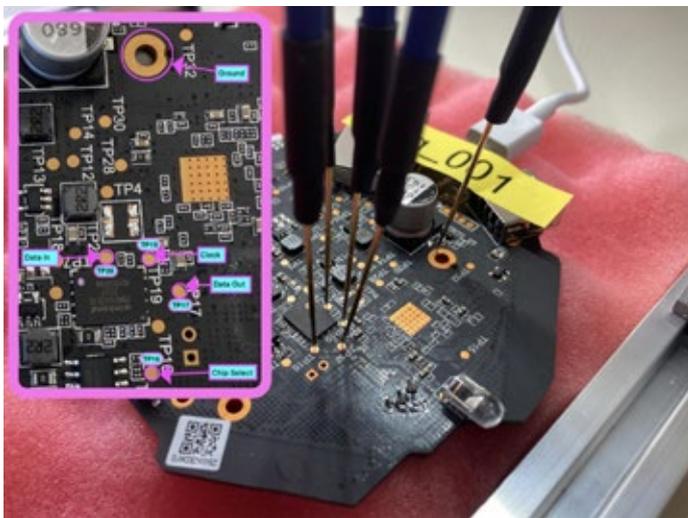


Abb. 2:  
Sicherung einer Systemzentrale via SPI-Sniffing

GEFÖRDERT VOM



### Zigsniff

#### Geräte (11)

Visuelle Aufbereitung der Geräte in den Netzwerken.

Geräteinformationen (durch Anklicken anzeigen)

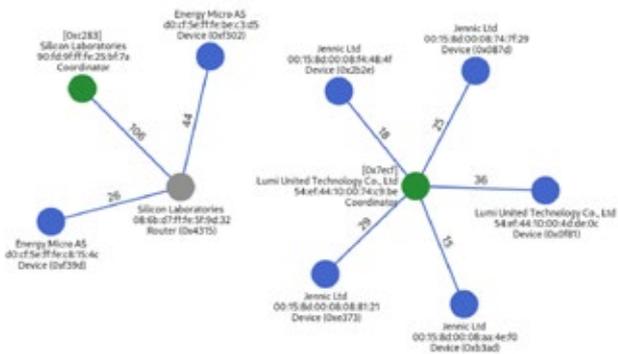


Abb. 3:  
Visuelle Darstellung von Zigbee-Netzen in der Umgebung mit Zigsniff

# IoTFor

## Technische Verfahren zur digitalforensischen Untersuchung von IoT-Systemzentralen

### Motivation

Im Forschungsverbundprojekt IoTFor kooperierten der Zentralen Kriminaldienst (ZKD) der Polizeidirektion Hannover und die Arbeitsgruppe von Prof. Dietrich am Institut für Internet-Sicherheit der Westfälischen Hochschule, um forensische Aspekte von Smart-Home-Geräten zu beleuchten. Der Trend zum Smart Home hat zur Folge, dass in privaten Wohnungen und Häusern zunehmend digital vernetzte Geräte Einzug halten, die über das Internet der Dinge (Internet-of-Things, IoT) sowohl untereinander als auch nach außen kommunizieren. Über die damit einhergehenden neuen Möglichkeiten zur Bedienung von z. B. Haushaltsgeräten können mittels IoT-Geräten Türschlösser betätigt, Stromkreise aktiviert, aber auch Bewegungen und Geräusche aufgezeichnet werden. Dabei werden etwaige Aktionsdaten möglicherweise in den Systemzentralen abgespeichert, finden sich aber auch in den Kurzzeitspeichern der IoT-Geräte selbst. Ist ein Tatverlauf zu rekonstruieren oder ist ein polizeilicher Zugriff erforderlich, so gilt es, diese IoT-Geräte zu sichern und etwaige Spuren zu finden und auszuwerten.



**Joel Taddey**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
joel.taddey@  
w-hs.de



**Prof. Dr.  
Christian Dietrich**  
Institut für Internet-  
Sicherheit  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
christian.dietrich@  
w-hs.de

### Ziele und Vorgehen

Im Gegensatz zu klassischen IT-Geräten, wie PCs, Laptops und Smartphones, bieten IoT-Devices häufig keine direkte Schnittstelle zur Interaktion mit dem jeweiligen Nutzer, etwa über Bildschirme und Eingabegeräte. Auch für fachkundige Anwender sind diese Geräte bei rein äußerlicher Betrachtung oft nicht ohne weiteres von analogen Alltagsgegenständen zu unterscheiden. Im Rahmen von IoTFor wurden deshalb Methoden zum Aufspüren und Klassifizieren von IoT-Geräten mit dem Ziel der polizeilichen Ermittlungsunterstützung und Eigensicherung untersucht. Der Fokus lag dabei auf dem Funkprotokoll Zigbee, welches von vielen Smart-Home-Geräten zur Kommunikation genutzt wird. Zusätzlich wurden Möglichkeiten zum Deaktivieren solcher IoT-Komponenten oder zum Unterbinden von deren Ansteuerung von außer-

halb untersucht. Darüber hinaus wurde die forensische Sicherung und Auswertung von bestimmten IoT-Geräten erforscht.

### Innovationen und Perspektiven

Zur Aufklärung von Straftaten gewinnen die in IoT-Komponenten aufzufindenden Datenspuren zunehmend an Bedeutung. Daher wurde zuerst ein Tool entwickelt, mit dem die Präsenz von Zigbee-Geräten in einer Umgebung festgestellt werden kann. Anschließend wurden geeignete forensische Methoden erforscht, um Zugriff auf Daten, wie z. B. Ereignisprotokolle, zu erhalten. Zudem wurde untersucht, wie die Kommunikation von Zigbee-Komponenten gestört werden kann, um im Falle eines polizeilichen Zugriffs eine bestmögliche Eigensicherung von Einsatzpersonen sowie eine umfängliche Beweissicherung gewährleisten zu können.

### Projektinformation //

Das 2-jährige Verbundvorhaben IoTFor war eine Kooperation der Arbeitsgruppe um Prof. Dietrich des Instituts für Internet-Sicherheit an der Westfälischen Hochschule, dem Zentralen Kriminaldienst (ZKD) der Polizeidirektion Hannover sowie dem assoziierten Partner Polizeiakademie Niedersachsen. Es wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 13N16428 mit insgesamt rund 390 TEUR gefördert.

Weitere Informationen finden Sie auch unter <https://threatlab.if-is.net>.



Abb. 1:  
Der KISSHome-Adapter in der ioBroker Smarthome-Umgebung

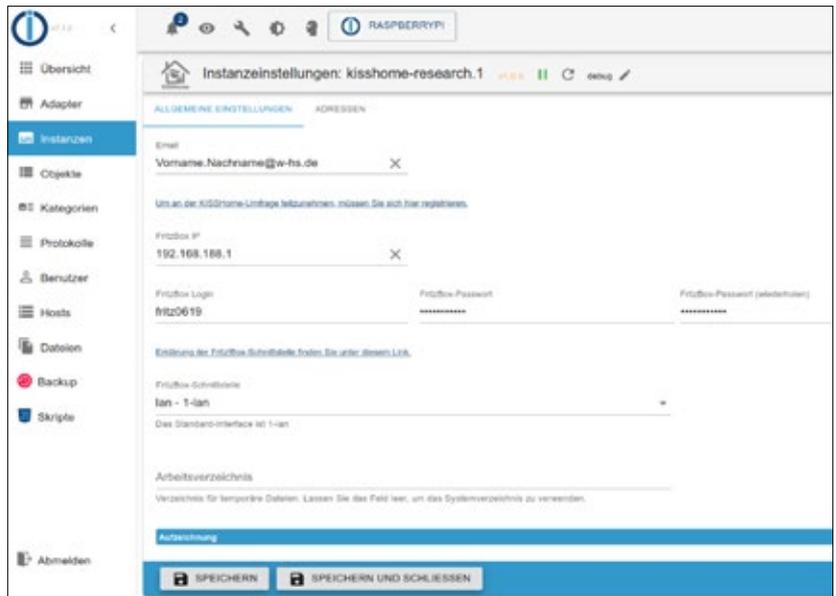


Abb. 2:  
Die Konfigurationsoberfläche des ioBroker-Adapters zur Erfassung von Smarthome-Netzwerkkommunikation

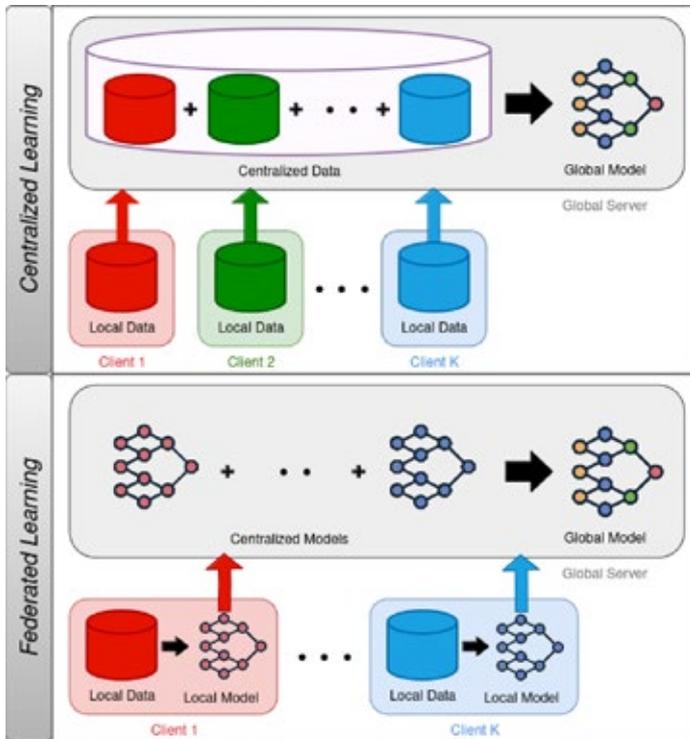


Abb. 3:  
Im klassischen Fall (Centralized Learning) werden Daten zentralisiert um ein Modell zu trainieren, während bei Federated Learning lokale Modelle trainiert und zentralisiert werden, ohne dass Daten den Klienten verlassen.

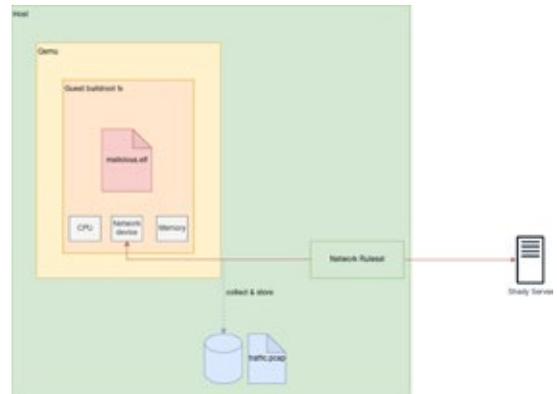


Abb. 4:  
Schematische Darstellung der QEMU-basierten Emulation zum Abgreifen des schadhafte Netzwerkverkehrs

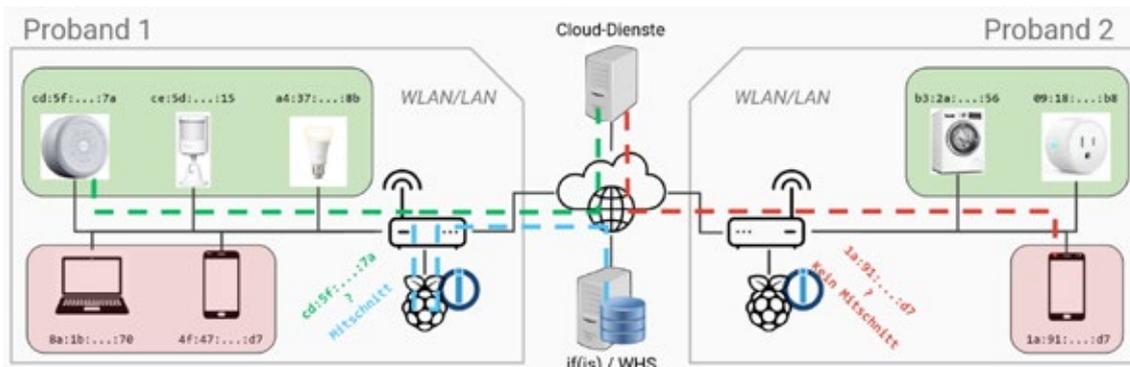


Abb. 5:  
Arbeitsweise des Adapters zum Mitschnitten des Verkehrs ausgewählter Geräte des Probanden anhand deren MAC-Adressen

# KISSHOME

## KI-gestützte und nutzerzentrierte Sicherheitslösungen im Smart Home

### Motivation

Private Haushalte besitzen zunehmend mehr internet- und netzwerkverbundene Geräte, insbesondere aus dem Bereich der Smart Homes, die mitunter unzureichend geschützt sind. Mit zunehmender Digitalisierung steigt auch das Risiko von Cyberangriffen, was den Bedarf an effektiven Sicherheitssystemen in Privathaushalten unterstreicht, um Cyberbedrohungen frühzeitig zu erkennen und darauf zu reagieren.

Bedrohungen für IoT- und Smart Home-Geräte haben während des Krieges der Russischen Föderation gegen die Ukraine an Sichtbarkeit gewonnen. Schadsoftware-Angriffe, wie solche auf Via-SAT-Endgeräte, haben erhebliche Schäden verursacht, indem sie kritische Geräte deaktivierten und die Kommunikation von Windenergieanlagen lahmlegten.



**Sofie Telöken**

Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin  
sofie.teloken@w-hs.de



**Gerhard Senkowski**

Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
gerhard.senkowski@  
w-hs.de



**Daniel Großenbach**

Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
daniel.grossenbach@  
w-hs.de



**Prof. Dr.**

**Christian Dietrich**

Institut für  
Internet-Sicherheit,  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
christian.dietrich@  
w-hs.de

Ebenfalls betroffen waren Router durch die Schadsoftware Cyclops Blink, die genutzt wurde, um Überlastungsangriffe gegen ukrainische Ziele zu unterstützen. Diese Vorfälle unterstreichen das Risiko für Bürgerinnen und Bürger in Deutschland, da die Sicherheit und Privatsphäre durch kompromittierte IoT-Geräte bedroht werden.

Diese Bedrohungen sollen agil beantwortet werden, indem Möglichkeiten zur Erkennung und Eindämmung, auch unter Evaluation von Techniken zum maschinellen Lernen (ML), eruiert werden.

### Ziele und Vorgehen

Das Projekt „KI-gestützte und nutzerzentrierte Sicherheitslösungen im Smart Home (KISSHOME)“ widmet sich dem Schutz der Heimnetzwerke von Bürgerinnen und Bürgern durch den Einsatz von lernenden Sicherheitssystemen. Dies beinhaltet sowohl die Entwicklung von Techniken und Methoden zum Privatsphäre-Schutz als auch zur verbesserten Analyse von Schadsoftware, auch unter Evaluation geeigneter ML-Algorithmen.

Ein zentraler Bestandteil unseres Forschungsansatzes ist die Entwicklung eines KI-Modells, das darauf abzielt, das Normalverhalten von IoT-Geräten in Form von Kommunikationsprofilen zu erlernen. Da viele IoT-Geräte regelmäßige Kommunikationsmuster aufweisen, soll dieses Modell Anomalien erkennen, indem es Abweichungen von diesen erwarteten Mustern identifiziert. Solche Abweichungen können auf potenzielle Sicherheitsbedrohungen wie die Ausführung aktiver Malware hinweisen und ermöglichen eine frühzeitige und präzise Intervention.

Für das Entwickeln des KI-Modells setzen wir, angesichts der datenschutzrechtlichen Sensibilitäten, die der Netzwerkverkehr in privaten Haushalten mit sich bringt,

auf den Ansatz des Federated Learning. Diese Methode erlaubt es, ML-Modelle dezentral auf den Endgeräten der Nutzerinnen und Nutzer zu trainieren, sodass die Daten nicht an einen zentralen Server übermittelt werden müssen.

In unserer Forschungsumgebung simulieren wir diesen dezentralen Trainingsprozess, indem wir Daten aus verschiedenen Umgebungen aggregieren. Zur praktischen Umsetzung dieses Ansatzes dient einerseits eine QEMU-basierte Sandbox zur Gewinnung schadhafte Netzwerkverkehrs. Parallel dazu soll ein Probandenversuch mit Bürgerinnen und Bürgern durchgeführt werden, bei dem mit einem ioBroker-Adapter realer Netzwerkverkehr in Heimnetzwerken erfasst wird. Dazu binden potentielle Teilnehmer:innen den Adapter in ihre Smarthome-Umgebungen ein.

### Innovationen und Perspektiven

Als Projektergebnis verfolgen wir eine Hybrid-Lösung in Kombination mit traditionellen signaturbasierten Verfahren, um sowohl bekannte als auch unbekannte Bedrohungen zu erkennen. Dieses soll als Open-Source-Lösung für Non-Profit-Ökosysteme kostenfrei zur Verfügung gestellt werden.

Für ein benutzerfreundliches Sicherheitssystem zum Schutz von Heimnetzwerken wird insbesondere die Akzeptanz der konzipierten Lösung unter den potenziellen Anwendern eruiert. In Nutzerstudien in Zusammenarbeit mit unseren Partnern überprüfen wir, ob die Anforderungen der Bürgerinnen und Bürger an eine Sicherheitslösung für Smart Home Systeme durch unsere Lösung erfüllt werden. Aufbauend darauf werden wir die Lösung an die Bedürfnisse der Anwender anpassen, um eine hohe Akzeptanz in der Zielgruppe zu erreichen.

### Projektinformation //

Das 3-jährige Verbundvorhaben KISSHOME ist eine Kooperation der Arbeitsgruppe um Prof. Dietrich des Instituts für Internet-Sicherheit an der Westfälischen Hochschule, dem ARIC – Artificial Intelligence Center Hamburg e.V. und dem Institut für Innovationsmarketing an der Technischen Universität Hamburg (TUHH). Es wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 16KIS1653 mit insgesamt 1,8 Mio. EUR gefördert.

Weitere Informationen finden Sie auch unter <https://threatlab.if-is.net>.



Abb. 1: Detaillierte Punktwolken eines exemplarischen Inspektionsfluges der Halle des Deutschen Rettungsrobotik Zentrum in Dortmund mit einer unserer selbstgebauten UAVs (Unmanned aerial vehicles)



Abb. 2: Modifizierte DJI AVATA mit 360°-Kamera und Wärmebildsensor (TiR 360) für effektive Echtzeit-Inspektionen von Brandherden und Wärmequellen



Abb. 3: DIY-Drohne mit ArduPilot-Steuerung, gefrästem Carbon-Gehäuse und drei Kameras für FPV-Livestreaming, 360°-Rundumsicht und KI-basierter Objekterkennung



Abb. 4: Der Carbon Copter — eine kostengünstige Eigenbau-Drohne mit integrierter 360°-Kamera für vollständige Panoramasicht

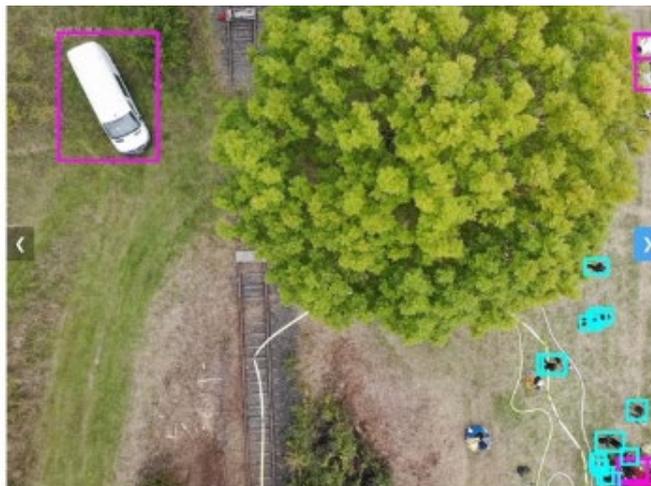


Abb. 5: Ausschnitt aus ARGUS. Zu sehen ist die automatische KI-Detektion von Fahrzeugen, Menschen und Feuer auf den Drohnenbildern, welche durch Überlagerung in das Lagebild integriert und geordnet dargestellt werden.

#### Projektinformation //

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung  
(Förderkennzeichen 13N16478)

Projektwebseite: <https://rettungsrobotik.de>

Videos zu dem Projekt finden sich unter:

<https://www.youtube.com/user/RoblabFhGe>

#### Publikationen //

- [1] SURMANN, H., A. LEINWEBER, G. SENKOWSKI, J. MEINE, and D. SLOMMA, 2023. "UAVs and neural networks for search and rescue missions," . [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2310.05512>
- [2] SURMANN, H., N. DIGAKIS, J.-N. KREMER, J. MEINE, M. SCHULTE, and N. VOIGT, 2023. "Redefining recon: Bridging gaps with UAVs, 360 degree cameras, and neural radiance fields,". [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2401.06143>
- [3] SURMANN, H., K. DAUN, M. SCHNAUBELT, O. VON STRYK, M. PAT-CHOU, S. BÖCKER et al., 2024. Lessons from robot-assisted disaster response deployments by the German Rescue Robotics Center task force. *Journal of Field Robotics*, 41, 782–797, [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/rob.22275>
- [4] SURMANN, H., M. THUROW and D. SLOMMA, November 2022. PatchMatch-Stereo-Panorama, a fast dense reconstruction from 360° video images. In *2022 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)* (pp. 366-372). IEEE. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2211.16266>

#### Partner des Forschungsprojekts //

<https://rettungsrobotik.de/forschung/projekte/etablierung-des-drz>

# Rettingsrobotik: Fortschritte und Entwicklungen im Projekt E-DRZ

## Motivation

Robotische Systeme und Technologien wie Funkkommunikation und Datenverarbeitung sind entscheidende Einsatzmittel deutscher Rettungskräfte. Sie ermöglichen die Erfassung einsatzrelevanter Informationen und die Erstellung informativer Lagebilder als Grundlage für zielgerichtete Maßnahmen. Rettungsroboter reduzieren Risiken für Einsatzkräfte in gefährlichen Umgebungen erheblich. Die intelligente Verarbeitung der gewonnenen Daten steigert Effizienz und Wirksamkeit maßgeblich. Das Gesamtziel des **Deutschen Rettungsrobotik-Zentrums (DRZ)** und der E-DRZ-Verbundpartner, zu denen auch die **Westfälische Hochschule (WH)** zählt, ist es, innovative Beiträge zur Realisierung dieser Vision zu leisten. Im Rahmen des Projekts trägt die WH zu den technischen Zielen durch die intelligente Datenanalyse bei, insbesondere für kleine Flugroboter, die in Einsätzen mit hohem Verlustrisiko eingesetzt werden. Die gewonnenen Bilddaten werden mithilfe von tiefen neuronalen Netzen ausgewertet, um relevante Objekte zu detektieren. Die räumliche und zeitliche Auswertung von Bilddaten für die equirektangulare Projektion von 360°-Aufnahmen wird in das Lagebild integriert. Zudem wird die Datenaufbereitung sowohl für das robotische als auch das menschliche Lagebildsystem verbessert, um einen digitalen Zwilling der Einsatzumgebung zu erstellen und räumliche sowie zeitliche Veränderungen zu visualisieren.

## Aktuelle Entwicklungen

Im Zuge des Projekts hat die WH bedeutende Fortschritte erzielt. Ein zentrales Ergebnis ist die Entwicklung eines virtuellen Zwillings der Einsatzumgebung mithilfe der webbasierten Anwendung **Aerial Rescue and Geospatial Utility System (ARGUS)**. ARGUS ermöglicht die Erstellung von Orthofotos aus Drohnenkartierungsflügen und stellt Flugda-



**Prof. Dr.-Ing.  
Hartmut Surmann**  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
hartmut.surmann@  
w-hs.de



**Niklas Digakis**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
niklas.digakis@  
w-hs.de



**Max Schulte**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
max.schulte@  
w-hs.de



**Niklas Voigt**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
niklas.voigt@  
w-hs.de



**Julien Meine**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
julien.meine@  
w-hs.de



**Jan-Nicklas Kremer**  
Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
jan-nicklas.kremer@  
studmail.w-hs.de

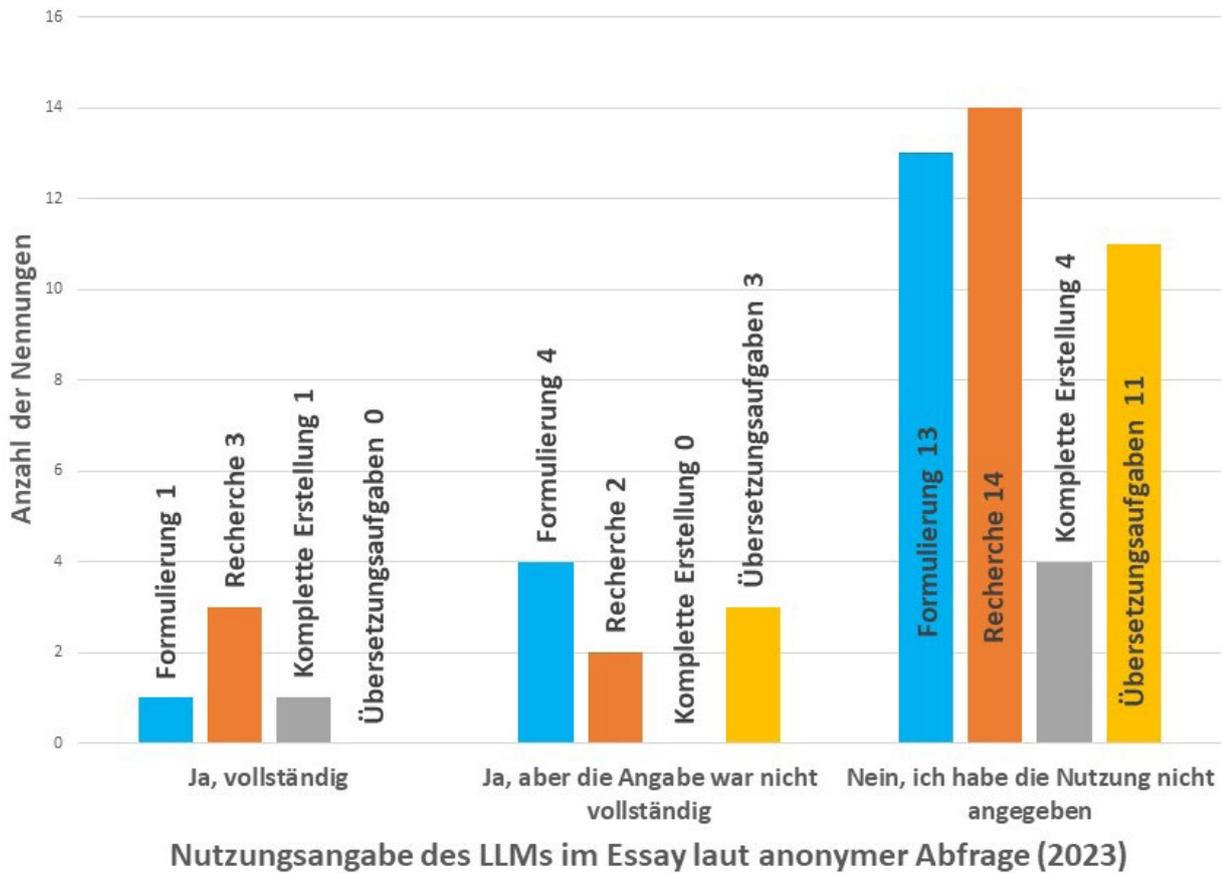
ten sowie Einzelbilder strukturiert dar. Die Auswertung von Thermalbildern unterstützt bei der Suche nach Vermissten oder der Beurteilung von Brandherden. Eine umfangreiche Objekterkennung wird durch speziell entwickelte Klassifikatoren ermöglicht, die mit eigenen Datensätzen aus realen Einsätzen trainiert wurden.

Die Integration von **OpenDroneMap (ODM)** erlaubt die Erstellung hochwertiger Orthofotos und 3D-Modelle, einschließlich Vermessungsfunktionen. Der webbasierte Zugriff auf ARGUS ermöglicht die Nutzung von jedem Gerät im selben Netzwerk, was insbesondere für Einsatzkräfte von Vorteil ist. Die benutzerfreundliche Oberfläche bietet eine interaktive Kartenvisualisierung. Darüber hinaus können Berichte und Detektionen exportiert und in das Lagebildsystem von Eurocommand integriert werden. ARGUS dient somit als zentrales Werkzeug für die Analyse und Dokumentation von Drohnen Daten in Rettungseinsätzen.

Ein bedeutender Fortschritt ist die Entwicklung mehrerer flugfähiger „**Invisible Drones**“, die in den Prozessablauf integriert wurden. Diese kompakten Drohnen verfügen über eine integrierte 360°-Kamera, wodurch die Drohne im Bild nicht sichtbar ist—essenziell für die **visuelle simultane Lokalisierung und Kartierung (vSLAM)**. Zu den entwickelten Modellen gehören unter anderem der **Carbon Copter** (s. Abb. 4), eine kosteneffiziente Eigenentwicklung mit direkt im Rahmen integrierter 360°-Kamera für uneingeschränkte Panoramansicht. Die **Do-It-Yourself Drone (DIYD)** (s. Abb. 3) ist mit drei Kameras ausgestattet: eine für FPV-Livestreaming, eine für Rundum-Video und eine weitere für KI-basierte Objekterkennung während des Flugs. Ihr robustes Gehäuse besteht aus gefrästem Carbon und 3D-gedruckten Halterungen. Die **TiR360** ist eine modifizierte kommerzielle Drohne (**DJI AVATA**) (s. Abb. 2) mit einem speziell entwickelten Modul, das eine 360°-Kamera mit einem Wärmebildsensor kombiniert. Die Synchronisation von Video- und Thermaldaten ermöglicht effektive Inspektionen. Die Weiterentwicklung des verwendeten vSLAM Algorithmus ermöglicht eine beschleunigte Verarbeitung der gesammelten Daten, ein neuer SocketViewer erlaubt eine verbesserte Darstellung und die Navigation im Webbrowser.

## Ausblick

Zukünftig sollen die entwickelten Systeme weiter optimiert und in realen Einsatzszenarien evaluiert werden. Die enge Zusammenarbeit mit Rettungskräften ermöglicht eine praxisnahe Weiterentwicklung und Anpassung der Technologien an die spezifischen Anforderungen im Einsatz.



# Studentische Nutzung und Nutzungsangaben von Large Language Models im zeitlichen Verlauf

Diese Studie beleuchtet, wie Studierende im Jahr 2023 [vgl. 1] und 2024 Large Language Models (LLMs) wie ChatGPT in wissenschaftlichen Arbeiten verwenden. Sie zeigt auf, dass Studierende kritisch mit LLM-Inhalten umgehen, aber deren Nutzung oft unzureichend angeben oder die Ergebnisse als eigene Leistung angeben.

## LLMs im wissenschaftlichen Arbeiten

LLMs sind zunehmend fester Bestandteil des wissenschaftlichen Arbeitens. Sie werden häufig zur Recherche, bei der Erstellung von Abstracts, Literaturübersichten, aber auch zur Erstellung komplexer Texte verwendet und haben somit auch Einzug in studentische Essays und Abschlussarbeiten gefunden. Hochschulen reagieren unterschiedlich: Einige ersetzen Hausarbeiten durch Prüfungen vor Ort, andere verwenden LLM-generierte Texte als Ausgangspunkt zur Prüfungsleistung [vgl. 2]. LLMs können eine Chance für First Generation Students sein, um den Zugang zum wissenschaftlichen Arbeiten zu erleichtern, jedoch zeigen Studien, dass die Verwendung durchschnittlich nicht zu besseren Ergebnissen führt [vgl. 3]. Weitgehender Konsens ist, dass ein generelles Verbot der Nutzung von LLMs schwer umsetzbar und fraglich zu beurteilen ist, da aktuell Texte von KI-Tools kaum zuverlässig von menschlichen Texten zu unterscheiden sind [vgl. 4].

## Didaktische Umsetzung an der Westfälischen Hochschule

Im Teilmodul „Wissenschaftliches Arbeiten“ der Fachgruppe Informatik, Fachbereich Informatik und Kommunikation, wird seit 2023 der Umgang mit LLMs ausführlich thematisiert. Nach einer Gruppendiskussion über Vor- und Nachteile der LLM-Nutzung erhielten die Studierenden die Erlaubnis, diese in ihren Essays zu verwenden, jedoch unter klaren Vorgaben zur Quellenangabe in der Ausarbeitung.

## Befragung der Studierenden

Zur Überprüfung dieser LLM-Nutzungsangaben wurde eine anonyme Umfrage durchgeführt, an der 2023 alle 75 Studierenden des Moduls teilnahmen. 28 Studierende gaben an, LLMs verwendet zu haben, wobei ChatGPT das am häufigsten genutzte Tool war. Von diesen 28 haben jedoch nur zwei Personen die Nutzung in ihrer Ausarbeitung tatsächlich angegeben.

Mögliche Gründe für diese Diskrepanz wären Unsicherheit darüber, wann eine Angabe erforderlich ist, oder die bewusste Vermeidung der Deklaration. Letztere könnte durch die Befürchtung, gegen wissenschaftliche Standards zu verstoßen, oder durch den zusätzlichen Aufwand bei der Angabe verursacht sein. Zudem wird vermutet, dass Studierende sich bewusst sind, dass das Verschweigen der LLM-Nutzung derzeit kaum nachgewiesen werden kann.

Positiv hervorzuheben ist, dass 12 Studierende nach eigener anonymer Angabe Fehler wie falsche Informationen und nicht existierende Quellen bemerkt haben.



**Kolja Dunkel**

Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
kolja.dunkel@w-hs.de

**Prof. Dr.**

**Laura Anderle**

Fachbereich Informatik  
und Kommunikation  
laura.anderle@w-hs.de

## Fazit und Ausblick

Die Nutzung von LLMs wird von Studierenden häufig nicht korrekt deklariert, obwohl diese Tools immer wichtiger im wissenschaftlichen Arbeiten werden.

Für eine rechtssichere und transparente Nutzung von LLMs ist ein Lernprozess auf beiden Seiten erforderlich. Studierende müssen auf die Risiken einer inkorrekten Nutzung hingewiesen und durch klare Dokumentationsvorgaben unterstützt werden. Lehrende müssen im didaktischen Umgang, dem Einsatz und der rechtlichen Situation geschult werden.

Die Folgerhebung aus dem Jahr 2024 zeigte, dass von den 102 Studierenden, die an der anonymen Befragung teilnahmen, 78 LLMs genutzt haben. In den schriftlichen Ausarbeitungen gaben 12 Studierende eine LLM-Nutzung an.

Um die gewonnenen Erkenntnisse zu überprüfen, ist die wiederholte Durchführung in den folgenden Jahren geplant, um den zeitlichen Verlauf des LLM-Nutzungsverhaltens Studierender zu analysieren. Weiterhin ist eine Erhebung unterschiedlicher Semester angedacht. Konkret soll das LLM-Nutzungs- und Angabeverhalten von Studierenden im ersten Semester des Bachelorstudiums an Hand eines kleinen Rechercheauftrags mit den bisherigen Ergebnissen verglichen werden. So soll untersucht werden, inwieweit Hochschullehre Studierende für LLM-Nutzung(sangaben) sensibilisiert, um so didaktische Ansätze zu diesem Thema zu verbessern.

## Publikation und Quellen //

- [1] DUNKEL, Kolja und Laura ANDERLE, 2024. Studentische Nutzungsangaben von Large Language Models in Essays. In: *Die Neue Hochschule* Vol. 3. Verfügbar unter: DOI:org/10.5281/zenodo.11203044
- [2] SHAW, D. et al, 2023. The (mis)use of ChatGPT in science and education: Turing, Djerassi, „athletics“ & ethics. In: *EMBO Rep.* 2023 Jul 5; 24(7), S. 57501. Verfügbar unter: DOI:org/10.15252/embr.202357501
- [3] BASIC, Z. et al, 2023. ChatGPT-3.5 as writing assistance in students' essays. In: *Humanit Soc Sci Commun* 10, S. 750. Verfügbar unter: DOI:org/10.48550/arXiv.2302.04536
- [4] HASSOULAS, A. et al, 2023. Investigating marker accuracy in differentiating between university scripts written by students and those produced using ChatGPT. In: *Journal of Applied Learning & Teaching*, Vol. 6 Nr. 2. Verfügbar unter: DOI:org/10.37074/jalt.2023.6.2.13

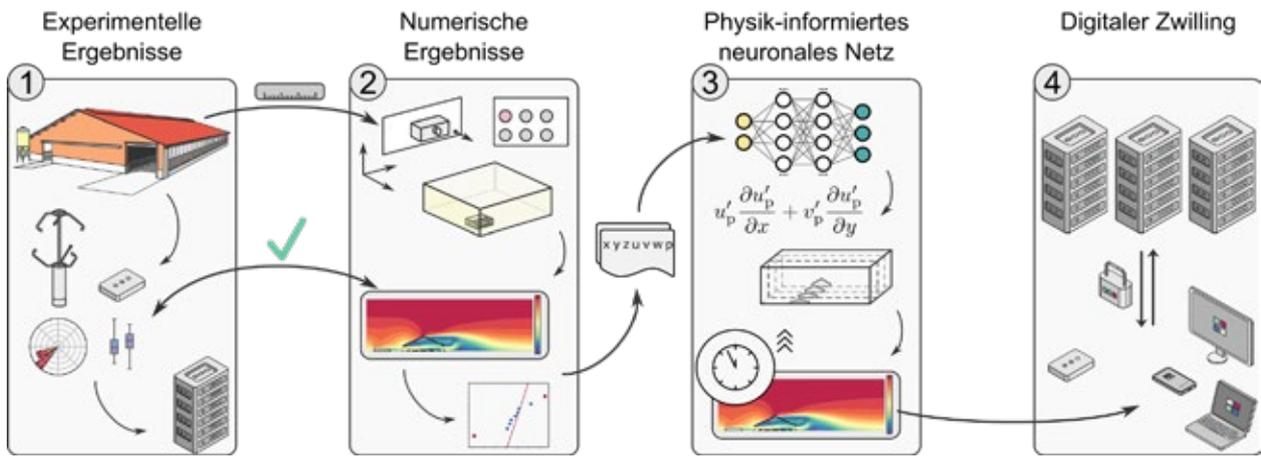


Abb. 1:  
Visuelle Zusammenfassung des entwickelten Konzeptes

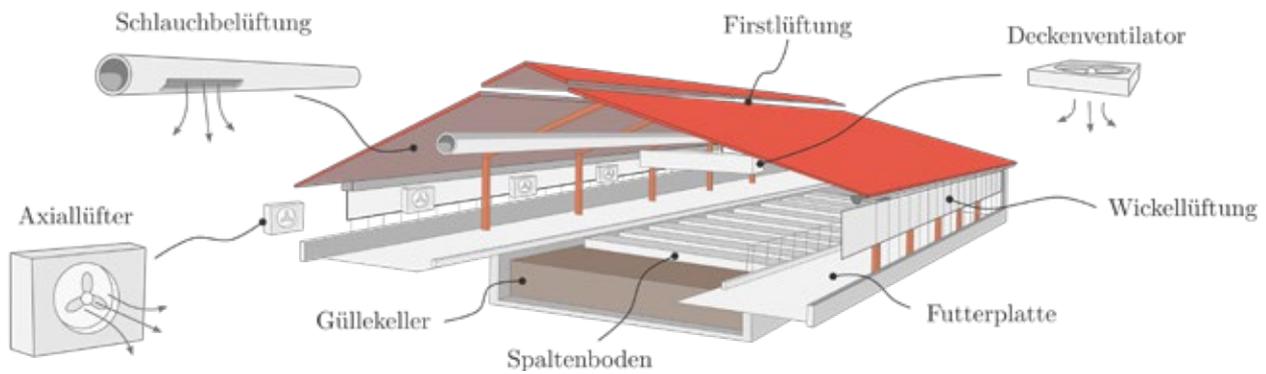


Abb. 2:  
Ein typischer freibelüfteter Stall mit außenliegender Futterplatte in der Schnittdarstellung und mit detaillierten sowie gekennzeichneten Lüftungselementen

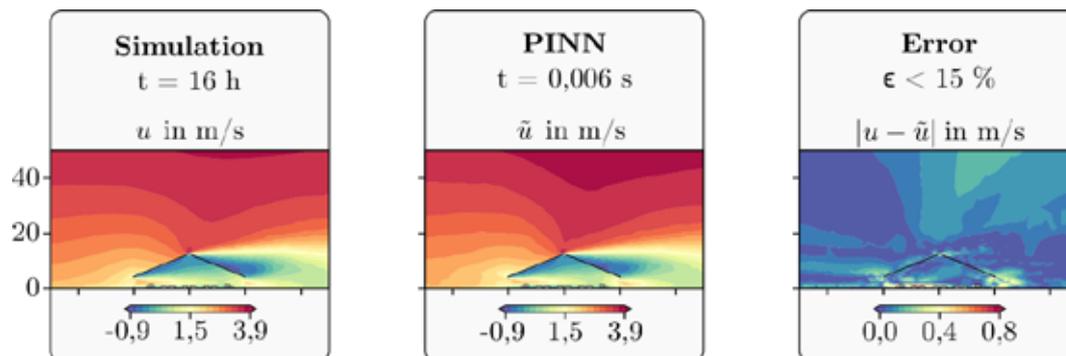


Abb. 3:  
Gegenüberstellung der Ergebnisse einer numerischen Strömungssimulation und der Approximation des Strömungsfeldes durch ein PINN

# Emissionsminderung und Tierwohlverbesserung in Kuhställen

## mittels digitalen Zwillings

Mit dem Voranschreiten des Klimawandels gewinnen energieeffiziente Lösungen und die Vermeidung von Emissionen zunehmend an Bedeutung. Digitale Zwillinge bieten die Chance dies zu realisieren, indem die reale Situation erfasst und in der digitalen Welt eine optimale Reaktion ermittelt wird – situativ und bedarfsgerecht. In der Milchviehwirtschaft ermöglicht ein digitaler Zwilling die präzise Analyse und Optimierung von Mikroklimata in den Ställen. Diese Studie, basierend auf den Ergebnissen von drei saisonalen Messkampagnen und numerischen Simulationen, zeigt die Entwicklung eines Physik-informierten neuronalen Netzes (PINN) für die Echtzeitvorhersage von Strömungen in und um Stallungen.



**Prof. Dr. Franz-Josef Peitzmann**  
Mechatronik-Institut  
Bocholt  
franz-josef.peitzmann@w-hs.de



**Dr.-Ing. Fabian Pioch**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fachbereich  
Maschinenbau Bocholt  
fabian.pioch@w-hs.de

### Forschungsmethodik

Es wurden Daten zu Windgeschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Methankonzentration in einem Experimentierstall erhoben. Um unterschiedlichste Wetter-Bedingungen und Einstellungen der Stallbelüftung untersuchen zu können, wurde ein numerisches Modell zur Simulation entwickelt. Anhand von Methoden der Versuchsplanung wie dem Plackett-Burman- und dem Box-Behnken-Design wurden die verschiedenen Einflüsse am Simulationsmodell systematisch variiert, um Erkenntnisse zum Einfluss der Parameter zu gewinnen und Handlungen abzuleiten. Die Methode der Physik-informierten neuronalen Netze kombiniert die physikalischen Gleichungen (Navier-Stokes-Gleichungen) mit den Möglichkeiten künstlicher neuronaler Netze, um die Strömungsfelder bei variabler Einstellung unterschiedlicher Parameter in Echtzeit darzustellen.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Methode zeigt, dass PINNs eine effiziente Lösung für Echtzeit-Strömungsvorhersagen in landwirtschaftlichen Gebäuden bieten. Die entwickelte Methode konnte in kritischen Bereichen eine Vorhersagegenauigkeit von bis zu 85 % erreichen, während die Rechenzeiten deutlich reduziert wurden. Die Rechenzeit der numerischen Simulation konnte anhand des PINNs von 16 Stunden auf 6,5 Millisekunden reduziert werden. Diese Ergebnisse legen nahe, dass PINNs eine innovative Methode zur Vorhersage des Mikroklimas in Stallungen sind und das Potenzial haben, Optimierungen anhand des Modells durchzuführen oder eine situative Regelung darauf aufzubauen, um das Tierwohl und die Umweltbilanz zu verbessern.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Entwicklungen zu Physik-informierten neuronalen Netzen stellen einen bedeutenden Fortschritt in der Echtzeitmodellierung komplexer Strömungen dar. Zukünftige Forschungen sollten sich auf die Erweiterung der Methoden auf weitere Anwendungen und eine optimierte Integration für Regelungskonzepte konzentrieren, um die Praxistauglichkeit weiter zu steigern.

### Projektinformationen //

Fördergeber: Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen  
Volumen: ca. 220.000 €  
Laufzeit: 12/2020 – 06/2023

### Publikationen //

PIOCH, Fabian. 2024. *Echtzeitfähige digitale Zwillinge auf Basis Physik-informierter neuronaler Netze für die Strömungsvorhersage in und um Stallungen* [Dissertation]. Bocholt: Westfälische Hochschule.

PIOCH, Fabian, Jan Hauke HARMENING, Andreas Maximilian MÜLLER, Franz-Josef PEITZMANN, Dieter SCHRAMM and Ould el MOCTAR, 2023. *Turbulence Modeling for Physics-Informed Neural Networks: Comparison of Different RANS Models for the Backward-Facing Step Flow*. In: *Fluids* 8, no. 2: 43



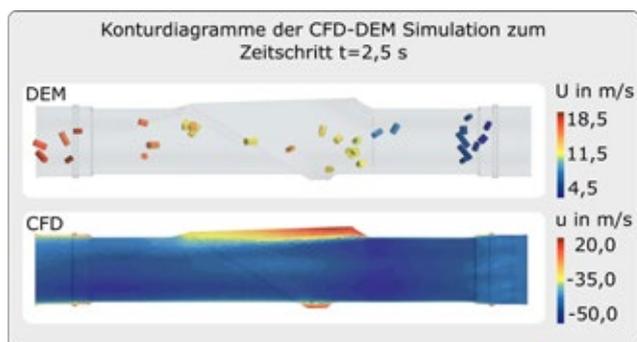
Abb. 1:  
Prototypische Futterweiche mit Abnutzungserscheinungen an unterschiedlichen Flippern



Abb. 2:  
Schüttwinkelbestimmung mittels Bildauswertung über ein Python-Skript



Abb. 3:  
Prüfstand der IBO® Stalltechnik GmbH zur Ermittlung von Randbedingungen für die Strömungssimulation



Abrasion über alle Zeitschritte

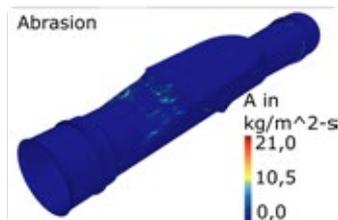


Abb. 4:  
Übersicht der Konturdiagramme einer gekoppelten CFD-DEM-Simulation bei geschlossenem Abzweig in der Rohrweiche

# Abraswitch – Entwicklung eines innovativen Prototyps für den verschleißarmen Transport von Trockenfutter in Rohrleitungen durch ein optimiertes Strömungsverhalten

Während des Transports von Futterpellets zeigen sich vor allem in den Rohrweichen und den innenliegenden Flippern signifikante Abnutzungserscheinungen (Abb. 1). Dies führt zu einem erheblichen Energieaufwand und einem Austreten von Futterpellets aus dem System, was den gesamten Transport verlangsamt und ökonomisch nicht effizient ist. Bei einem nicht synchronisierten Fütterungsprozess der Schweine entsteht zudem Futterneid zwischen den Tieren, was zu erheblicher Unruhe in den Ställen und Stress für die Schweine führt [1]. Bisher entwickelte Prototypen zur Lösung dieses Problems sind zwar erfolgreich, stehen jedoch vor der Herausforderung hoher Fertigungskosten, die bisher nicht durch den Verkaufspreis aufgefangen werden können.



**Dunja Terörde**

Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin,  
Fachbereich  
Maschinenbau Bocholt  
dunja.teroerde@  
w-hs.de



**Dr.-Ing. Fabian Pioch**

Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter,  
Fachbereich  
Maschinenbau Bocholt  
fabian.pioch@w-hs.de



**Prof. Dr. Franz-Josef Peitzmann**

Mechatronik-Institut  
Bocholt  
franz-josef.peitzmann@  
w-hs.de

## Vorgehen und Ergebnisse

Die Materialparameter der Futterpellets wurden umfassend analysiert (in Anlehnung an DIN ISO 4324). Der Feuchtegehalt hat einen signifikanten Einfluss auf den Elastizitätsmodul sowie das Bruch- und Reibverhalten der Futterproben. Mit steigendem Feuchtegehalt der Pellets nimmt der Elastizitätsmodul ab, während die Reibneigung zunimmt [2]. Im Schüttwinkelversuch (Abb. 2) ergab sich ein Winkel von 50°. Der Schüttwinkel lässt Vergleiche mit anderen Schüttgütern aus der DEM-Schüttgutdatenbank zu [3]. Diese umfassenden Untersuchungen der Materialparameter liefern die Möglichkeit die Partikeleigenschaften in einer Simulation korrekt einzustellen.

Die gekoppelte CFD-DEM-Simulation (Computational Fluid Dynamics - Discrete Element Method) erlaubt eine detaillierte Analyse des abrasiven Verhaltens durch die Futterpellets während des Transports (Abb. 4). Durch die Integration von Erosionsmodellen werden die Verschleißerscheinungen an der Futterweiche quantifiziert und tragen somit maßgeblich zur Optimierung des Systems bei. Die gewonnenen Ergebnisse bieten Einblicke in die Partikelbewegungen und ermöglichen eine präzise Vorhersage von Verschleißphänomenen für eine zielgerichtete Weiterentwicklung des Futtertransportsystems.

Weitere umfassende Untersuchungen zur Bestimmung von Randbedingungen für die gekoppelte DEM-CFD Simulation werden an dem von der Firma IBO® Stalltechnik GmbH entwickelten Prüfstand durchgeführt (Abb. 3).

## Anwendungsmöglichkeiten

Die Anwendung der entwickelten Methoden und Erkenntnisse der Strömungssimulation ermöglicht eine effizientere Gestaltung von Futtertransportsystemen in der Schweinehaltung, was zu erheblichen Einsparungen von Energie und Futter führt. Dies trägt nicht nur zur ökonomischen Optimierung bei, sondern unterstützt auch die Verbesserung des Tierwohls durch eine präzisere und stressfreiere Futtermittellieferung.

Die CFD-DEM-Kopplung kann außerdem auf den Transport von Schüttgütern in verschiedenen Industriezweigen angewendet werden. Die Optimierung von Förder- und Transportprozessen kann zu einer nachhaltigeren und kosteneffizienteren Produktion beitragen.

## Quellen //

- [1] ELKMANN, Anne, 2008. „*Haltungsbioologische Untersuchungen zur Beschäftigung von Mast Schweinen in einstreuloser oder eingestreuter Haltung*“ [Dissertation]. Gießen: Justus-Liebig-Universität  
<http://dx.doi.org/10.22029/jlupub-16936>
- [2] GALLEGO, Eutiquio, José María FUENTES, Ángel RUIZ, Gonzalo HERNÁNDEZ-RODRIGO, Pedro AGUADO and Francisco AYUGA, 2020. Determination of mechanical properties for wood pellets used in DEM simulations. In: *Int. Agrophys.*, vol. 34, no. 4, pp. 485–494. doi: 10.31545/intagr/130634
- [3] GÜNTNER, Willibald A., Johannes FOTTNER, Stefan KESSLER, Hendrik OTTO, and Michael RACKL, 2017. Forschungsbericht zu dem IGF-Vorhaben „DEM-Schüttgutdatenbank - Generierung einer Datenbank zur Kalibrierung von Schüttgütern für die DEM-Simulation von Förderanlagen“. fml - Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München.

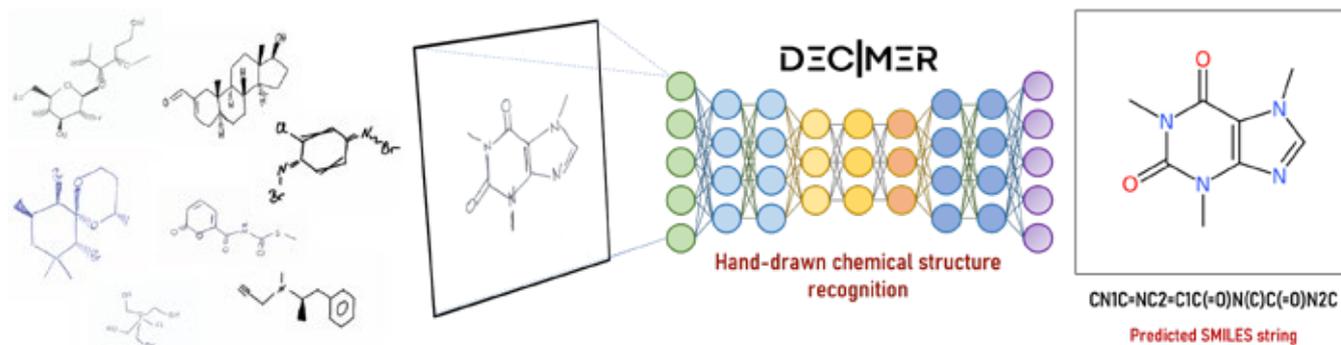


Abb.1:

Handgezeichnete chemische Strukturen in Bildform (links) werden mit Hilfe des *DECIMER*-KI-Systems in chemische Information (Atome, Bindungen, Ladungen, Stereochemie etc., rechts) übersetzt

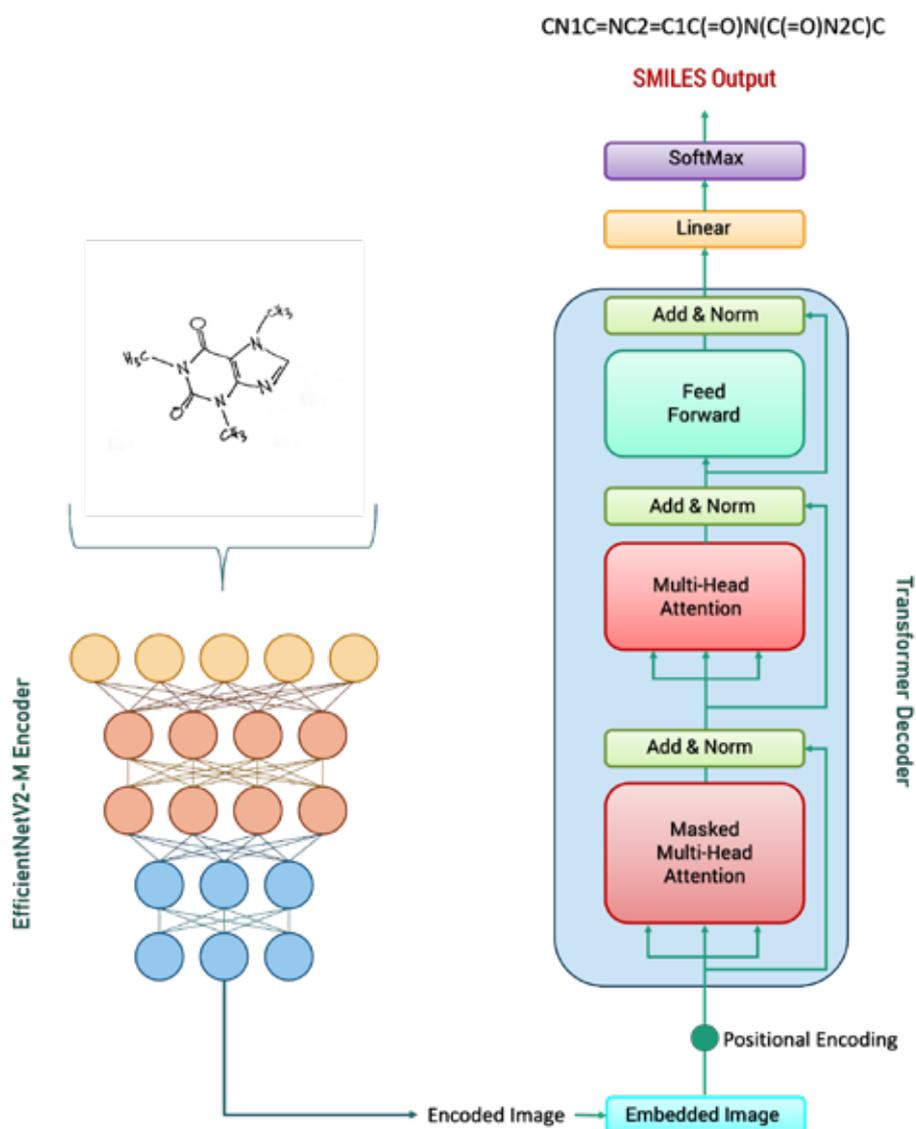


Abb. 2:

Neuronale-Netzwerk-Architektur des *DECIMER*-KI-Systems (*EfficientNetV2-M-Encoder* und *Transformer-Decoder*) für handgezeichnete chemische Strukturen

# DECIMER.ai – Erkennung handgezeich- neter chemischer Moleküle mit Hilfe künstlicher Intelligenz

Die erstaunlichen Fortschritte in der Entwicklung künstlich intelligenter Systeme auf Basis maschinellen Lernens haben in den vergangenen Jahren völlig neue Anwendungsfelder (nicht nur) in den molekularen Wissenschaften ermöglicht. So wurde in einem ambitionierten *Deep-Learning*-Projekt an der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Westfälischen Hochschule das **DECIMER** (**D**eep **L**earning for **C**hemical **I**mage **R**ecognition)-Lernsystem geschaffen, das die Struktur chemischer Verbindungen erkennt, die als Bild in Form einer Pixel-Grafik vorliegen (*OCSR* – *Optical Chemical Structure Recognition*): Dabei werden die Bilder in maschinenlesbare Textzeichenketten, sogenannte *SMILES*, übersetzt, die alle chemischen Informationen (Atome, chemische Bindungen, Ladungen, Stereochemie etc.) enthalten. Das **DECIMER**-System gehört zu den weltweit leistungsfähigsten KI-Systemen seiner Art und wurde in der renommierten Fachzeitschrift *Nature Communications* publiziert [1].



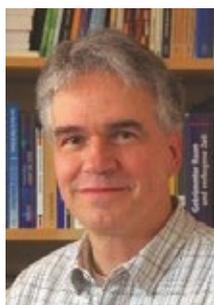
**Dr. Kohulan Rajan**

Institut für  
Anorganische und  
Analytische Chemie,  
Friedrich-Schiller-  
Universität Jena  
kohulan.rajan@  
uni-jena.de



**Prof. Dr.  
Christoph Steinbeck**

Institut für  
Anorganische und  
Analytische Chemie,  
Friedrich-Schiller-  
Universität Jena  
christoph.steinbeck@  
uni-jena.de



**Prof. Dr.  
Achim Zielesny**

Institut für biologische  
und chemische  
Informatik, Westfälische  
Hochschule  
achim.zielesny@  
w-hs.de

Eine ausgesprochen anspruchsvolle Erweiterung des **DECIMER**-Systems ist aktuell erreicht worden: Die Erkennung handgezeichneter chemischer Strukturen. Diese weisen eine erheblich gesteigerte Diversität gegenüber den mit Schablonen oder mit Computerprogrammen erstellten chemischen Strukturen auf (siehe Abbildung 1). Für das erweiterte **DECIMER**-Lernsystem wurde eine der modernsten *Encoder/Decoder*-KI-Architekturen implementiert, die aus einen *EfficientNet-V2-M-Encoder* und einem *Transformer-Decoder* besteht (siehe Abbildung 2), wobei letzterer auch die großen Sprachmodelle wie ChatGPT kennzeichnet. Für das maschinelle Lernen wurde ein umfangreicher Trainingsatz mit mehr als 100 Millionen synthetischen Molekülgraphiken generiert. Zur wissenschaftlichen Validierung der Leistungsfähigkeit des neuen KI-Systems waren professionell-ausgewählte menschlich-handgezeichnete chemische Strukturen notwendig, deren Erstellung sich zwanzig Studierende der molekularen Biologie an der Westfälischen Hochschule angenommen haben. Der entstandene Datensatz mit mehr als 5.000 annotierten chemischen Molekülgraphiken ist weltweit einzigartig und in einem renommierten Fachjournal dokumentiert [2]. Die gegenwärtig einzigartige Leistungsfähigkeit des neuen **DECIMER**-KI-Systems konnte

schließlich in einer aktuellen Fachpublikation überzeugend dargestellt werden [3].

In der Praxis wollen die Projektpartner ihr System zur Erkennung von Naturstoffen einsetzen, die in umfangreichen wissenschaftlichen Literaturquellen als auch in handgeschriebenen Laborjournalen als Bilder vorliegen. Die erkannten Strukturen werden anschließend in die offene Naturstoffdatenbank *COCONUT* der Friedrich-Schiller-Universität Jena eingepflegt, und somit für die zukünftige Forschung und Entwicklung verfügbar gemacht. Naturstoffe und deren chemische Abkömmlinge spielen in der pharmazeutischen Wirkstoffentwicklung eine bedeutende Rolle – die Mehrzahl der heutigen Medikamente basiert auf ihnen.

## Aktuelle Publikationen //

- [1] RAJAN, Kohulan, Henning Otto BRINKHAUS, M. Isabel AGEA, Achim ZIELESNY and Christoph STEINBECK, 2023. DECIMER.ai: an open platform for automated optical chemical structure identification, segmentation and recognition in scientific publications. In: *Nature Communications*, 14:5045. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40782-0>
- [2] BRINKHAUS, Henning Otto, Achim ZIELESNY, Christoph STEINBECK, Kohulan RAJAN, 2022. DECIMER - Hand-drawn molecule images dataset. In: *Journal of Cheminformatics*, 14:36. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13321-022-00620-9>
- [3] RAJAN, Kohulan, Henning Otto BRINKHAUS, Achim ZIELESNY and Christoph STEINBECK, 2024. Advancements in hand-drawn chemical structure recognition through an enhanced DECIMER architecture. In: *Journal of Cheminformatics*, 16:78. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13321-024-00872-7>

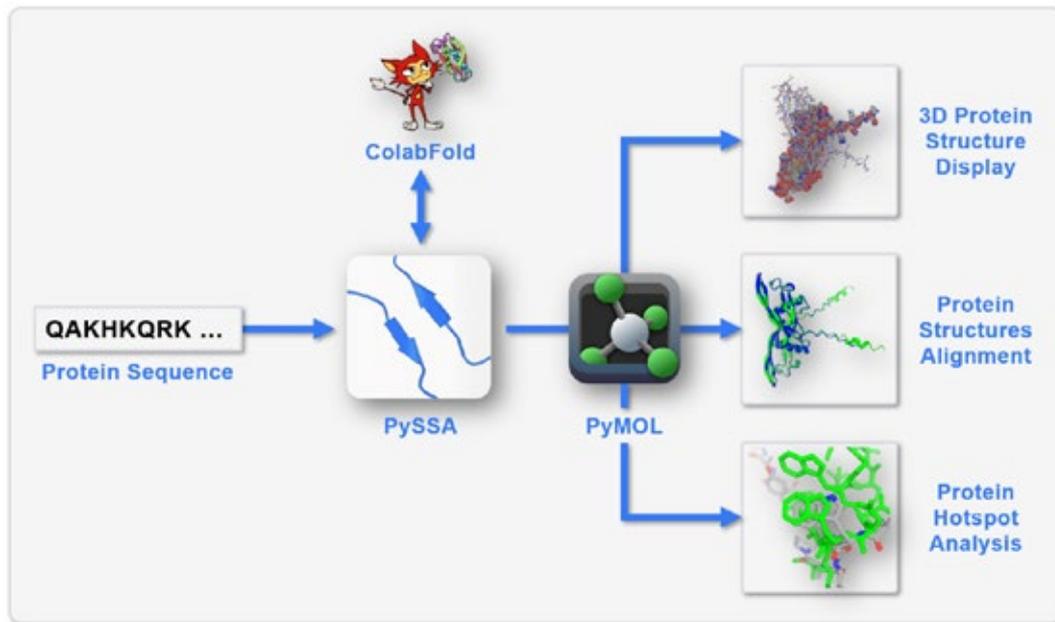


Abb. 1:

Funktionsweise von PySSA: Für eine Protein-Aminosäuresequenz wird mittels ColabFold die dreidimensionale Proteinstruktur vorhergesagt, die dann mit PyMOL interaktiv graphisch visualisiert und analysiert werden kann.

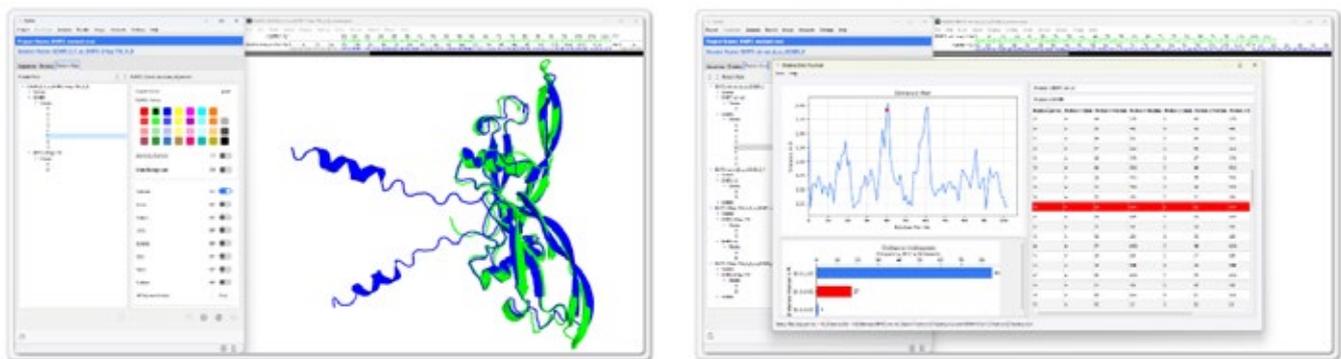


Abb. 2:

PySSA in der Praxis. Links: Räumlicher Strukturabgleich zwischen bekanntem *BMP2*-Protein (grün) und der vorhergesagten *BMP2-Hep-7M*-Mutante (blau). Rechts: Quantitative Analyse der räumlichen Verschiebungen.

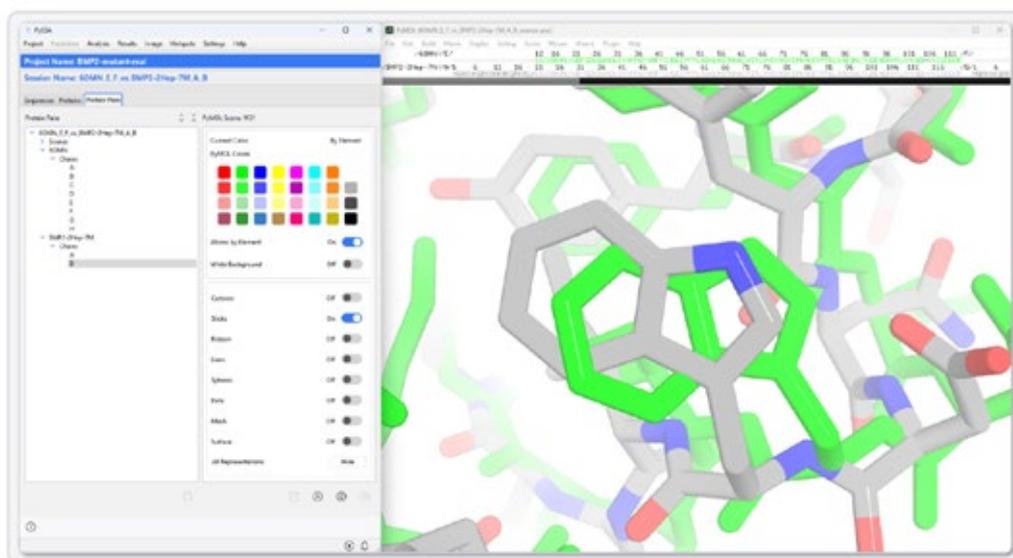


Abb. 3:

PySSA-Hotspot-Anzeige der Aminosäure Tryptophan für den Strukturabgleich des bekannten *BMP2*-Proteins (grün) mit der vorhergesagten *BMP2-Hep-7M*-Mutante (chemische Elementfärbung, grau: Kohlenstoff, blau: Stickstoff, rot: Sauerstoff).

# PySSA – Vorhersage und Analyse von räumlichen Protein- strukturen mit Hilfe künstlicher Intelligenz

Die räumliche Faltung von Proteinen ist grundlegend für ihre vielfältigen Funktionen in lebenden Organismen. Computergestützte Methoden für die Faltungsvorhersage auf Basis der Reihenfolge der Proteinbausteine, den Aminosäuren, werden daher seit Jahrzehnten intensiv erforscht – insbesondere aus medizinischem Interesse, da Proteine die Angriffspunkte der meisten Medikamente darstellen. Durch neue Methoden der künstlichen Intelligenz (*Deep Learning*) konnten dabei in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erzielt werden. Obwohl die entsprechenden KI-Vorhersagesysteme (*AlphaFold*, *RoseTTAFold* oder *ColabFold*) grundsätzlich frei genutzt werden können, finden sie in Proteinbiochemie oder Molekularen Biologie eine nur vergleichsweise geringe praktische Anwendung, da die hier tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Regel nicht mit Software-Werkzeugen wie *Scripting Notebooks*, Kommandozeilenschnittstellen oder *Cloud Computing* vertraut sind. Darüber hinaus sind visuelle Funktionen wie eine räumliche Proteinstrukturdarstellung, ein Strukturabgleich oder spezifische Hotspot-Analysen als zweiter Schritt erforderlich, um die vorhergesagten Proteinstrukturen zu interpretieren und in laufenden Forschungsstudien anzuwenden.



**Hannah Kullik**  
Studentin der  
Molekularen Biologie  
(B.Sc.), Westfälische  
Hochschule  
hannah.kullik@  
studmail.w-hs.de



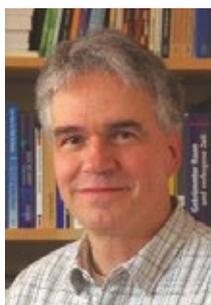
**Martin Urban**  
Student der  
Molekularen Biologie  
(B.Sc.), Westfälische  
Hochschule  
martin.urban@  
studmail.w-hs.de



**Dr. Jonas Schaub**  
Institut für Anorgani-  
sche und Analytische  
Chemie, Friedrich-Schil-  
ler-Universität Jena  
jonas.schaub@  
uni-jena.de



**Prof. Dr. Angelika  
Loidl-Stahlhofen**  
Labor für Proteinchemie,  
Westfälische  
Hochschule  
angelika.loidl-  
stahlhofen@w-hs.de



**Prof. Dr.  
Achim Zielesny**  
Institut für biologische  
und chemische  
Informatik, Westfälische  
Hochschule  
achim.zielesny@  
w-hs.de

PySSA ist eine neue offene Anwendung mit komfortabler grafischer Benutzeroberfläche, die die Fähigkeiten des Proteinstrukturvorhersagesystems *ColabFold* mit dem Visualisierungs- und Analysesystem *PyMOL* kombiniert, um beides dem wissenschaftlichen Endnutzer im Labor leicht zugänglich zu machen (siehe Abbildung 1). PySSA ermöglicht eine Projekterstellung mit definierten Proteinstrukturvorhersagen und entsprechenden Analysemöglichkeiten, die ohne spezielle Computer- oder Programmierkenntnisse auf lokalen Rechnern bequem durchgeführt werden können. So kann PySSA dazu beitragen, sowohl die Proteinstrukturvorhersage für Endanwender in der Proteinchemie oder Molekularen Biologie zugänglicher zu machen, als auch für Ausbildungszwecke im Studium der Chemie oder Molekularen Biologie genutzt werden. An der Westfälischen Hochschule wird PySSA bereits in einer Mutationsstudie zum medizinischen Proteinwirkstoff *Bone Morphogenetic Protein 2 (BMP2)* eingesetzt (siehe Abbildungen 2 und 3): Die Ergebnisse der Strukturvorhersage deuten darauf hin, dass die pharmakologisch günstigere *BMP2-2Hep-7M*-Mutante keine signifikanten räumlichen Verschiebungen von jenen Aminosäureresten aufweist, die mit dem spezifischen Rezeptor interagieren: Die medizinische Wirkung der Mutante sollte daher dem Originalprotein gleichen, die unerwünschten Nebenwirkungen aber deutlich reduzieren. Eine entsprechende Publikation des neuen KI-Werkzeugs in der Fachliteratur ist eingereicht, ein Preprint bereits verfügbar [1].

## Aktuelle Publikation //

[1] KULLIK, Hannah, Martin URBAN, Jonas SCHAUB, Angelika LOIDL-STÄHLHOFEN, Achim ZIELESNY. PySSA: end-user protein structure prediction and visual analysis with ColabFold and PyMOL. In: *ChemRxiv (Preprint)*. DOI: <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2024-srx5d>

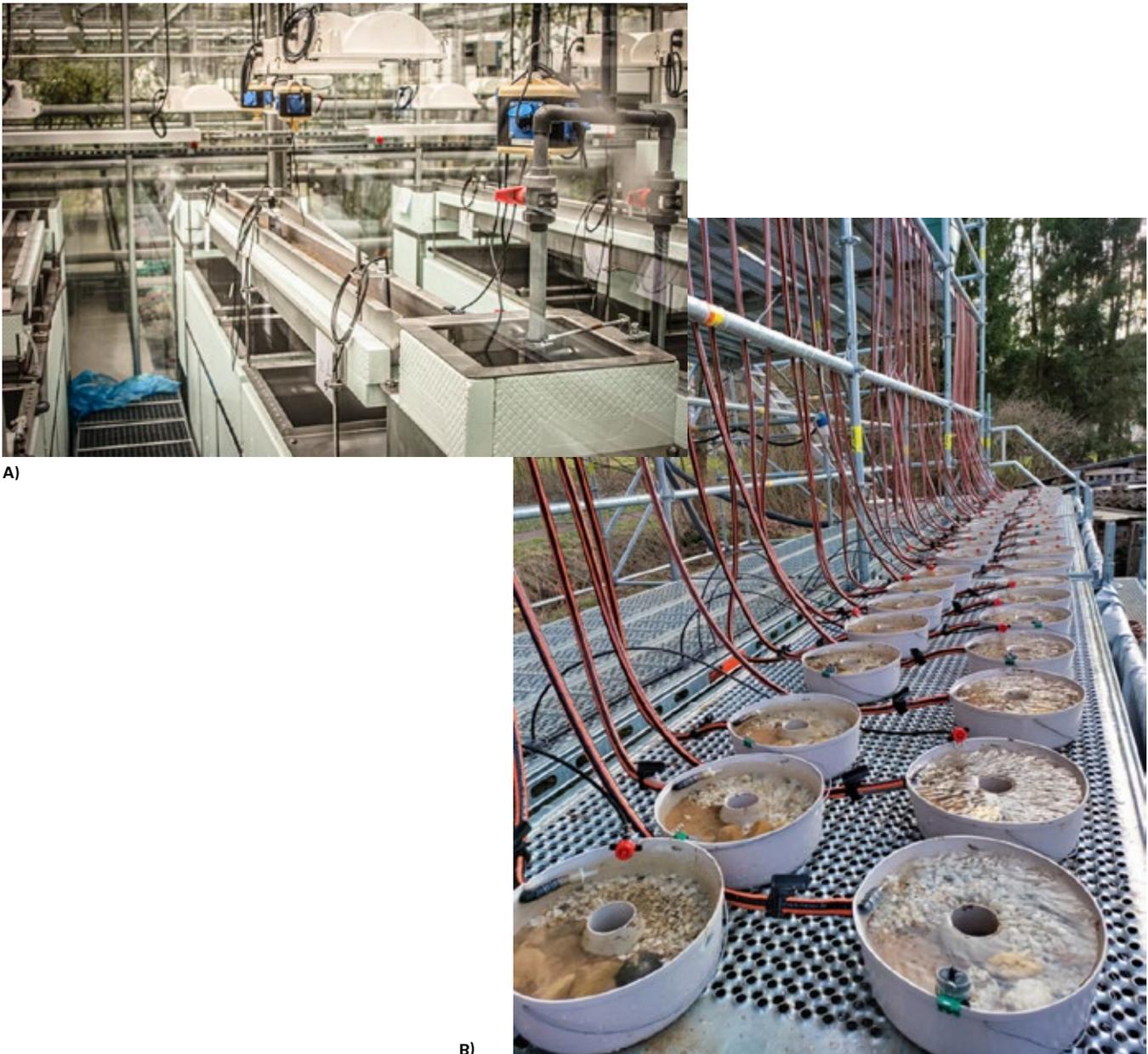


Abb. 1:

Experimentelle Systeme

A) Das AquaFlow-System im botanischen Garten der Universität Duisburg-Essen. B) Das ExStream-System, aufgebaut am Ufer der Boye und Kinzig.

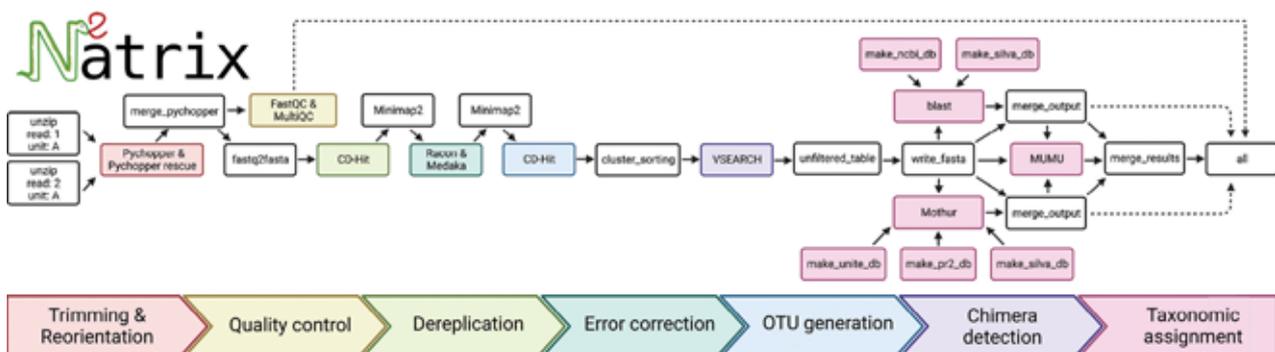


Abb. 2:

Schematische Darstellung der Erweiterung der Matrix2 Pipeline zur Auswertung von Metabarcoding Daten, generiert mit dem Oxford Nanopore Sequenzierer.

# Untersuchung der Auswirkungen von Stressoren auf mikrobielle Gemeinschaften in Süßwasser-ökosystemen

## Stressoren in Süßwasserökosystemen

Bäche und Flüsse sind dynamische Lebensräume, die weltweit durch viele verschiedene Stressfaktoren belastet werden. Darunter fallen verschiedene Arten von Verschmutzung, Temperaturänderungen, Veränderungen der Wasserführung sowie das Auftreten invasiver Arten. Diese Stressoren beeinflussen alle vorhandenen Organismengruppen sowie die Funktionen und Dienstleistungen, die sie bereitstellen.

Ein Verständnis der Prozesse ist entscheidend für das Management und den Schutz von Gewässerökosystemen, insbesondere angesichts der Veränderungen durch menschliche Aktivitäten und den Klimawandel.

Häufig wirken Stressoren zusammen: Manchmal verstärken sie sich gegenseitig, manchmal schwächen sie sich. Warum und wie dies geschieht, ist noch nicht vollständig verstanden. So kommt es vor, dass sich die biologische Vielfalt nach der Renaturierung eines Flusses verschlechtert, anstatt sich zu verbessern. Diese Aspekte sind besonders auch im Ruhrgebiet von Bedeutung, da die Renaturierung der stark belasteten Flüsse hier eine zentrale Rolle bei der Verbesserung der Umwelt- und Lebensqualität spielt.

## Sonderforschungsbereich RESIST

Die erste Phase des Sonderforschungsbereichs RESIST hatte das Ziel, die Interaktionen mehrerer Stressoren in Flüssen aufzudecken. Mit Labor- und Feldexperimenten, Feldstudien und Modellen wurde in 20 Projekten untersucht, warum, wann und wie Stressoren zusammenwirken – und Strategien zur Minderung und Wiederherstellung der Ökosystemdienstleistungen entwickelt.



**Prof. Dr. Daniela Beißer**  
Fachbereich  
Ingenieur- und Naturwissenschaften  
daniela.beisser@w-hs.de



**Aman Deep**  
aman.deep@studmail.w-hs.de

## Abbau von organischem Material

In dem Projekt von Prof. Beißer untersucht der Doktorand Aman Deep wie verschiedene Gruppen von Pilzen und Bakterien beim Abbau von grobem organischem Material, wie etwa Laub, zusammenarbeiten, besonders wenn diese Prozesse durch verschiedene Umweltbelastungen beeinflusst werden. Der Abbau von Laub in Gewässern spielt eine entscheidende Rolle im Nährstoffkreislauf und Energiefluss, da er hilft, wichtige Nährstoffe wie Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor zu recyceln, die Wasserqualität zu verbessern und die Erzeugung von Biomasse zu fördern.

Zum Einsatz kommen hierbei moderne wissenschaftliche Methoden wie DNA- und RNA-Sequenzierung sowie die Entwicklung von bioinformatischen Methoden zur Analyse der erhobenen Hochdurchsatzdaten.

Die bisherigen Untersuchungen deuten

darauf hin, dass eine veränderte Fließgeschwindigkeit im Gewässer eine zentrale Rolle spielt. Wichtige Mikroorganismen zeigen unter diesen Bedingungen eine verstärkte Aktivität und unmittelbare Anpassungen auf genetischer Ebene, zum Beispiel durch die vermehrte Produktion von Reparatur- und Stressproteinen. Zumindest in experimentellen Systemen normalisierten sich die Veränderungen nach zwei Wochen Erholungszeit, was die Widerstandsfähigkeit der Mikroorganismen verdeutlicht.

## Projektinformationen //

DFG Sonderforschungsbereich Resist (1439),  
Teilprojekt A04  
Laufzeit: 2021 – 2024

## Publikationen //

STACH, T. L., A. DEEP, [...], D. BEISSER and A. J. PROBST, 2024. Complex compositional and cellular response of river sediment microbiomes to multiple anthropogenic stressors. In: *bioRxiv*. Doi: <https://doi.org/10.1101/2024.06.07.597903>

DEEP, A., G. SIEBER, [...] and D. BEISSER (In prep.) *Decoding stream ecosystems: A metatranscriptomic exploration of fungal and bacterial contributions to leaf litter decomposition in streambed.*

MADGE PIMENTEL, I., [...], A. DEEP, D. BEISSER, [...] and F. LEESE, 2024. Assessing the response of an urban stream ecosystem to salinization under different flow regimes. In: *Science of The Total Environment*. Doi: <http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171849>

DEEP, A., D. BLUDAU, [...] and D. BEISSER, 2023. Na-trix2 – Improved amplicon workflow with novel Oxford Nanopore Technologies support and enhancements in clustering, classification and taxonomic databases. In: *Metabacoding and Metagenomics*. Doi: <http://doi.org/10.3897/mbmg.7.109389>

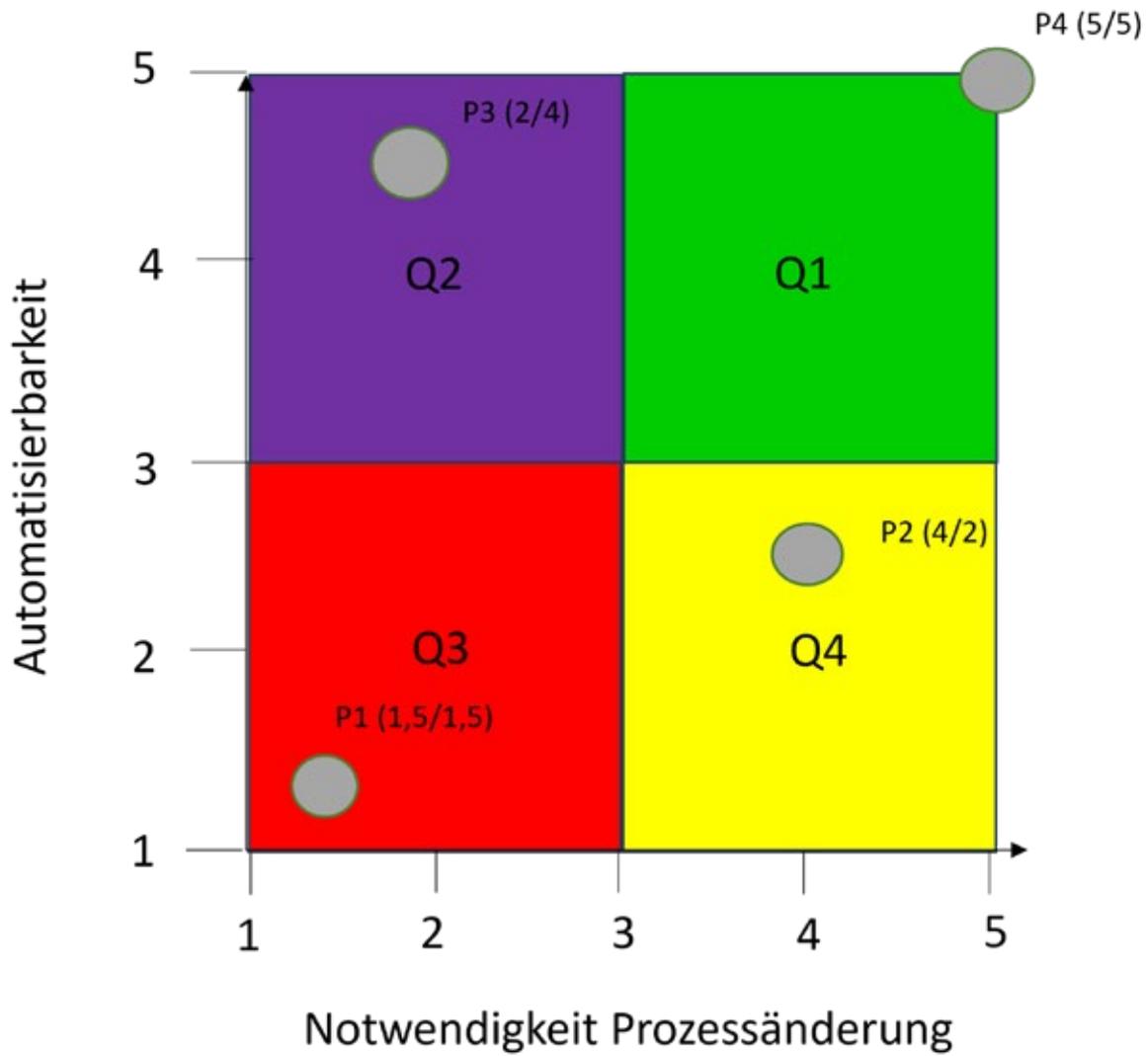


Abb. 1:  
Schema zur Priorisierung der Prozessschritte

Prozess:		Schritte	Seite
Gehäuseherstellung		13	3 von 14
Schritt:	Benennung	Dauer	Mitarbeiter
8 von 13	Verschleifen der Gehäusebleche	10 min	1
Beschreibung:		Kosten	20,44 /Teil
1. Schweißgerät wird parametrisiert 2. Nachvorbereitung 3. Prüfen der Bleche 4. Schweißnaht ziehen 5. Sichtkontrolle der Schweißnaht			
Schneiden		Lackieren	
Input:	Output:		
Auf Maß abgelenkte Bleche	Schweißbaugruppe		
Abmaße:	Material:	Notwendigkeit:	Automatisierbarkeit:
	Material 52295	2,6	3,2
Gewichte: 5 - 10 kg	Umgebung:		
	Reinraum, 20 Grad C		



Abb. 3:  
Logos der Fördermittelgeber

Abb. 2:  
Steckbrief zu den detaillierten Prozessschritten

# SAM – Strukturierte Automatisierungsmethode

In den kommenden Jahren werden die geburtenstarken Jahrgänge sukzessiv das Renteneintrittsalter erreichen, sodass es zu einem erheblichen Rückgang des Fachkräfteangebots in Deutschland kommen wird. Schon ab 2025 begrenzt der Mangel an Arbeitskräften die Expansion der Wirtschaft. Selbst eine steigende Erwerbsquote der Frauen und der Älteren sowie eine jährliche Nettozuwanderung von 100.000 Personen können diesen Trend nicht aufhalten.

## Forschungsfrage

Der Grundgedanke von SAM besteht darin, folgende Fragestellung beantworten zu können:

**„Wie können wir Prozesse strukturiert analysieren, um dem Fachkräftemangel mit Automatisierungslösungen entgegenzuwirken?“**

## Projektdarstellung

Die Strukturierte Automatisierungsmethode (SAM) folgt einem systematischen Vorgehen, das wie folgt erläutert wird:

In einem Erstgespräch mit der Geschäftsleitung werden zu optimierende Prozesse identifiziert und die Ziele der Verbesserung festgelegt. Anschließend wird der Gesamtprozess in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitenden durch Fachgespräche und Beobachtungen in einzelne Teilprozessschritte unterteilt. Diese Teilprozessschritte werden hinsichtlich ihrer Automatisierbarkeit aus technischer Sicht (Machbarkeit) und der Notwendigkeit von Prozessänderungen (Handlungsbedarf) analysiert.

Die Bewertung erfolgt über die Einschätzung zu verschiedenen Merkmalen der Kategorien „Automatisierbarkeit“ und „Notwendigkeit“. Zum Zweck der Vergleichbarkeit ist den jeweiligen Ausprägungen ein Zahlensystem hinterlegt. Die jeweils höchste Ausprägung des Merkmals geht mit fünf Punkten in die Bewertung ein, während die niedrigste Ausprägung mit einem Punkt in die Bewertung einfließt.

Die Analyseergebnisse werden in einer Ergebnisgrafik dargestellt, die Aufschluss über die Prozessschritte mit dem größten Handlungsbedarf und der entsprechenden Machbarkeit gibt. Diese Ergebnisse dienen als Grundlage für Handlungsempfehlungen zur Priorisierung der Prozessschritte (vgl. Abb. 1).



**Christopher Langner**  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
Fachbereich Maschinen-  
bau, Bocholt  
christopher.langner@  
w-hs.de

Zu jedem Teilprozessschritt werden zudem detaillierte Prozessschrittsteckbriefe (OnePager) erstellt (vgl. Abb. 2). Diese Steckbriefe enthalten eine umfassende Beschreibung der Tätigkeiten im jeweiligen Prozessschritt sowie eine visuelle Dokumentation der Handlungen. Das Instrument der Prozessschrittsteckbriefe ist besonders nützlich, um Dritten ein vollständiges Verständnis des Prozesses zu vermitteln. Zudem bieten die Steckbriefe eine fundierte Grundlage für Überlegungen zur ganzheitlichen Prozessänderung oder Neugestaltung.



**Prof. Dr.  
Thomas J. Naber**  
Mechatronik Institut  
Bocholt  
thomas.naber@  
w-hs.de

Gleichzeitig identifiziert die Analyse nach der SAM-Methodik sowohl Schwachstellen als auch Stärken des Prozesses. SAM kann verschiedene Lösungsansätze aufzeigen, die nach aufsteigender Komplexität und Abstraktion des Lösungsfindungsprozesses gegliedert sind:

- In Zusammenarbeit mit den Mitarbeitenden können Lösungen entwickelt werden, die ohne erhebliche Investitionen oder Anstrengungen sofortige positive Auswirkungen haben. Dies kann insbesondere durch Änderungen in der Reihenfolge der Prozessschritte, den Einsatz technischer Hilfsmittel oder die Anwendung von LEAN-Methoden erreicht werden.
- In Zusammenarbeit mit Drittanbietern und Mitarbeitenden kann eine komplexere, technische Lösung erarbeitet werden, die den Prozess im Hinblick auf die zuvor festgelegten Ziele optimiert.
- Das vollständige Ergebnis der Lösungsfindung kann noch nicht erreicht werden, da zunächst Vorarbeiten erforderlich sind. Diese Vorarbeiten umfassen erfahrungsgemäß die Analyse des Produktportfolios oder konzeptionelle Produktänderungen.

Ein stetig wachsendes Netzwerk an Drittanbietern steht für die Lösungsgestaltung und -umsetzung zur Verfügung. Diese Partnerbetriebe sind mit dem SAM-Vorgehen vertraut, es konnten schon erste Automatisierungslösungen in den betrieblichen Alltag der Anwender implementiert werden konnten.

## Ausblick

Durch die Handlungsempfehlungen und Ergebnisse dieser strukturierten Methode kann ein Einstieg in die Prozessautomatisierung erleichtert werden. Somit kann der Fachkräftemangel auch in Zukunft bewältigt werden und Unternehmen können sich immer schneller wandelnden Gegebenheiten anpassen.

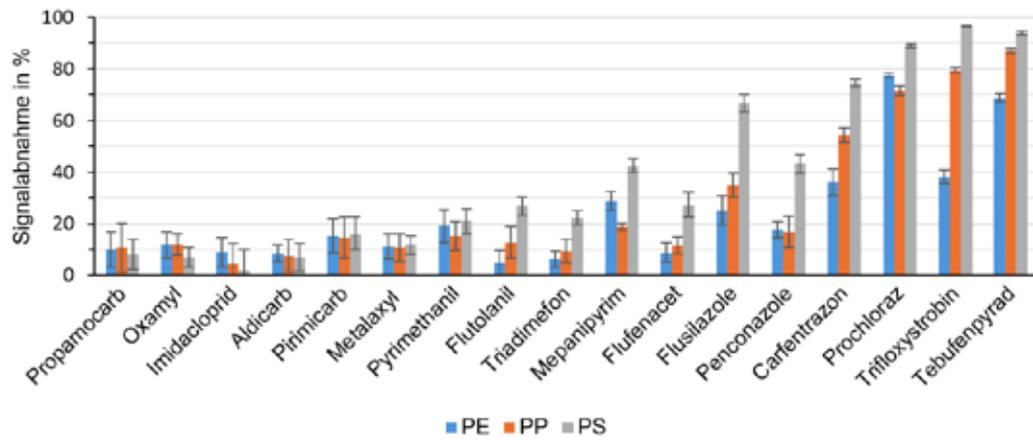


Abb. 1:

Relative Signalabnahme der Pestizide im Breitspektrumversuch nach Zugabe von Mikroplastik der Polymere Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polystyrol (PS) ( $d_{MP} < 125 \mu\text{m}$ ), geordnet nach aufsteigender Retentionszeit (C18-Säule).

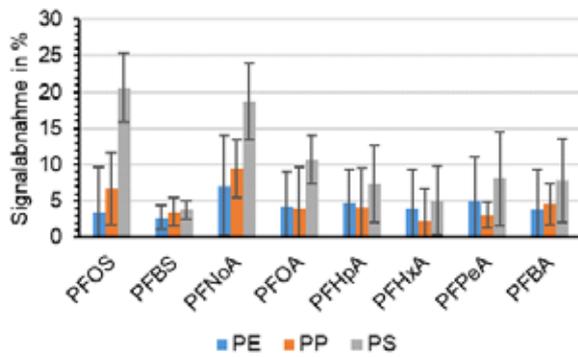


Abb. 2:

Relative Signalabnahme der PFAS im Breitspektrumversuch nach Zugabe von Mikroplastik der Polymere Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polystyrol (PS) ( $d_{MP} < 125 \mu\text{m}$ ), geordnet nach aufsteigender Retentionszeit (HILIC-Säule).

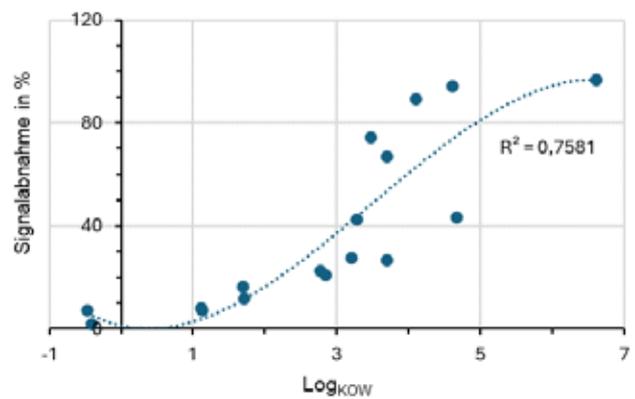


Abb. 3:

Relative Signalabnahme im Breitspektrumversuch nach Zugabe von Polystyrol Mikroplastik ( $d_{MP} < 125 \mu\text{m}$ ) in Abhängigkeit der  $\text{Log}_{KOW}$ -Werte ausgewählter Pestizide [5].

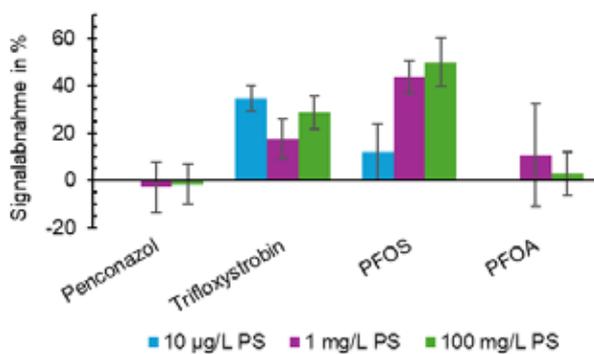


Abb. 4:

Relative Signalabnahme ausgewählter Pestizide und PFAS in umweltrelevanten Konzentrationen von  $150 \text{ ng L}^{-1}$  nach Zugabe von Polystyrol-Mikroplastik in Konzentrationen von  $10 \mu\text{g L}^{-1}$ ,  $1 \text{ mg L}^{-1}$  und  $100 \text{ mg L}^{-1}$ . Die Partikelgrößen der Mikroplastik-Dispersionen betragen bei  $1 \text{ mg L}^{-1}$  und  $100 \text{ mg L}^{-1}$   $d_{MP} < 125 \mu\text{m}$  und bei  $10 \mu\text{g L}^{-1}$   $d_{MP} = 1 \mu\text{m}$ .

#### Literatur //

- [1] DAHLMANN, R., E. Haberstroh, G. Menges, 2021. *Menges Werkstoffkunde Kunststoffe*. 7. Auflage, Carl Hanser Verlag.
- [2] FATH, A., 2019. *Mikroplastik Verbreitung, Vermeidung, Verwendung*, Springer Spektrum.
- [3] SUN, A. and W. WANG, 2023. Human Exposure to Microplastics and Its Associated Health Risks. In: *Environ. Health*, 1,3: 139-149.
- [4] ANDRADY, A., August 2011. Microplastics in the marine environment. In: *Marine Pollution Bulletin*, Volume 62, Pages 1596-1605
- [5] Royal Society of Chemistry, 2024. *ChemSpider*. <https://www.chemspider.com/>, [zuletzt abgerufen am 09.08.2024].

#### Projektinformation //

Lars Schween und Janina Macri waren als wissenschaftliche Mitarbeiter am Projekt beteiligt.

#### Danksagung //

Die Forschung, die zu den vorgestellten Ergebnissen geführt hat, wurde vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW) im Rahmen des Projekts „Mik-MAK“ (Förderkennzeichen 005-2302-0028) gefördert.

# Mikroplastik – Toxikologische Gefahr und Fehler- quelle in der Umweltanalytik

Der unermüdliche Drang des Menschen nach Fortschritt führt seit jeher zu immer neuen wissenschaftlichen und industriellen Durchbrüchen. Ein bemerkenswerter Meilenstein war die Erfindung von Kunststoffen zu Beginn des 20. Jahrhunderts, der zahlreiche Industriezweige revolutionierte. Aufgrund ihrer Langlebigkeit, der geringen Dichte im Vergleich zu anderen Werkstoffen, der hervorragenden Isolierfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse sowie ihrer Wirtschaftlichkeit sind sie für viele technische Anwendungen nahezu unersetzlich [1].

## Umweltrelevanz

Trotz der vielen Vorteile verursacht die intensive Nutzung von Kunststoffen aber auch ein erhebliches Umweltproblem. Ein wesentlicher Aspekt ist die Entstehung von Mikroplastik (MP), definiert als Kunststoffpartikel mit einer Größe von unter 5 mm, das sowohl durch die Verwendung von Kunststoffen als auch durch unsachgemäße Entsorgung infolge verschiedener Zersetzungsprozesse, wie etwa mechanischem Abrieb, entsteht [2]. Aufgrund seiner Persistenz steigt die Menge an MP in der Umwelt durch fortwährende Emission und den sukzessiven Abbau von Kunststoffen kontinuierlich an. Fortschreitende Abrasion und chemische Zersetzung führen zu immer kleineren Partikeln, die durch ihre erhöhte Mobilität zu weitreichenden ökotoxikologischen Auswirkungen führen. So haben Studien bereits gezeigt, dass MP toxisch auf Organismen und ganze Ökosysteme wirken kann, indem es die Energiebilanz von Zellen stört, in Organismen Entzündungen, Immunstörungen, neurotoxische Effekte und Beeinträchtigungen von Zellstrukturen verursacht und sogar mögliche Genotoxizität zeigt [3]. Zudem besteht die Gefahr, dass MP aufgrund seiner hydrophoben Eigenschaften Umweltgifte adsorbiert und somit als Vektor für sie fungiert [4]. In Kombination mit der bereits nachgewiesenen Zellgängigkeit ausreichend kleiner MP-Partikel mit einer Größe unter 1 µm (Sub-Mikroplastik) kann dies zu einem direkten Eintrag der Schadstoffe in Zellen und damit weiteren unvorhersehbaren Gefahren führen. Darüber hinaus stellt die Adsorptionsfähigkeit von MP eine weitere indirekte Gefahr dar, indem es potenziell negative Auswirkungen auf die Detektion von Umweltgiften bei der Überwachung von Grenzwerten in der Umweltanalytik hat.

## Einfluss von Mikroplastik auf die Umweltanalytik

Ein häufiges Messverfahren für die Analyse von Umweltproben stellt die Flüssigchromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (LC-MS) dar. Werden an MP adsorbierte Schadstoffe durch die im Rahmen der Probenvorbereitung erforderliche Filtration entfernt oder beeinträchtigt die Wechselwirkung mit verbliebenem MP die Analyse, besteht das Risiko, dass die Schadstoffbelastung fehlerhaft ermittelt und möglicherweise zu niedrig angegeben wird. Der potenzielle Einfluss von MP auf diese Analysen wurde jedoch bisher noch nicht gezielt untersucht. Obwohl zahlreiche Studien die Adsorption von Schadstoffen an MP bereits nachweisen konnten, wurden dabei Konzentrationen verwendet, die deutlich über den in der Umwelt vorkommenden liegen, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Umweltbedingungen einschränkt.

## Projektziel

Im Rahmen des noch laufenden Mik-MAK-Projekts (Mikroplastik – Migration und Abbau von Kunststoffen) wurde in einem Arbeitspaket die Sorption von Umweltgiften an MP systematisch untersucht. Dabei wurde insbesondere geprüft, ob MP aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polystyrol (PS) in der Lage ist, häufig vorkommende Umweltkontaminanten aus wässrigen Lösungen zu adsorbieren. Darüber hinaus sollte untersucht werden, ob die Anwesenheit von MP bei umweltrelevanten Konzentrationen die Analyse von Schadstoffen mit gängigen Analyseverfahren beeinflusst.



### Prof. Dr.

#### Ingo Tausendfreund

Leiter der Abteilung für instrumentelle Analytik  
Fachbereich  
Ingenieur- und Naturwissenschaften  
ingo.tausendfreund@w-hs.de

## Untersuchung des Adsorptionsverhaltens von Schadstoffen an Mikroplastik

Für die Untersuchung wurden Breitspektrumversuche für die Schadstoffgruppen der Pestizide und PFAS (Perfluoralkylsubstanzen) durchgeführt. Dazu wurden wässrige Lösungen mit verschiedenen Pestiziden und PFAS sowohl mit als auch ohne Zugabe von MP-Suspensionen (Partikelgröße < 125 µm) angesetzt. Anschließend wurden die Proben filtriert und mittels LC-MS/MS analysiert. Die Ergebnisse der Proben mit und ohne MP wurden anschließend ins Verhältnis gesetzt, um Schadstoffe mit hoher Adsorptionsaffinität zu identifizieren. Das Sorptionsverhalten vier exemplarischer Vertreter der beiden Schadstoffgruppen, die im Breitspektrumversuch hohe Adsorption an MP zeigten und für die Umweltanalytik bedeutend sind, wurden im Anschluss in umweltrelevanten Konzentrationsbereichen untersucht. Dafür wurden Schadstoffkonzentrationen gewählt, die 50 % oberhalb des von der Trinkwasserverordnung definierten Grenzwertes lagen und PS-MP in gewässertypischer Konzentration hinzugegeben.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Breitspektrumanalysen zeigten, dass die Abnahme der Messsignale durch Zugabe von MP stark von der Art des Polymers und des Schadstoffs selbst abhängt (s. Abb. 1 und 2). Darüber hinaus wurde beobachtet, dass die Signalabnahmen mit den Retentionszeiten der Analyten korrelierten, welche stark von der Hydrophobizität der Schadstoffe abhängen. Bei den Pestiziden konnte diese Korrelation für die Adsorption an PS-MP durch die Auftragung der relativen Signalabnahme gegen  $\log_{KOW}$ -Werte der Verbindungen weiter untermauert werden (s. Abb. 3). Dies zeigt, dass hydrophobe Wechselwirkungen ein treibender Faktor bei der Adsorption von Schadstoffen an MP sind. Bei den Einzelverbindungen konnten für Penconazol und Perfluorotancarsäure (PFOA) bei umweltrealistischen Konzentrationen keine signifikanten Signalabnahmen mehr festgestellt werden. Dies verdeutlicht, dass die MP- und Schadstoffkonzentration einen starken Einfluss auf das Adsorptionsverhalten hat. Allerdings zeigten Proben mit Trifloxystrobin und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) eine deutliche Abnahme der Messsignale um bis zu 50 % relativ zu den Vergleichsproben ohne MP (s. Abb. 4). Die Ergebnisse verdeutlichen somit, dass MP auch bei umweltrelevanten Konzentrationen zu starken Signalverlusten und damit fehlerhaften Ergebnissen in der Umweltanalytik führen kann. Die systematische Fortsetzung der Untersuchung dieser Adsorptionseffekte und ihre Auswirkung auf die Richtigkeit der Umweltanalytik kann Gegenstand weiterer Forschungsprojekte sein.

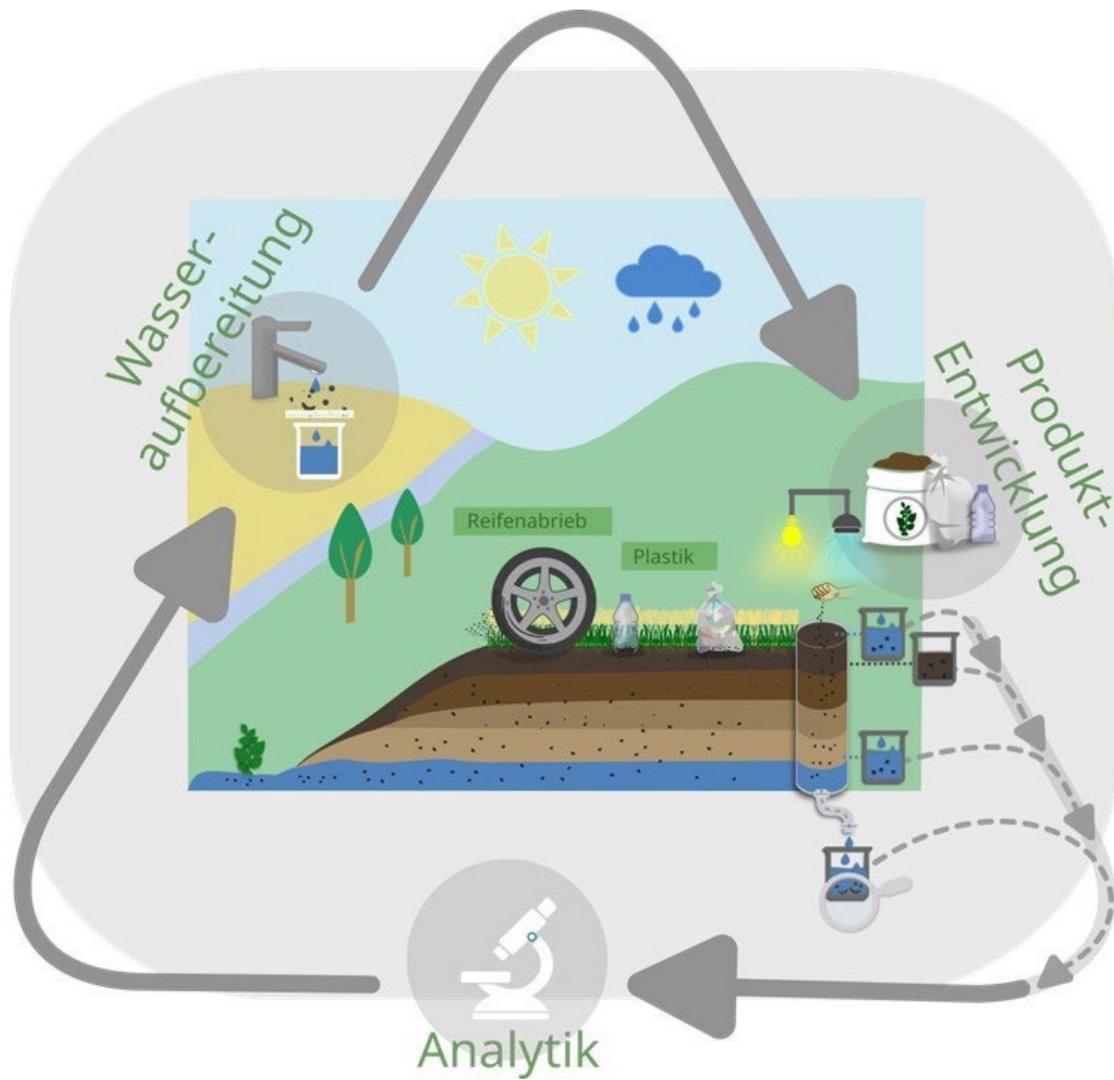
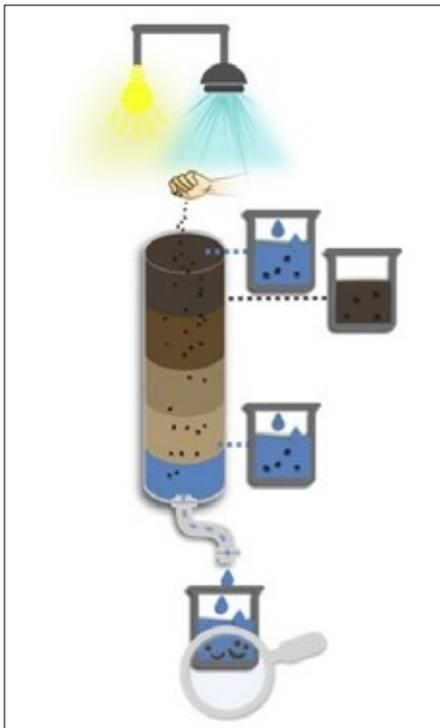


Abb. 1:  
Überblick über mögliche Eintrittsmechanismen von MP in den Boden und die Übertragung von einem Ökosystem in ein anderes



Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Abb. 2:  
Übertragung von MP von der Bodenoberfläche, Migration in die Tiefe des Bodens und Abbau von MP unter den Bedingungen von simuliertem Sonnenlicht und Regen.

# Untersuchung der Bewegung von Mikroplastik aus Bioabfällen

## in einer simulierten landwirtschaftlichen Umgebung

Mikroplastik (MP) ist mittlerweile in aquatischen und terrestrischen Ökosystemen sowie in der Atmosphäre weit verbreitet. Aufgrund seines geringen Gewichts und seiner kleinen Partikelgrößen kann MP leicht durch Wind und Regen transportiert werden, was erhebliche Auswirkungen auf Flora und Fauna hat [1, 2]. Darüber hinaus gibt es erste Hinweise, dass nicht nur Tiere und Pflanzen betroffen sind, sondern dass MP auch im menschlichen Blut nachweisbar ist. Die langfristigen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind jedoch weitgehend unerforscht [2]. Um Schäden durch MP zu minimieren und dessen Übertragung zwischen verschiedenen Ökosystemen zu verhindern, ist es entscheidend, die Ursachen für dessen Eintrag, Verteilung und Bewegung in der Umwelt besser zu verstehen. So wurden beispielsweise Kunststoffpartikel unterschiedlicher Größe in Komposten nachgewiesen, die als Dünger auf landwirtschaftlichen Böden ausgebracht werden. Recycelter Bioabfall ist eine wesentliche Quelle für den Eintrag von MP in Komposte und somit in Böden. Abbildung 1 veranschaulicht, wie MP in den Boden gelangt und von einem Ökosystem in ein anderes transportiert werden kann.

### Forschungsschwerpunkt

Diese Studie konzentriert sich auf die Bewegung von MP, das überwiegend aus Kunststoffverunreinigungen in Bioabfällen stammt. Die Bioabfälle werden zur Herstellung von Kompost für landwirtschaftliche Zwecke genutzt, um die Bodenqualität zu verbessern [2]. Dabei besteht das Risiko, dass MP aus dem mit Kunststoff kontaminierten Kompost von der Bodenoberfläche in Oberflächengewässer wie Seen oder Flüsse geschwemmt wird. Von dort kann das MP leicht in andere Ökosysteme gelangen.

In dieser Arbeit wurden die Übertragungsmechanismen von in landwirtschaftlichen Gebieten häufig als MP gefundenen Kunststoffe untersucht, um eine wirksame Strategie gegen dessen unkontrollierte Verbreitung zu entwickeln. So wurde die Bewegung von MP aus verschiedenen Polymertypen, darunter Polyethylen (PE) und Polyethylenterephthalat (PET), die häufig in Haushalten vorkommen, untersucht. Zur Analyse dieser Mikroplastikarten in einer simulierten landwirtschaftlichen Umgebung wurde ein neu entwickelter Prüfstand genutzt, der Umweltbedingungen wie Regen, Sonnenlicht und Bodenneigung nachbilden kann (Abbildung 2) [3]. Zunächst wurde die Bewegung von MP in Abhängigkeit von der Oberflächenneigung (horizontal und 5° Neigung) und unter definierter Niederschlagsintensität untersucht [4].



**Poroshat Haddadi,  
M. Eng.**

Fachbereich Maschinenbau, Umwelt- und Gebäudetechnik  
poroshat.haddadi@w-hs.de

### Erste Ergebnisse

Die ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Polymerart bzw. die Dichte des Materials den Transport von MP beeinflusst. Beim Vergleich der Auswaschung von PE und PET durch Regen zeigte sich, dass PE, aufgrund seiner geringeren Dichte im Vergleich zu PET, bei einer Regenintensität von 264 l/(ha sec) leichter von der Bodenoberfläche ausgewaschen wird, unabhängig von der Bodenneigung (0° oder 5°). Dies deutet darauf hin, dass MP mit höherer Dichte eine größere Wahrscheinlichkeit hat, dauerhaft im Boden zu verbleiben.

### Ausblick

Um das Verhalten und die Transporteffekte von MP in Böden besser zu verstehen, werden die Einflussfaktoren auf deren Transport weiter untersucht. So sollen in den nächsten Experimenten die Neigung des Bodens und die Regenintensität weiter variiert sowie der Einfluss von Sonnenlicht auf das Transportverhalten von MP untersucht werden. MP anderer häufig vorkommender Werkstoffe wie z.B. Mehrschicht-Polymere, die häufig für Verpackungen genutzt werden, sollen darüber hinaus studiert und mit den Ergebnissen für PE und PET verglichen werden.

### Danksagung //

Die Forschung, die zu den vorgestellten Ergebnissen geführt hat, wurde vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW) im Rahmen des Projekts „Mik-MAK“ (Förderkennzeichen 005-2302-0028) gefördert.

### Quellen und Publikationen //

- [1] DONG, S., Z. YU, J. HUANG and B. GAO, 2022. Chapter 9 – Fate and transport of microplastics in soils and groundwater. In: B. Gao, Ed. *Emerging contaminants in soil and groundwater systems*. Amsterdam: Elsevier, pp. 301-329.
- [2] LWANGA, E. H., N. BERIOT, F. CORRADINI, V. SILVA, X. YANG, J. BAARTMAN, M. REZAEI, L. V. SCHAIK, M. RIKSEN and V. GEISSEN, 2022. Review of microplastic sources, transport pathways and correlations with other soil stressors: a journey from agricultural sites into the environment. In: *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9 (1), pp. 1-20.
- [3] HADDADI, P., J. P. WEIL, J. PALM, L. BABERG, A. TEKLE-RÖTTERING and R. HOLZHAUER, 2022. Plastic impurities in bio-wastes and their impact on the environment, Proceedings of the EUBCE 2022. In: *30th European Biomass Conference*. Online conference: pp. 341-346.
- [4] HADDADI, P., A. TEKLE-RÖTTERING, T. BRÜMMER, J. MEYER und R. HOLZHAUER, 2024. Investigation of the movement of microplastic from biowaste in a simulated agricultural environment depending on impacting factors such as soil slope and rain intensity. In: *Proceedings of the 13. Wissenschaftskongress Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft*. Wien: pp. 157-155.

### Prof. Dr.

#### Thomas Brümmer

Fachbereich Maschinenbau, Umwelt- und Gebäudetechnik  
thomas.brueummer@w-hs.de

### Prof. Dr.-Ing.

#### Ruben-Laurids Lange

Fachbereich Maschinenbau, Umwelt- und Gebäudetechnik  
ruben-laurids.lange@w-hs.de

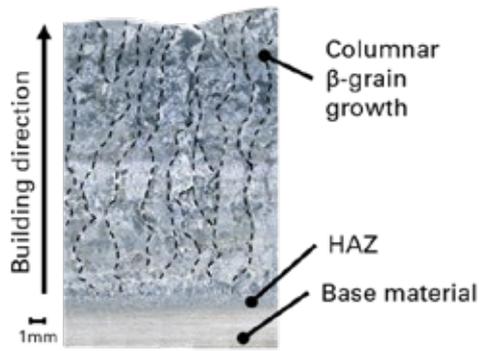


Abb. 1:  
Mikrostrukturevaluation entlang der Baurichtung , DEDE-EB Ti6Al4V



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



Abb. 2:  
Förderlogos

# Qualitäts- und Effizienzsteigerung durch intelligentes Wärmemanagement beim Verfahren "Directed Energy Deposition Electron Beam (QoptEBAM)"

Der Prozess „Directed Energy Deposition-Electron Beam“ (DED-EB), bekannt als drahtbasierte Elektronenstrahl additive Fertigung, ermöglicht die wirtschaftliche Herstellung großvolumiger Bauteile aus refraktären Metallen. Aktuelle Forschungsschwerpunkte in der drahtbasierten additiven Fertigung zielen darauf ab, den anspruchsvollen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt-, Automobil- und Rapid-Tooling-Industrie gerecht zu werden.

## Stand der Forschung und Entwicklung

DED-EB gefertigte Teile erfahren im Prozess eine schichtweise zyklische thermische Vorgeschichte. Unter Vakuum ist das Restgasvolumen stark reduziert und es findet wenig Konvektionswärmeübertragung während des Prozesses statt. Mit zunehmender Schichtanzahl sinkt die Abkühlgeschwindigkeit und der Wärmestau nimmt zu, was zu einer langfristigen Temperierung des Bauteils führt. Komplexes thermisches Verhalten wie schnelle Erstarrung und langsame Abkühlung sowie Langzeitanlassen durch die Aufbautemperatur während des DED-EB-Prozesses führt zu einem Abbrand von Legierungselementen, starkem Kristallwachstum und verminderter Festigkeit, je nach Legierungszusammensetzung. Daher würden in Baurichtung abgestufte Eigenschaften in DED-EB gefertigten Teilen auftreten.



**Prof. Dr.-Ing., IWE.**  
**Ghazal Moeini**  
Werkstofftechnik und  
Fügetechnik  
ghazal.moeini@  
w-hs.de

## Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Projekts

Um nun die Qualität per DED-EB hergestellter Produkte zu steigern und das weite Potenzial zu nutzen, zielt das Projekt „QoptEBAM“ darauf ab, die Wechselwirkungen zwischen Wärmeeinbringungs-Algorithmen einerseits und den geometrischen, mikrostrukturellen und mechanischen Eigenschaften andererseits

zu untersuchen. Übergeordnetes Ziel ist es, die Eigenschaften durch die „In-Prozess Temperaturkontrolle“ weitestgehend sicher zu beherrschen. Im Rahmen des Projekts sollen neben der Strahlleistung und Drahtposition auch weitere Einflussgrößen wie Depositionsstrategie (Pfadplanung) und Oszillationsparameter gezielt gesteuert werden, um die Temperaturverteilung zu optimieren, den Wärmeeintrag so minimal wie möglich zu halten und gleichzeitig angestrebte Eigenschaften zu gewährleisten. Durch die unterschiedlichen Schmelzbadmorphologien und Temperaturverteilungen sollen der Aufmischungsgrad und die Erstarrung dahingehend modifiziert werden, dass die Überhitzung des Werkstücks reduziert und somit die geometrischen, mikrostrukturellen und mechanischen Eigenschaften verbessert werden. Die Ergebnisse tragen zu einem vertieftem Verständnis bei und erlauben die Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten der additiven Fertigung durch eine Erweiterung des Bauteil- und Werkstoffspektrums mit bereits verfügbarer Technik. Damit können KMU aus dem Bereich der additiven Fertigung sowie Hersteller und Betreiber von EB-Maschinen bei höchster Wirtschaftlichkeit in der Fertigung ihr Produktportfolio hin zu großvolumigen Strukturen aus refraktären Werkstoffen erweitern.

## Projektinformation //

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

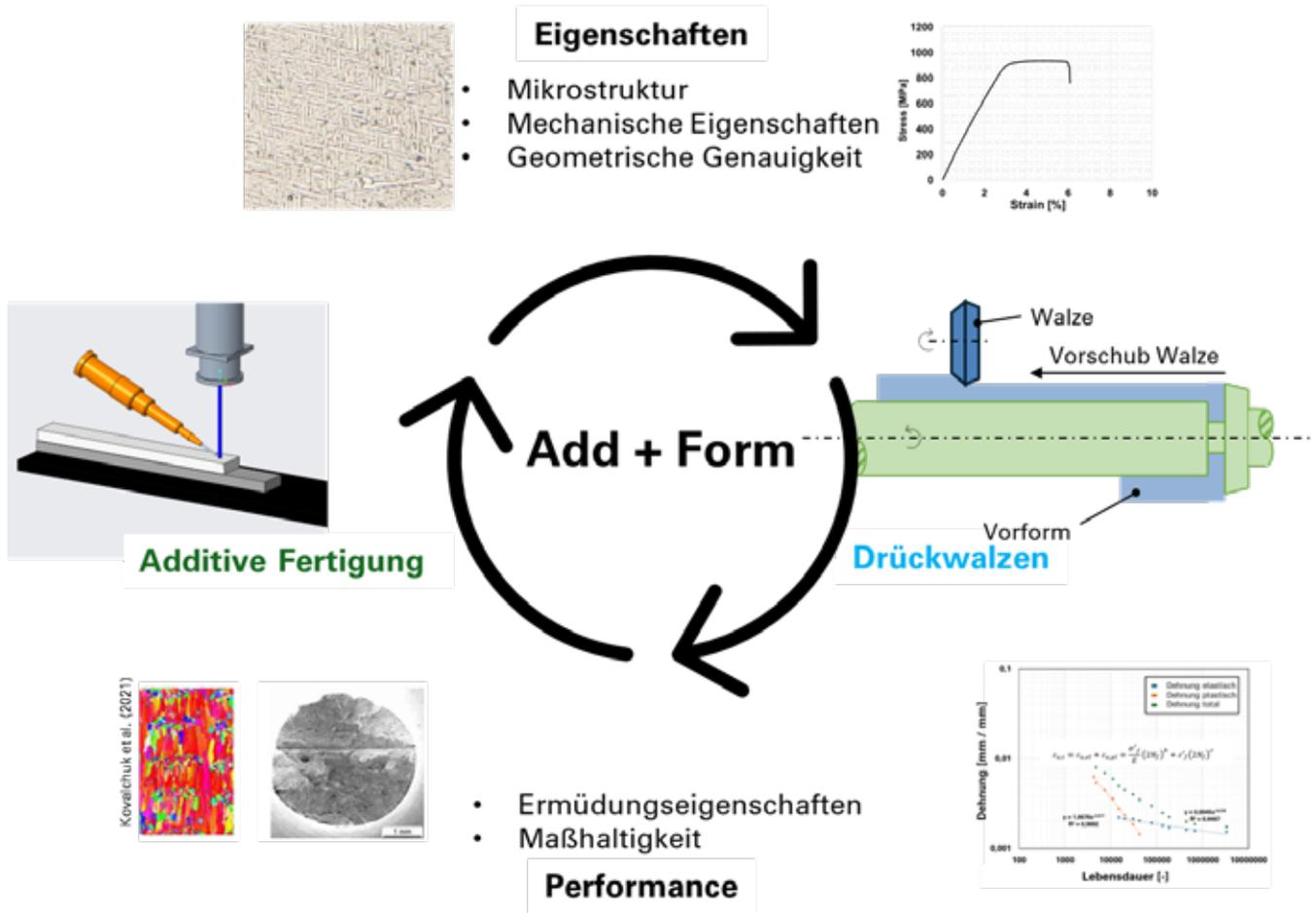


Abb. 1: Schematische Darstellung der Vorgehensweise im Projekt

In Kooperation mit:



# Kosteneffiziente und nachhaltige Produktion von Titan-Bauteilen

## durch innovative Hybridfertigung, drahtbasierte additive Fertigung und Drückwalzen – Add&Form

Drückgewalzte Hochleistungsbauteile aus Titanlegierungen sind für den Verkehrs- und Energiesektor und insbesondere für die Luft- und Raumfahrtindustrie von zentraler Bedeutung. Typische Bauteile sind Antriebswellen für Helikopter, Bandagen für E-Motoren oder Gehäuse in der Öl- und Gasindustrie. Die Fertigungsprozesskette besteht traditionell aus mehrstufigen mechanischen Verfahren einerseits für die Vorform und andererseits für die Endbearbeitung. Diese Verfahren sind jedoch aufgrund der aufwendigen mechanischen Bearbeitung sowie des ungünstigen „Buy to Fly“-Verhältnisses (Masse des Einsatzmaterials zu Masse des Einbauteils) mit einem sehr hohen Kostenaufwand verbunden und auf lange Sicht nicht wirtschaftlich.

Eine treibende Kraft für die Entwicklung neuer Verarbeitungsrouten für Titanlegierungen ist die Senkung der Kosten und Ausschussraten. Für viele Anwendungen könnten Near-Net-Shape-Technologien wie die Additive Fertigung (AM) eine ressourceneffizientere Produktion eher ermöglichen als herkömmliche Verarbeitungsprozesse. Allerdings steigen bei der additiven Fertigung die Herstellungskosten und die Prozesszeit mit zunehmender Bauteilgröße erheblich an.



**Dzhem Kurtulan,  
M.Sc.**

Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter  
dzhem.kurtulan@  
w-hs.de



**Prof. Dr.-Ing., IWE,  
Ghazal Moeini**

Werkstofftechnik und  
Fügetechnik  
ghazal.moeini@  
w-hs.de

### Drahtbasierte additive Fertigung

Bei Verwendung der drahtbasierten additiven Fertigung, z. B. Directed Energy Deposition Electron Beam (DED-EB), wird eine ressourcenschonende Herstellung der Vorformteile aus Titanlegierungen gewährleistet. Diese Vorformteile werden im Anschluss mittels Drückwalzen auf ihre Endgeometrie umgeformt. Um das Hybridverfahren aus AM und Drückwalzen erfolgreich zu etablieren, ist es enorm wichtig, dass beide Teilverfahren miteinander abgestimmt und jeweils optimiert werden, um die Bauteile mit bestimmten metallurgischen und mechanisch-technischen Eigenschaften zu gewährleisten.

### Ziel des Forschungsprojekts

Ziel des Forschungsprojekts „Add&Form“ ist zum einen die Qualifizierung und Weiterentwicklung des DED-EB-Verfahrens

zur Herstellung optimaler Vorformen aus Ti-Legierungen für das Drückwalzen und zum anderen die Gewinnung eines tiefen Einblicks in die Kaltumformbarkeit von AM-Bauteilen durch Drückwalzen. Dieses Vorhaben geht im Vergleich zum Stand der Technik entscheidende Schritte weiter hin zur Herstellung der 3D-Vorformteile, die in bisherigen Ansätzen nur zeit- und kostenintensiv realisiert werden konnten. Damit bietet dieses Projekt einen wertvollen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie, in dem vom vorwettbewerblichen Stadium aus die einzelnen Stufen entlang der Wertschöpfungskette untersucht werden.

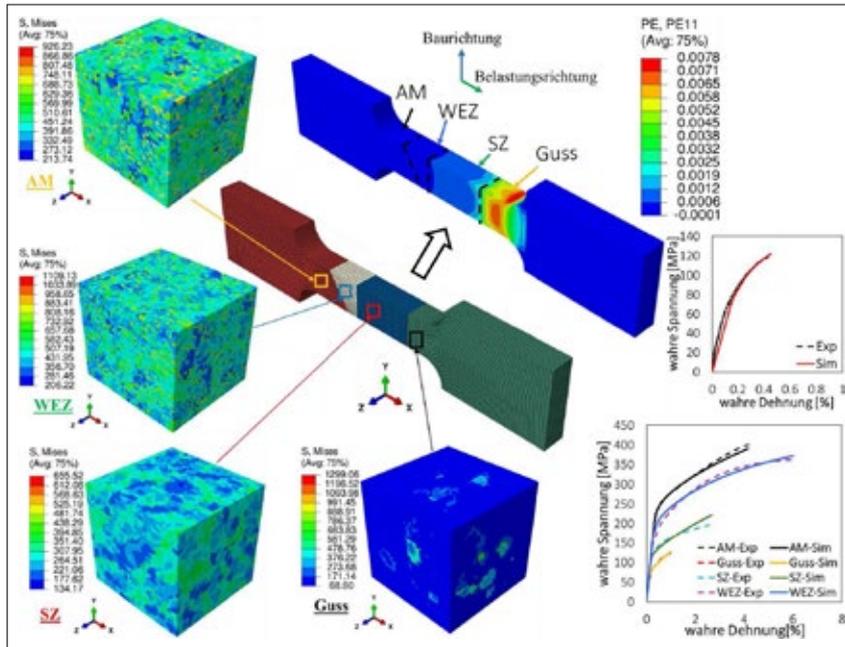


Abb. 1: Mikro-Makromodellierung des Zugverhaltens der AM-Guss rührreibgeschweißten Verbindung (WEZ – Wärmeinflusszone, SZ – Schweißzone, BD – Baurichtung). Die Bilder wurden reproduziert von [2].

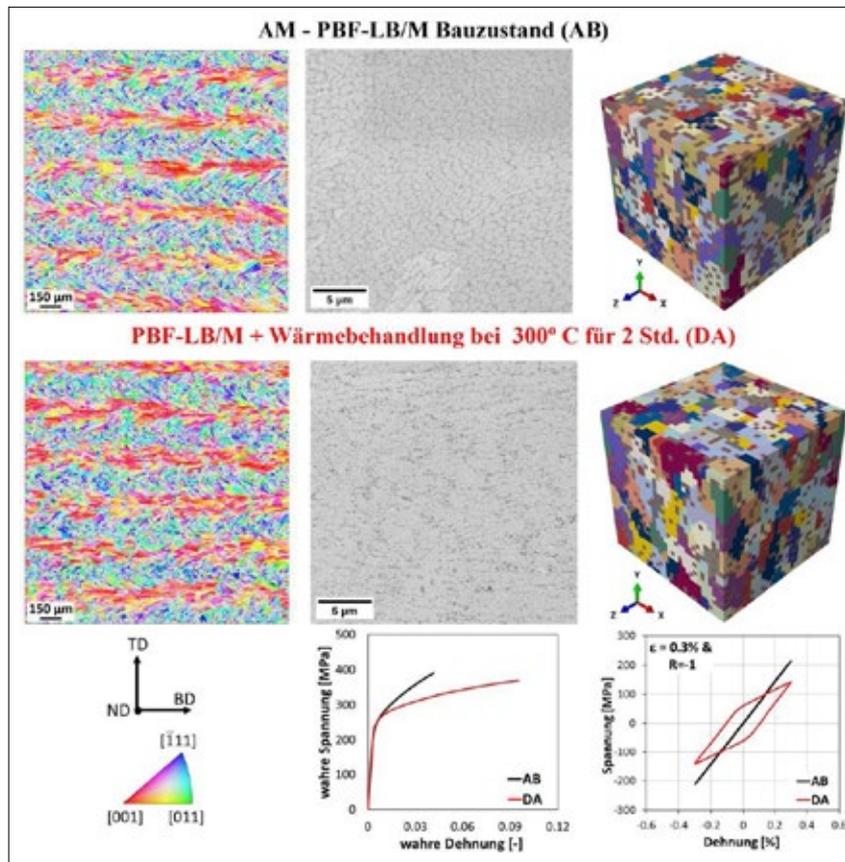


Abb. 2: Auswirkung der Wärmebehandlung auf die Mikrostruktur und auf die Zug- und Ermüdungseigenschaften des PBF-LB/M AISi10Mg. Die Bilder wurden reproduziert von [3,4].

# Mikro-Makro-Modellierung der rührreibgeschweißten Hybridverbindung von im Pulverbett geschmolzenem und gegossenem AlSi10Mg

Die innovativen Leichtbaukonzepte erfordern die Abstimmung von optimierter Bauteilgestaltung, angepassten Fertigungsverfahren und geeigneter Materialauswahl. Die additive Fertigung (AM) bietet als metallzusatztechnisches Fertigungsverfahren den Vorteil einer werkzeuglosen Fertigung nahezu ohne Einschränkungen hinsichtlich der Strukturkomplexität. Eine wesentliche Einschränkung für die Anwendung der AM als industrielles Herstellungsverfahren ist jedoch die begrenzte Größe der Produkte. Die anhaltende Forderung nach Überwindung der Bauteilgrößenbeschränkung führt zur Notwendigkeit, die Schweißbarkeit von AM-Komponenten an sich selbst oder an konventionell hergestellten Komponenten in Baugruppen zu untersuchen. Insbesondere das Rührreibschweißen (FSW) als Festkörperschweißverfahren ist erfolgreich eingesetzt worden, um die üblichen Erstarungsprobleme der Schmelzschweißverfahren zu vermeiden. Es fehlt jedoch immer noch eine quantitative Beschreibung des Einflusses einer inhomogenen Mikrostruktur in Verbindung mit der Porosität auf die Variabilität des Ermüdungsverhaltens der Rührreibschweißverbindung von AM-Teilen, welches es erschwert, den Sicherheitsfaktor für zyklische Belastungsbedingungen zu spezifizieren, der für viele industrielle Anwendungen wichtig ist. Darüber hinaus hängt die Entwicklung und Optimierung von AM-Schweißverbindungen



**Aravindh Nammalvar Raja Rajan, M.Sc.**  
Doktorand  
Ruhr-Universität  
Bochum/Westfälische  
Hochschule  
aravindh.rajan@  
w-hs.de



**Prof. Dr.-Ing., IWE,  
Ghazal Moeini**  
Werkstofftechnik und  
Fügetechnik  
ghazal.moeini@  
w-hs.de

heutzutage weitgehend von der Simulation ab, wobei die mikrostrukturelle Heterogenität lokaler Bereiche der Schweißteilverbindung berücksichtigt werden muss.

## Zielsetzung des Forschungsvorhabens

Das Hauptziel des vorgeschlagenen Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines mikrostruktur- und defektsensitiven Berechnungsschemas zur Vorhersage des Ermüdungsverhaltens von durch AM und Gussverfahren hergestellten Rührreibschweißverbindungspartnern unter Berücksichtigung der mikrostrukturellen Eigenschaften aller Bereiche in der Schweißverbindung, d. h. Mikrostruktur, chemische Zusammensetzung, Phasenanteil und Unregelmäßigkeiten (d. h. Porosität und Einschlüsse). Proben aus der Leichtgewicht-Aluminiumlegierung AlSi10Mg, die mit AM und Gießverfahren bearbeitet wurden, werden berücksichtigt.

Das Festkörper-Rührreischweißen wird zur Herstellung von soliden Schweißnähten von Hybridbauteilen eingesetzt. Die umfassenden mechanischen und mikrostrukturellen Charakterisierungen werden an den additiv gefertigten und gegossenen AlSi10Mg-Bauteilen sowie an deren Rührreibschweißverbindungen durchgeführt. Die Werkstoffcharakterisierung liefert den notwendigen Input für die Entwicklung einer mikrostruktur- und defektsensitiven Ermüdungssimulation der Hybridschweißverbindung. Die mikrostruktur- und defektsensitive Ermüdungssimulation wird auf der Grundlage der realen Mikrostruktur lokaler Bereiche der Schweißverbindung durchgeführt. Zusätzlich wird der Einfluss der Porosität bzw. Defektverteilung auf die mechanischen Eigenschaften, insbesondere das Ermüdungsverhalten, von AM-Bauteilen und der Hybridschweißverbindung untersucht und mit den Experimenten validiert.

## Publikationen //

- [1] M. KROCHMAL et al., (2022).  
doi:10.1557/s43578-022-00838-1
- [2] A. NAMMALVAR RAJA RAJAN et al., (2022).  
<https://doi.org/10.3390/ma15165562>
- [3] A. NAMMALVAR RAJA RAJAN et al., (2023).  
<https://doi.org/10.1016/j.msea.2023.145232>
- [4] A. NAMMALVAR RAJA RAJAN et al., (2024).  
<https://doi.org/10.1007/s40194-024-01775-9>

## Projektinformationen //

Dieses Verbundprojekt zwischen der Westfälische Hochschule, der Universität Kassel und dem Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS) an der Ruhr-Universität Bochum wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. (Projektlaufzeit: 2021 – 2024)

## Projektkennung //

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - Projektnummer 450156756

Micro-macro characterization and modeling of fatigue properties of hybrid welded joint of AlSi10Mg parts produced by selective laser melting and casting

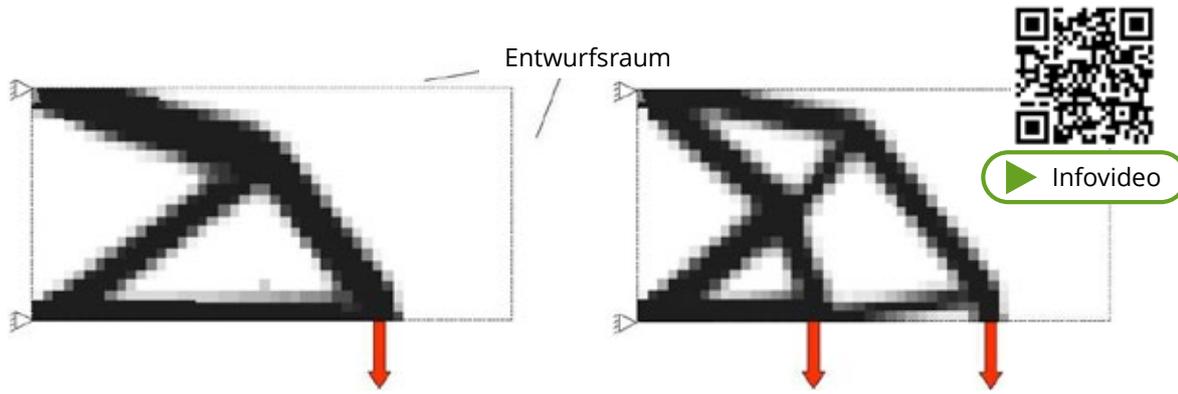


Abb. 1:

Resultate zweier Topologieoptimierungen. Die roten Pfeile kennzeichnen die Belastungen der Strukturen (modifiziert nach [SCH20]).

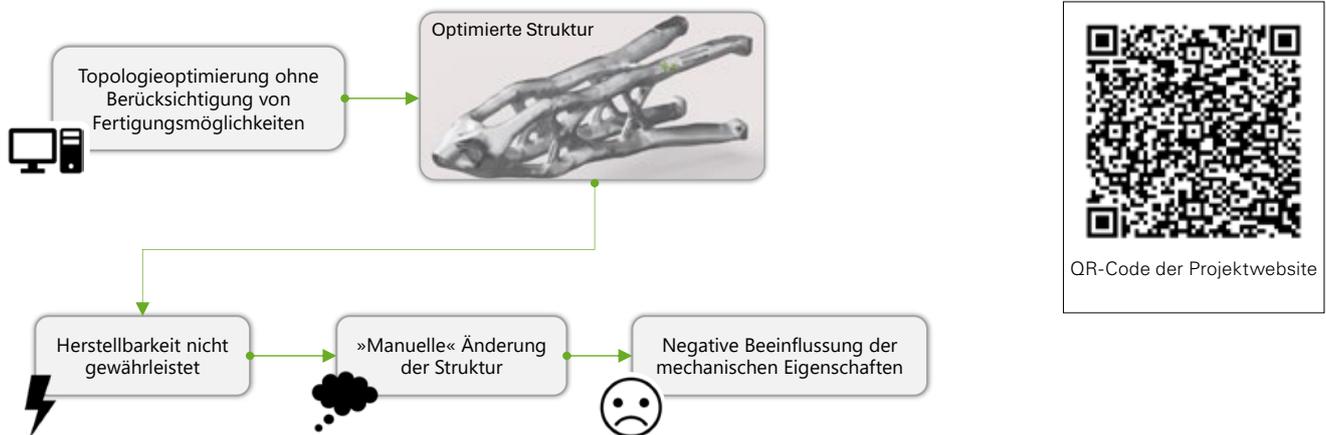


Abb. 2:

Eine Topologieoptimierung ohne Berücksichtigung von Fertigungsrestriktionen führt i. d. R. zu nicht herstellbaren Strukturen.

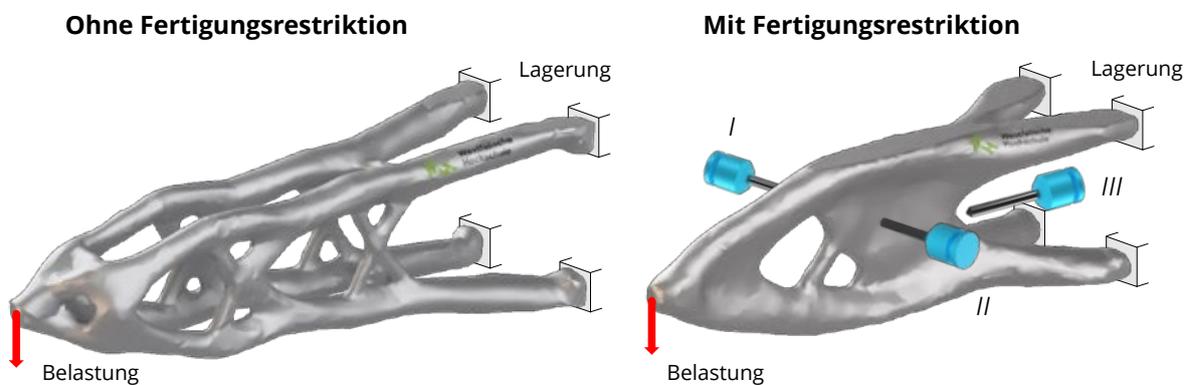


Abb. 3:

Topologieoptimierung eines Kragträgers ohne Fertigungsrestriktionen (links) und mit Fertigungsrestriktionen (rechts). Die Fertigung erfolgt nacheinander aus den 3 Bearbeitungsrichtungen (I, II, III).

# Integration von Fertigungsrestriktionen bei 3D-Fräsverfahren in die Topologieoptimierung mit der Level-Set-Methode

## Was versteht man unter Topologieoptimierung?

Eine Topologieoptimierung von belasteten, mechanischen Strukturen hat das Ziel, unter Vorgabe von Ziel- und Restriktionsfunktionen eine optimierte Lage und Anordnung der Strukturelemente zu finden. Eine in der Forschung populäre Optimierungsaufgabe ist die Minimierung der mittleren Nachgiebigkeit (Zielfunktion) – entspricht einer Maximierung der Steifigkeit – bei gleichzeitiger Reduktion der Strukturmasse (Restriktionsfunktion). Um das Optimierungsziel zu erreichen, werden iterativ die Form und die Topologie der Struktur zielgerichtet durch einen Optimierungsalgorithmus variiert (siehe Abb. 1). Topologieänderung bedeutet, dass entweder neue Löcher erzeugt oder vorhandene verschmolzen werden. Ein Vertreter solcher Verfahren ist die Topologieoptimierung mit der Level-Set-Methode (siehe Infovideo).

## Lassen sich die optimierten Strukturen fertigen?

Werden bei Topologieoptimierungen die zur Verfügung stehenden Fertigungsverfahren und deren spezifischen Fertigungsrestriktionen nicht berücksichtigt, ist die Herstellbarkeit der optimierten Strukturen nicht gewährleistet. Zur Fertigung müssten dann abhängig vom Fertigungsverfahren verschiedene konstruktive Änderungen vorgenommen werden, die jedoch die zuvor optimierten mechanischen Eigenschaften negativ beeinflussen (siehe Abb. 2). Ein großes Problem dabei ist, dass solche Änderungen stark von der Interpretation des Konstrukteurs abhängig sind. Schon die Veränderung kleinster Streben kann große, negative mechanische Auswirkungen haben [SCH20]. Von daher ist die Integration von Fertigungsrestriktionen in die Topologieoptimierung ein populäres Forschungsfeld. Damit ist gemeint, dass direkt im Optimierungsalgorithmus mithilfe mathematischer Verfahren die Entstehung nicht herstellbarer Strukturen vermieden wird.



**Christopher Colling,  
M. Eng.**

Fachbereich Maschinenbau, Umwelt- und Gebäudetechnik  
christopher.colling@w-hs.de



**Prof. Dr.-Ing.  
Klaus Mecking**

Institut für Maschinenbau  
Fachbereich Maschinenbau, Umwelt- und Gebäudetechnik  
klaus.mecking@w-hs.de

## Fertigungsrestriktionen bei 3D-Fräsverfahren

Wir haben in unserer Forschungsarbeit Fertigungsrestriktionen von Fräsverfahren in die Topologieoptimierung integriert. Als harte Fertigungsrestriktion – bei einer Verletzung ist eine Fertigung nicht möglich – haben wir die Werkzeugzugänglichkeit berücksichtigt. Damit ist gemeint, dass das Fräswerkzeug, samt Werkzeughalterung und Hauptspindel, jeden Bearbeitungspunkt der optimierten Strukturen ohne Kollision und unter Berücksichtigung vordefinierter Umspannungsrichtungen erreichen kann. Als weiche Fertigungsrestriktion – bei einer Verletzung ist eine Fertigung möglich, jedoch nur unter erhöhten Kosten – haben wir die Einhaltung einer vordefinierten Mindestwandstärke untersucht.

## Welchen Ansatz verfolgen wir dabei?

Um während einer Optimierung die Erfüllung der Fertigungsrestriktionen zu ermöglichen, ermitteln wir zunächst alle Oberflächenbereiche, die entweder nicht vom

Werkzeug erreicht werden können oder an denen eine zu dünne Wandstärke vorliegt. Diese Bereiche sollen anschließend durch ein lokal induziertes Strukturwachstum zugänglich bzw. ausreichend verdickt werden. Zu diesem Zweck definieren wir ein Potentialfeld, mit dessen Hilfe die zuvor ermittelten Oberflächenbereiche während der Optimierung nach außen gedrückt werden. Das Potentialfeld ist so ausgerichtet, dass eine nach außen gerichtete Bewegung einer mathematischen Potentialminimierung gleichkommt. Für eine detaillierte Beschreibung verweisen wir auf unsere aktuelle Veröffentlichung [COL24].

## Optimierung eines Kragträgers mit Fertigungsrestriktionen am Beispiel einer 3-Achs-Bearbeitung

Zur Demonstration sind in Abbildung 3 die Ergebnisse zweier Topologieoptimierungen dargestellt. Ziel beider Optimierungen war die Minimierung der mittleren Nachgiebigkeit bei gleichzeitiger Reduktion der Bauteilmasse um 85 % (bezogen auf eine Ausführung aus Vollmaterial). Links ist die optimierte Struktur ohne Fertigungsrestriktionen gezeigt, rechts die Struktur mit Berücksichtigung der Fertigungsrestriktionen. Für letztere wurden die 3 gekennzeichneten Bearbeitungsrichtungen sowie eine zuvor definierte Werkzeuggeometrie (Fräswerkzeug, Form der Werkzeughalterung und der Hauptspindel) vorgegeben. Es ist zu erkennen, dass die zahlreichen Hinterschneidungen der linken Struktur mithilfe der integrierten Fertigungsrestriktionen beseitigt wurden. Aufgrund der dadurch zwangsweise eingeschränkten geometrischen Freiheit weist die rechte, fräsbare Struktur eine um 15 % erhöhte mittlere Nachgiebigkeit auf.

## Projektinformationen //

Projektwebsite (siehe auch QR-Code):  
Topologieoptimierung mechanischer Strukturen  
<https://www.w-hs.de/hochschule/fachbereiche/maschinenbau-umwelt-und-gebaeudetechnik/institut-fuer-maschinenbau/forschung/simulation-von-fertigungsprozessen/>

## Publikation und Quelle //

[COL24] COLLING, C., A. SCHUMACHER & K. MECKING. Level-set-based topology optimization of threedimensional structures considering the manufacturing process with realistic milling tools. *Struct Multi-disc Optim* 67, 204 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00158-024-03928-2>  
[SCH20] SCHUMACHER, Axel, 2020. *Optimierung mechanischer Strukturen - Grundlagen und industrielle Anwendungen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

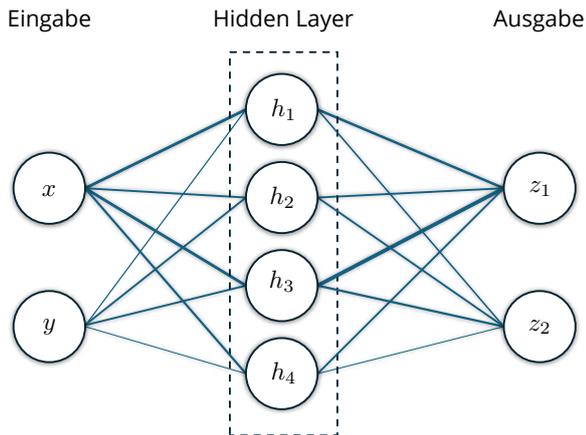


Abb. 1:

Topologie eines neuronalen Netzes mit 2 Eingabeneuronen ( $x, y$ ), einer versteckten Schicht ( $h$ ) und 2 Ausgabeneuronen ( $z$ ). Die unterschiedlichen Strichstärken verdeutlichen die verschiedenen Gewichtungen.

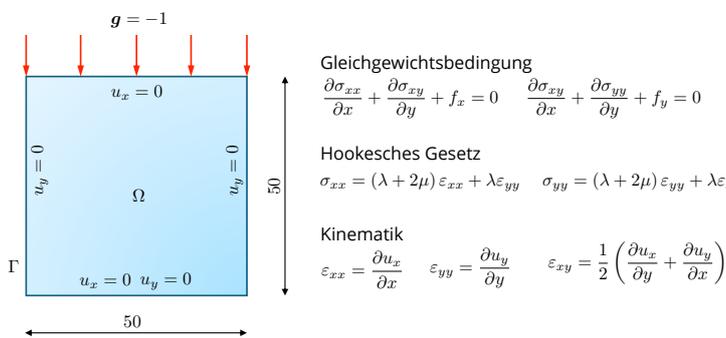
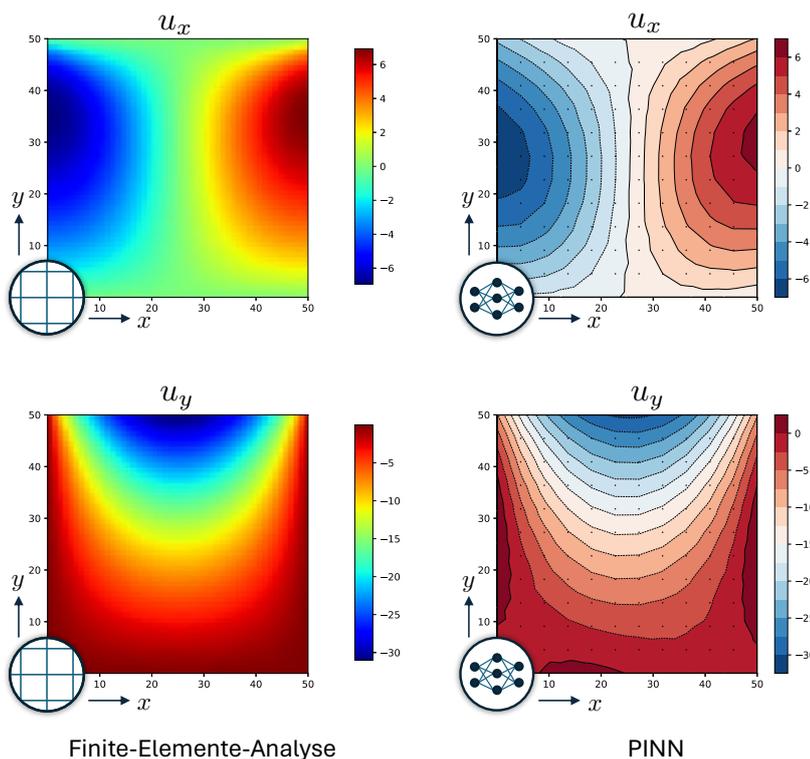


Abb. 2:

Zweidimensionale Struktur  $\Omega$ , die durch eine gleichförmige Streckenlast  $g$  belastet wird und auf dem Rand  $\Gamma$  Verschiebungsrandbedingungen unterliegt. Die gezeigten Differentialgleichungen können in Anlehnung an [HAG21] für das Training des strukturmekanischen Verhaltens mit einem PINN verwendet werden.

**Quellen //**

- [WOL22] WOLDSETH, R.V., N. AAGE, J. A. BÆR-ENTZEN et al., 2022. On the use of artificial neural networks in topology optimization. <https://doi.org/10.1007/s00158-022-03347-1>. *Struct Multidisc Optim* **65**, 294.
- [HAG21] HAGHIGHAT, Ehsan, Maziar RAISSI, Adrian MOURE, Hector Gomez, Ruben Juanes, 2021. A physics-informed deep learning framework for inversion and surrogate modeling in solid mechanics. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2021.113741> In: *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*.
- [SCH20] SCHUMACHER, Axel, 2020. *Optimierung mechanischer Strukturen - Grundlagen und industrielle Anwendungen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Abb. 3:

Approximation des strukturmekanischen Verhaltens der zweidimensionalen Struktur. Links ist das Ergebnis für die Verschiebungen in beide Koordinatenrichtungen aus einer Finite-Elemente-Analyse und rechts die Vorhersage der Verschiebungen von einem trainierten PINN gezeigt.

# Reduktion des Rechenaufwands in der Topologieoptimierung mithilfe „künstlicher Intelligenz“ durch den Einsatz von PINNs

## Topologieoptimierung: Hoher Rechenaufwand bei komplexen Problemen

Die Topologieoptimierung belasteter, mechanischer Strukturen hat das Ziel, unter Vorgabe von Ziel- und Restriktionsfunktionen eine optimierte Lage und Anordnung der Strukturelemente zu finden. Eine in der Forschung populäre Optimierungsaufgabe ist die Minimierung der mittleren Nachgiebigkeit (Zielfunktion) – entspricht einer Maximierung der Steifigkeit – bei gleichzeitiger Reduktion der Strukturmasse (Restriktionsfunktion). Um das Optimierungsziel zu erreichen, werden iterativ die Form und die Topologie der Struktur variiert. Dazu wird die Struktur in viele kleine Strukturbereiche unterteilt, die im einfachsten Falle einem Finiten-Element entsprechen [SCH20]. Die Zielfunktion und die Restriktionen müssen in jeder Iteration ausgewertet und dahingehend die Suchrichtung – wo muss Material entfernt und wo hinzugefügt werden? – ständig angepasst werden. Dieser Schritt ist i. d. Regel zeit- und kostenintensiv, da dazu abhängig von der Komplexität des Problems große Gleichungssysteme gelöst werden müssen.

## Physics-Informed Neural Networks

Unter Physics-Informed Neural Networks (PINNs) versteht man eine besondere Art neuronaler Netze. Neuronale Netze bestehen grundlegend aus mehreren Schichten von Knoten (Neuronen). Dazu gehören eine Eingabeschicht, mindestens eine verborgene Schicht (Hidden Layer) und eine Ausgabeschicht (siehe Abb. 1). Die Knoten der verschiedenen Schichten sind miteinander verbunden. Den Verbindungen werden Gewichtungen zugeordnet, die beschreiben, wie stark ein Signal über diese Verbindung geleitet wird. Wird ein neuronales Netz trainiert, werden diese Gewichte optimiert, sodass die Signalweiterleitung zu immer besser werdenden Netzausgaben führt. Der aktuelle Trainingszustand wird mithilfe einer Verlustfunktion bewertet, die die Abweichung der Netzvorhersage zu den tatsächlichen Werten beziffert. Ein prominentes Beispiel ist die Zahlenerkennung. Dabei können z. B. Graustufen von Bildpixeln als Netzeingabe und zu erkennende Zahlen aus Ausgabeknoten definiert werden. Abhängig von der erkannten Zahl wird das Signal bei einem trainierten Netz auf den jeweiligen Ausgabeknoten, der diese Ziffer repräsentiert, geleitet.

Während herkömmliche neuronale Netze rein datenbasiert lernen, werden bei PINNs zusätzlich physikalische Gesetze in den Lernprozess integriert. Dies geschieht in Form von Differentialgleichungen, die ein zu lernendes Verhalten beschreiben. Die Verlustfunktion setzt sich hier aus den Vorhersagefehlern an den bekannten Datenpunkten – das können z. B. Simulationsdaten sein –, der Abweichung der Netzvorhersage von der Lösung der Differentialgleichung und der Abweichung der Netzvorhersage zu den Randbedingungen des Problems zusammen. In der Forschung erfahren PINNs daher aktuell viel Aufmerksamkeit in Prozessen, die physikalischen Gesetzmäßigkeiten unterliegen. Da mithilfe der zugrunde liegenden Gleichungen das Lernen physikbasiert erfolgt, ist auch ein Lernen ohne vorhandenen Referenzdatensatz möglich.

## Approximation strukturmechanischer Gleichungen mithilfe von PINNs

In der Publikation [HAG21] wird demonstriert, dass auch die Approximation strukturmechanischer Grundgleichungen

mit PINNs gelingen kann. Dafür werden Gleichgewichtsbedingungen, kinematische Bedingungen und das Hookesche Gesetz für das Training genutzt. Es wird gezeigt, dass ein so trainiertes PINN z. B. die mechanischen Verschiebungen vorhersagen kann. In Abbildung 2 ist beispielhaft eine zweidimensionale Struktur gezeigt, die auf dem oberen Rand durch eine gleichförmige Streckenlast belastet wird. Alle Ränder erhalten außerdem die gekennzeichneten Verschiebungsrandbedingungen.

Die resultierende Verformung der Struktur ist in Abbildung 3 gezeigt. Auf der linken Seite sind die Verschiebungen in beiden Koordinatenrichtungen aus einer Finite-Elemente-Analyse gezeigt. Rechts sind die Vorhersagen für die Verschiebungen von einem trainierten PINN zu sehen.

## PINNs in der Topologieoptimierung

In einer Studie von Woldseth et al. [WOL22] wird der Einsatz neuronaler Netze in der Topologieoptimierung diskutiert. Dabei werden auf Grundlage existierender Forschungsarbeiten grundsätzlich verschiedene Bereiche herausgearbeitet, in denen neuronale Netze sinnvoll eingesetzt werden könnten. Als vielversprechendste Bereiche werden die Beschleunigung von Rechnungen oder die Nachbearbeitung optimierter Strukturen zur finalen Fertigung genannt. In der Publikation werden PINNs als „interessanter“ Ansatz zur Integration neuronaler Netze in die Topologieoptimierung hervorgehoben. Wir wollen zu dieser Forschung beitragen und mithilfe der strukturmechanischen PINNs die Beschleunigung von Optimierungen untersuchen. Die Grundidee besteht darin, durch ein Erlernen der strukturmechanischen Gleichungen im fortgeschrittenen Stadium der Optimierung die Anzahl der Finite-Elemente-Analysen zu reduzieren und mithilfe des PINNs Suchrichtungen für die Optimierungen zu bestimmen. Als zentrale Forschungsfrage untersuchen wir, wie das Training eines PINNs parallel zur Optimierung bei komplexen Randbedingungen durchgeführt werden kann, sodass die Vorhersagegenauigkeit unter Berücksichtigung der Trainingsdauer für den Einsatz in einer Optimierung geeignet ist.

## Projektinformationen //

PINN-Forschungsgruppe WH

<https://www.w-hs.de/hochschule/fachbereiche/maschinenbau-umwelt-und-gebäudebau/institut-fuer-maschinenbau/forschung/forschungsgruppe-pinn/>  
 Projektförderung: Förderlinie 2 der WH,  
 „Neuartige Anwendung von Physics-Informed Neural Networks (PINN) in der Struktur- und Strömungsmechanik“



**Christopher Colling,  
M. Eng.**

Fachbereich Maschinenbau, Umwelt- und Gebäudetechnik  
christopher.colling@w-hs.de



**Prof. Dr.-Ing.  
Klaus Mecking**

Institut für Maschinenbau  
Fachbereich Maschinenbau, Umwelt- und Gebäudetechnik  
klaus.mecking@w-hs.de

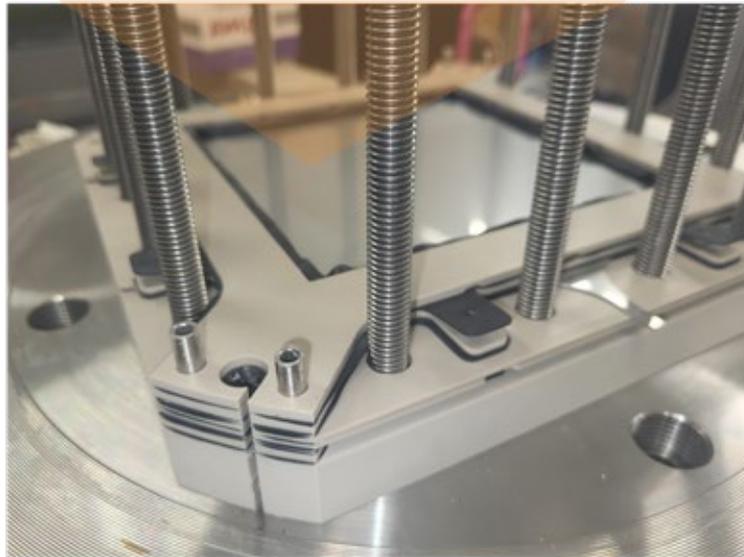
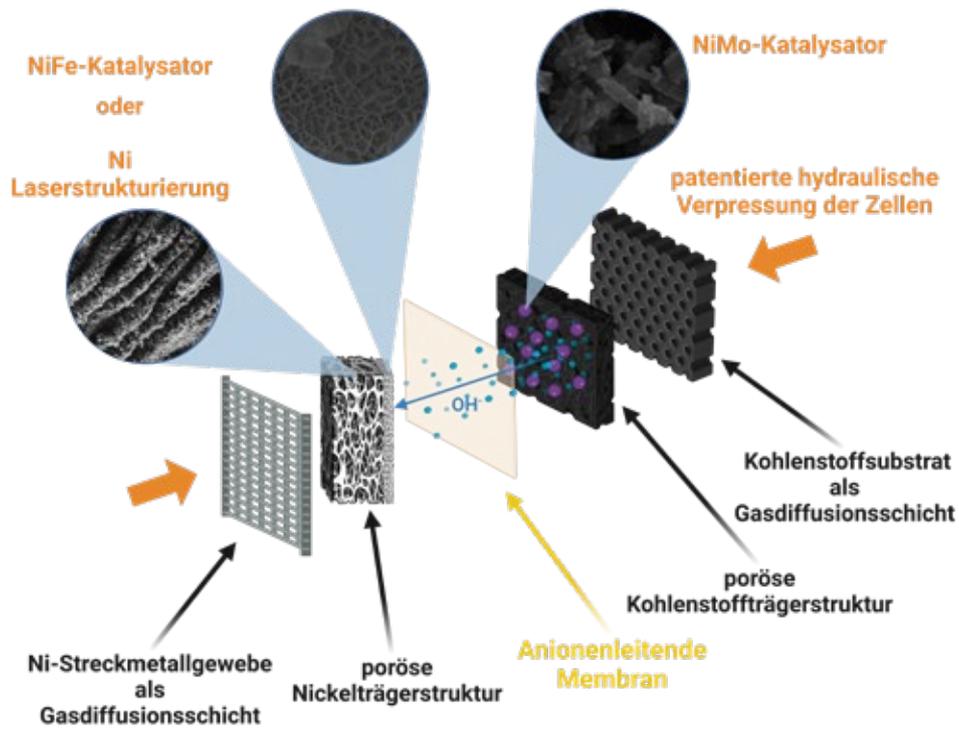


Abb. 1:

Einige der Schwerpunkte der Forschungsgruppe liegen auf der Entwicklung von Elektroden für die AEM-Elektrolyse, die eine hohe elektrochemische Oberfläche aufweisen (NiFe oder laserstrukturiertes Ni für die Anode und NiMo für die Kathode), die später in einem selbstgebauten AEM-Stack integriert werden können, der auf dem patentierten Ansatz der hydraulischen Zellverpressung basiert.

Gefördert durch:



# Kostengünstige und nachhaltige Katalysatoren und Elektroden zur Herstellung von grünem Wasserstoff

Die Wasserstoff-Arbeitsgruppe des Westfälischen Energieinstituts vertieft ihren Fokus auf die Anionenaustausch-Membran-Wasserelektrolyse (AEMWE) aufgrund ihres vielversprechenden Potenzials zur Herstellung von grünem Wasserstoff. Im Gegensatz zur marktbekannteren Protonenaustausch-Membran-Elektrolyse (PEM) verwendet die AEMWE eine anionenleitfähige Membran, um Hydroxidionen ( $\text{OH}^-$ ) von der Kathode zur Anode zu transportieren, sodass Wasserstoff und Sauerstoff hergestellt werden können. Dies ermöglicht den Einsatz kostengünstiger Nichtedelmetallkatalysatoren wie Nickel, Molybdän oder Eisen in der Membranelektrodenanordnung (ein Sandwich zwischen Kathode, Membran und Anode). Des Weiteren ist das Degradationsverhalten der Katalysatoren essenziell, um die Langzeitstabilität unter alkalischen Betriebsbedingungen zu gewährleisten. Die Katalysatorentwicklung ist entscheidend für den Fortschritt der AEMWE-Technologie und folglich zur skalierbaren Herstellung von grünem Wasserstoff. Innerhalb der Arbeitsgruppe werden Forschungsarbeiten an beiden Elektroden durchgeführt. Zudem werden Prüfinfrastrukturen erweitert, die eine Untersuchung der entwickelten Materialien oder Elektroden unter Anwendungsbedingungen ermöglicht.

## Entwicklung kathodischer Nickel-Molybdän-Katalysatoren

NiMo-Katalysatoren zeichnen sich bei der Wasserstoffentwicklungsreaktion an der Kathode aus und bieten eine Leistung, die mit Edelmetallen der Platingruppe vergleichbar ist, jedoch zu einem Bruchteil der Kosten. Die Kombination von Nickel und Molybdän verbessert die katalytische Aktivität, was ausgezeichnete Wasserstoff-Adsorptions- und Desorptionskinetiken bietet, die für eine effiziente Wasserstoffproduktion entscheidend sind. NiMo-Katalysatoren sind zudem stabil in alkalischen Umgebungen, was eine langfristige Haltbarkeit und Korrosionsbeständigkeit bietet und sie ideal für den Langzeitbetrieb in AEMWE-Systemen macht. In den neuesten Untersuchungen der Arbeitsgruppe, wurden die Herstellungsparameter der NiMo-Katalysatoren optimiert, wodurch die Partikelgröße verringert werden konnte, was die spezifische Oberfläche und somit die Leistung der Elektroden erhöht. Zusätzlich wurde die Stromeffizienz durch die Parameteroptimierung verbessert. Erste in-situ-Tests mit platingruppenmetallfreien Anordnungen zeigten eine Stromdichte von 1 A/cm<sup>2</sup> bei 2 V.

## Entwicklung anodischer Nickel-Eisen-Katalysatoren und Nickel-Elektroden

An der Anode sind NiFe-Katalysatoren äußerst effektiv für die Sauerstoffentwicklungsreaktion, einen Schlüsselschritt bei der Wasserspaltung. NiFe-Katalysatoren zeigen erhöhte Aktivität und Stabilität in alkalischen Medien und können mit edelmetallbasierte Katalysatorsystemen (bspw. Iridium) hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und Aktivität konkurrieren. Der synergetische Effekt der NiFe-Legierung verbessert die Fähigkeit des Katalysators, Hydroxidionen zu Wasser und Sauerstoff umzusetzen. Dies wird anhand der sogenannten Reaktionsüberspannung bewertet, die durch den Einsatz geeigneter Katalysatorsysteme reduziert wird. Aktuelle Forschungsergebnisse der Arbeitsgruppe zeigen, dass die spezifische Oberfläche, Zusammensetzung und Überspannung galvanisch hergestellter NiFe-Katalysatorsysteme durch pH-Wert-Anpassungen im Abscheidungs-elektrolyten beeinflusst werden können. Daneben wurde gezeigt, dass mittels Ultrakurzpuls-Laservorbereitung eine gezielte Oberflächenstrukturierung poröser Ni-Materialien ebenfalls eine Verbesserung der Aktivität herbeiführt.



**Prof. Dr. Michael Brodmann**  
Westfälisches  
Energieinstitut  
michael.brodmann@  
w-hs.de

Aufgrund des hoch anwendungsorientierten Charakters der Forschung wurde die galvanische Abscheidung als bevorzugte Beschichtungsmethode gewählt, die Vorteile in Bezug auf Skalierbarkeit und Handling bietet. Diese Technik ermöglicht eine präzise Kontrolle über die Dicke, Zusammensetzung und Morphologie der Katalysatorschicht, was eine gleichmäßige Verteilung der aktiven Materialien über die Elektrodenoberfläche gewährleistet. Außerdem ermöglicht die galvanische Abscheidung eine metallische Anbindung zwischen der Katalysatorschicht und dem Substrat, was die Haltbarkeit und Stabilität unter Betriebsbedingungen verbessert. Diese Anpassungsfähigkeit ist entscheidend, um den Anforderungen der industriellen Wasserstoffproduktion gerecht zu werden.

Darüber hinaus werden die Prüfstände im Rahmen verschiedener Drittmittelprojekte weiterentwickelt, um das WH-patentiertere Konzept der hydraulischen Verpressung in dieser aufstrebenden Technologie anwenden zu können. Hierfür wurde ein Prüfstand für Einzelzelltests entwickelt und aufgebaut, um die neuartigen Materialien In-situ testen zu können. Für das Upscaling in eine industriennahe Anwendung wird die bestehende H<sub>2</sub>-Produktionsanlage auf dem Gelände der WH erweitert, sodass AEM-Stacks mit einer Kapazität von bis 25 kW bei einem maximalen Gasausgangdruck von 100 bar getestet werden können.

## Projektinformationen //

Die vorliegenden Arbeiten werden durch das **ME(G)AEM-Projekt (IGF 22812N)** und das **AEMruhr-Projekt (BMBF 13FH0162IA)** sowie durch interne Mittel der Arbeitsgruppe finanziert.

Die Entwicklung der Elektroden erfolgte im Rahmen der Doktorarbeiten von Herrn Leonard Böhm und Herrn Maximilian Cieluch in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe von Prof. Ulf Apfel von der Ruhr-Universität Bochum.

Eine erste Studie zu NiFe-Anoden kann unter „CIELUCH et al., 2024. In: *ChemElectroChem*. DOI: 10.1002/celec.202400492“ abgerufen werden.

Ein wichtiger Beitrag zur Entwicklung der AEM-Testumgebung ist von Herrn Jeffrey Roth geleistet worden.



Abb. 1:  
Versuchsaufbau: Wässrige  $\text{NH}_3$ -Lösung mit dem MOX-Sensorboard

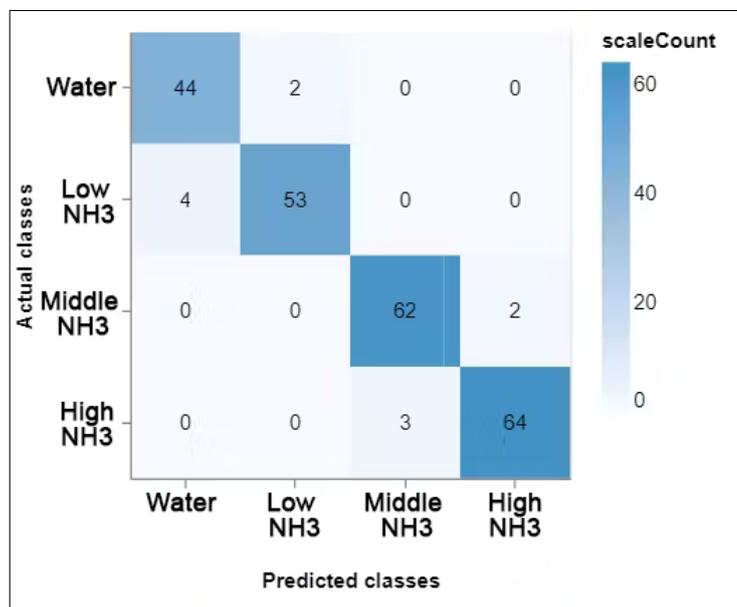


Abb. 2:  
Die Konfusionsmatrix zeigt die Ergebnisse der Validierung des trainierten neuronalen Netzes



Abb. 3:  
Drohne als eine mögliche mobile Gassensorplattform

# KI-basierter Metalloxid-Halbleiter-Sensor zur Ammoniakemissionsdetektion

## Motivation

Emissionen von Ammoniak ( $NH_3$ ) aus landwirtschaftlichen Quellen wie synthetischen Düngemitteln und den Ausscheidungen von Nutztieren stellen nicht nur eine Umweltbelastung dar, sondern können sich bei hohen Konzentrationen in Ställen auch negativ auf die Tiergesundheit auswirken. Stand der Technik zur Messung von Ammoniak in der Luft sind u.a. spektroskopische Verfahren, die mit hohen Kosten und Aufwänden für die Landwirte verbunden sind und nur eine geringe zeitliche und räumliche Auflösung bieten. Die ebenfalls oft eingesetzten elektrochemischen Sensoren bieten nur eine geringe Sensitivität und haben eine begrenzte Lebensdauer und Langzeitmessstabilität. Der Einsatz einer elektronischen Nase könnte diese Messmethoden in der Zukunft ersetzen und mit hoher Sensitivität und geringerem Aufwand für die Anwender in Echtzeit kostengünstig Emissionsdaten liefern. Dadurch können Ammoniakquellen ausfindig gemacht, Grenzwerte für das Tierwohl eingehalten und die benötigten Reduktionsmaßnahmen evaluiert werden.

## Methodik

In diesem Forschungsprojekt werden Metalloxid-Halbleiter (MOX) Gassensoren verwendet, deren Oberfläche sensitiv auf Ammoniak, aber auch auf andere flüchtige organische Substanzen (VOCs) reagiert. Der Sensor wird dabei mit einer Temperaturmodulation betrieben (temperature-cycled operation, TCO), der eine Gasdetektion durch spezifische Fingerprints ermöglicht. Zunächst wird in einem Laborumfeld ein Sensor-Array bestehend aus 8 MOX-Sensoren mithilfe von wässrigen  $NH_3$ -Lösungen mit Ammoniak begast. Diese

repräsentieren neben natürlichen Ammoniakquellen auch auftretende Luftfeuchtigkeit, wodurch der Einfluss der Feuchte auf den Sensor kompensiert werden kann. Der Aufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. Die gesammelten Daten werden genutzt, um mithilfe von Methoden des überwachten maschinellen Lernens den Sensor auf die Vorhersage von Ammoniakkonzentrationen in der Luft zu trainieren. Durch die Evaluation der Vorhersagegenauigkeit der

trainierten KI-Modelle und die Anpassung der Betriebsparameter der elektronischen Nase, wird die Temperaturmodulation des Sensors so optimiert, dass die Sensitivität und Selektivität gegenüber dem Ammoniak erhöht wird.

## Fazit

Anhand von Experimenten mit wässrigen Lösungen, die Luftfeuchte sowie kleine, mittlere und hohe Emissionsmengen an Ammoniak in der darüber befindlichen Luft erzeugen, konnte gezeigt werden, dass die elektronische Nase mit dem Einsatz einer optimierten Temperaturmodulation und einem effizienten künstlichen neuronalen Netz in der Lage ist, entstehende Ammoniakemissionen mit hoher Genauigkeit zu klassifizieren. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt. Das trainierte neuronale Netz kann in der späteren Anwendung auf ein Mikrocontrollerboard mit einem einzelnen MOX-Sensor portiert werden und so in Echtzeit entstehende Emissionen klassifizieren. Eine Drohne, wie in Abbildung 3 zu sehen, stellt dabei eine mögliche mobile Basis für das  $NH_3$ -Monitoring dar.

## Ausblick

Zukünftige Arbeiten werden darauf abzielen die Temperaturmodulation des Sensors noch feiner zu optimieren. Der Einfluss der mikrometeorologischen Umweltbedingungen kann mithilfe der weiteren auf dem Mikrocontrollerboard vorhandenen Sensoren für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Druck kompensiert werden. Darüber hinaus können mithilfe von Referenzdaten, die ein elektrochemischer Sensor liefert, Regressionsmodelle trainiert werden, um Ammoniakkonzentrationen in der Luft auch quantitativ zu bestimmen. Für die Robustheit der Algorithmen ist es außerdem erforderlich mit fortschreitender Entwicklung näher an das relevante Anwendungsumfeld mit allen dort auftretenden Störeinflüssen wie anderen Gasen oder schwankender Luftfeuchtigkeit zu rücken.



**Raphael Parsiegel**

Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften  
raphael.parsiegel@w-hs.de



**Miguel Budag Becker**

Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften  
miguel.budagbecker@w-hs.de



**Martin Pliete**

Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften  
martin.pliete@w-hs.de



**Pieter Try**

Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften  
pieter.try@w-hs.de



**Prof. Dr.**

**Marion Gebhard**

Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften  
marion.gebhard@w-hs.de

## Aktuelle Publikation //

BECKER, M.B., R. PARSIEGEL, J. SIEWERT, L. FELDMANN, M. GEBHARD, 2023. Drones for Efficient Fertilization Monitoring - DEF, 2023. Available online: <https://www.hackster.io/def/drones-for-efficient-fertilization-monitoring-def-c559bb>

## Projektinformationen //

Das Projekt wurde im Rahmen der 4. Research Challenge „Ökologische Nachhaltigkeit“ durch die Westfälische Hochschule gefördert. Bei den „NXP HoverGames 3: Land, Sky, Food Supply“ wurde die Arbeit mit dem Bosch Sensortec Sustainability Award 2023 ausgezeichnet.

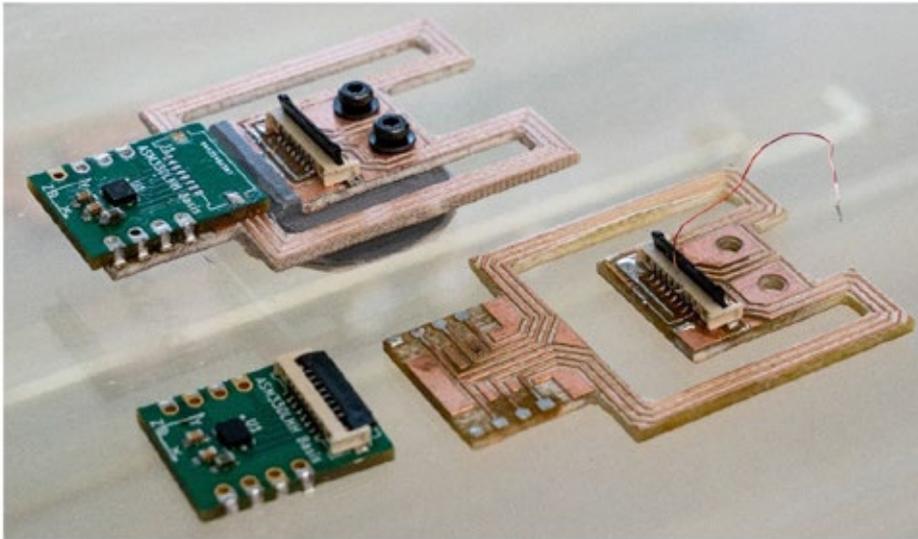


Abb. 1:

Das neue Sensing Device: Zu sehen ist ein kupferfarbenes PCB (Printed Circuit Board, Platine) mit der Schwingstruktur und ein separates grünes PCB, worauf die IMU montiert ist (kleines schwarzes Bauteil auf dem grünen Board). Diese Boards werden verlötet und mit zwei M2.5 Schrauben montiert.

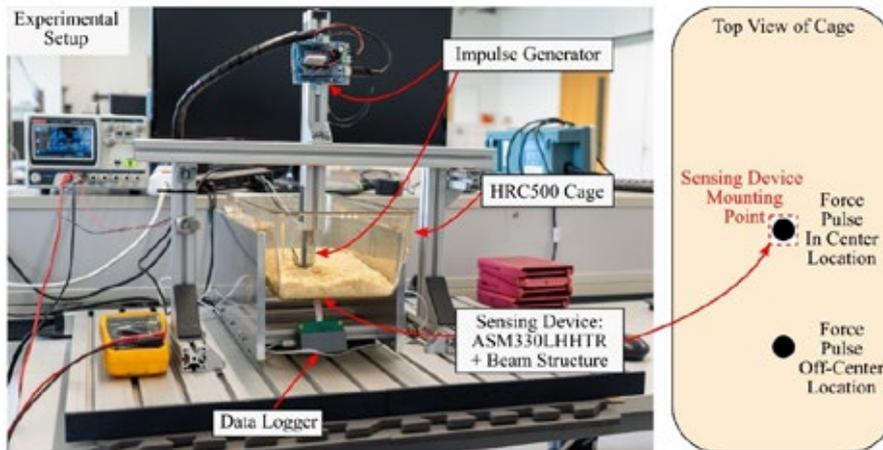


Abb. 2:

Experimenteller Aufbau zur Evaluation der Schwingstrukturen: Über eine Aluminiumbrücke montiert wirkt der Kraftimpulsgenerator auf den Käfigboden. Der Sensor ist mittig unter dem Käfig montiert.

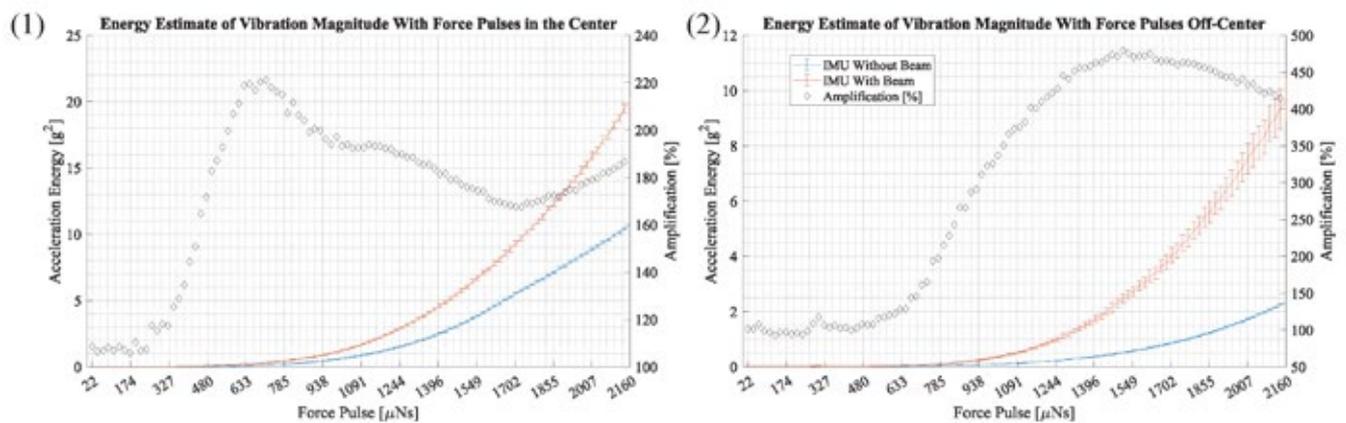


Abb. 3:

Ergebnisse der experimentellen Evaluation: In diesen Graphen werden die Vibrationssignalenergien eines Sensors mit und ohne Biegebalken dargestellt, sowie die daraus resultierende verstärkende Wirkung. Die linke Abbildung zeigt die Verstärkung bei einer Anregung in der Mitte des Käfigbodens und die rechte Abbildung zeigt das Ergebnis bei einer seitlichen Anregung.

# Mechanisch optimierte Strukturen zur Vibrationsmessung mit MEMS IMUs für kontaktloses Aktivitätsmonitoring

Die Messung und Analyse von Vibrationen sind in vielen Bereichen von großer Bedeutung, von der vorausschauenden Wartung von Maschinen bis hin zur Überwachung der Aktivität von Lebewesen. Bei der kontaktlosen Aktivitätsüberwachung werden die durch Aktivität verursachten Vibrationen in der Umgebung eines Lebewesens gemessen und darüber die Aktivität bestimmt. Eine der herausforderndsten Anwendungen ist hierbei das Monitoring von Mäusen in Haltungskäfigen [1]. Durch die geringe Größe der Tiere sind aktivitätsinduzierte Vibrationen sehr klein. Zudem muss das Sensing Device sehr klein sein, um am Käfig montiert zu werden ohne die anderen Käfige zu stören, die normalerweise eng aneinander gestellt werden. Für diese Anwendung müssen Vibrationssensoren eine hohe Abtastrate, hohe Empfindlichkeit und eine geringe Baugröße haben. Die einzigen weitverbreiteten Sensoren, die dazu geeignet sind, sind MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) basierte Inertial Measurement Units (IMUs), welche sehr klein sind und eine hohe Abtastrate aufweisen. Allerdings haben IMUs ein größeres Eigenrauschen im Vergleich zu anderen Sensoren wie Geophons, was die Erfassung kleinster Vibrationen erschwert.

## Material und Methoden

In diesem Projekt wurde ein neuartiges Sensing Device auf Basis eines kommerziellen MEMS 6-Achsen IMU (STMicroelectronics ASM330LHHTR) entwickelt, welches die Empfindlichkeit von IMUs für kleine Vibrationen deutlich erhöht [2]. Das Herzstück des Geräts ist eine speziell optimierte Balkenstruktur, die in die Leiterplatte integriert ist und die IMU mit dem zu messenden Objekt verbindet, was zu einem hochintegrierten und kosteneffektiven System führt.

Die Balkenstruktur fungiert als mechanischer Verstärker für die einwirkenden Vibrationen. An einem Ende des Balkens ist die IMU befestigt, während das andere Ende am Objekt angebracht wird. Durch die geschickte Gestaltung und Optimierung des Balkens werden die Vibrationen am Ort der IMU verstärkt, wodurch das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) verbessert wird.

Ein Nebeneffekt dieser Struktur ist, dass die Schwingung des Balkens gleichzeitig eine Translation und Rotation der IMU erzeugt. Diese Bewegungen werden von den Beschleunigungsmessern und Gyroskopen der IMU erfasst. Durch die Kombination dieser Messdaten kann das Eigenrauschen des Sensors reduziert werden.

Um die Vorteile der simultanen Messung von Beschleunigung und Drehrate optimal auszunutzen, wurde ein neuartiger Sensorfusionsalgorithmus entwickelt. Dieser Algorithmus analysiert die Signale im Frequenz-Zeit-Bereich mit Hilfe der Wavelet-Transformation, die eine frequenzabhängige Analyse und Rekombination ermöglicht.

Die IMU-Daten werden zunächst mithilfe der Multi-Level Discrete Wavelet Transformation (MLDWT) zerlegt. Dadurch wird das Signal in verschiedene Frequenzbänder zerlegt, die jeweils spezifische Schwingungsmoden repräsentieren. Der Algorithmus identifiziert dann die korrelierten Signalkomponenten in den verschiedenen Frequenzbändern und kombiniert diese, um das Rauschen zu reduzieren.

## Experimentelle Validierung

Die Wirksamkeit des neuen Messgeräts wurde anhand von Vibrationsmessungen an Tierhaltungskäfigen des Typs Zoonlab HRC500 experimentell untersucht. Die Vibrationen wurden mit einem eigens konstruierten Kraftpulsgenerator erzeugt, der definierte Kraftimpulse auf den Käfigboden ausübt. Hierbei wurde der Einfluss der Kraftimpuls-Amplitude, der Ort des Impulses und die Länge des Biegebalkens untersucht.

Die Ergebnisse zeigen eine beeindruckende Verbesserung der Messempfindlichkeit. Im Vergleich zu einer direkt am Käfig montierten IMU erreichte das neue Messgerät mit Balkenstruktur eine 6,2-fach höhere Vibrationsamplitude. Die Signalenergie wurde sogar um 480 % gesteigert. Der Sensorfusionsalgorithmus erwies sich ebenfalls als effektiv. Durch die Fusion der Beschleunigungs- und Drehratendaten bei 103 Hz konnte das Rauschen um 5,6 % reduziert werden.

## Fazit

Das neue Sensing Device mit IMU und optimierter Balkenstruktur stellt einen wichtigen Fortschritt in der Vibrationsmesstechnik dar. Durch die Kombination von mechanischer Verstärkung und intelligenter Sensorfusion wird eine hohe Empfindlichkeit und ein hohes SNR erreicht, wobei gleichzeitig die Vorteile von MEMS IMUs erhalten bleiben. Dadurch bietet das Gerät zahlreiche Vorteile gegenüber herkömmlichen Methoden und hat das Potenzial, die Vibrationsanalyse in vielen Bereichen zu revolutionieren. Beim Aktivitätsmonitoring von Mäusen ermöglicht die mechanische Amplitudenverstärkung erstmals die Messung minimaler aktivitätsinduzierter Vibrationen, wodurch neue hochdetaillierte Vibrationsdaten zur Verfügung stehen.

## Publikationen //

- [1] TRY, Pieter and Marion GEBHARD, 2022. Non-Contact Activity Monitoring Using a Multi-Axial Inertial Measurement Unit in Animal Husbandry. In: *Sensors*. **22**, P. 4367. <https://doi.org/10.3390/s22124367>
- [2] TRY, Pieter and Marion GEBHARD, 2023. A Vibration Sensing Device Using a Six-Axis IMU and an Optimized Beam Structure for Activity Monitoring. In: *Sensors*. **23**, P. 8045. <https://doi.org/10.3390/s23198045>



**Pieter Try**

Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften  
pieter.try@w-hs.de



**Prof. Dr.**

**Marion Gebhard**

Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften  
marion.gebhard@w-hs.de

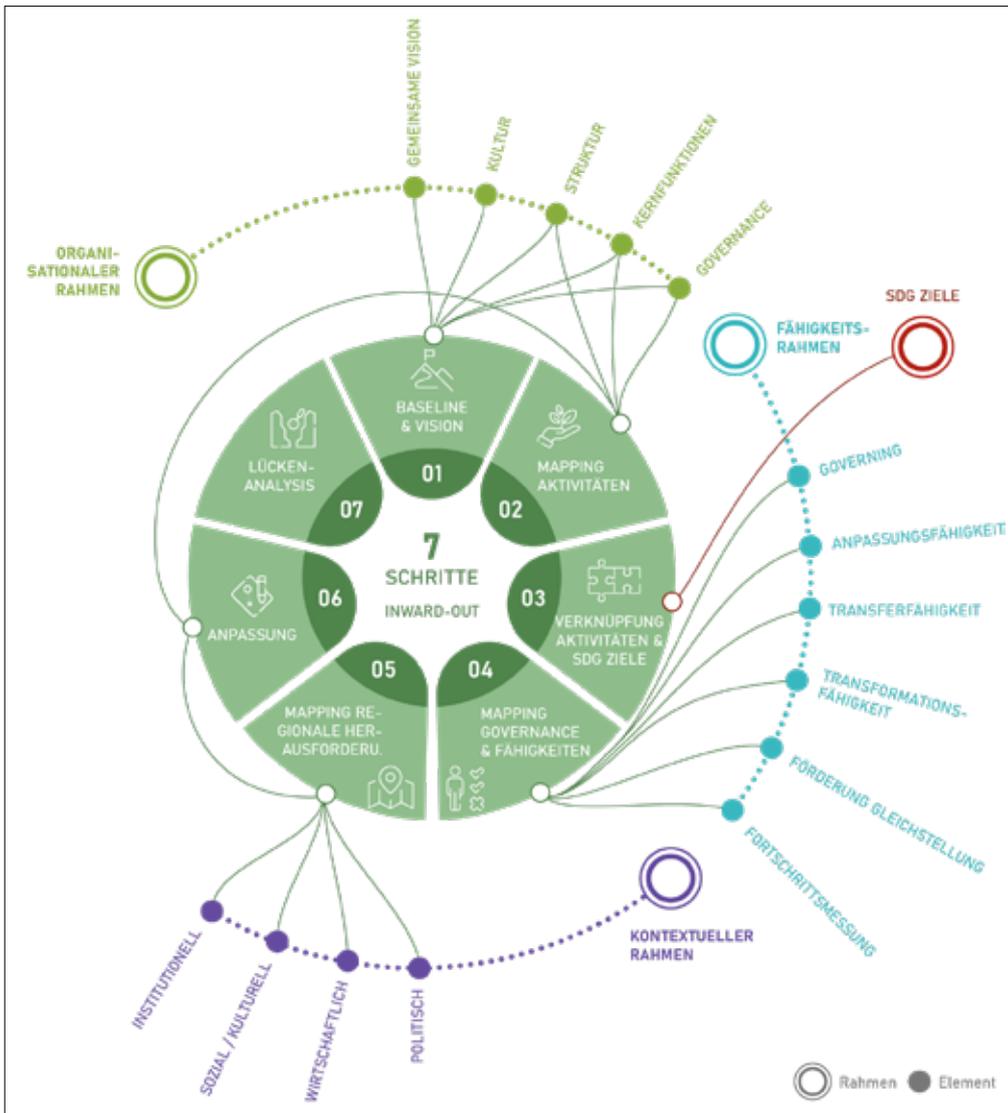


Abb. 1: SDS4HEI-Rahmenmodell



Das Projekt SDS4HEI, Projekt Nr. 2022-1-DE01-KA220-HED-000088936, wird im Erasmus+ Programm KA222-HED Kooperationspartnerschaften im Hochschulbereich, kofinanziert von der Europäischen Union, gefördert.



Abb. 2: Finales Projekttreffen

Konsortium



# SDS4HEI

## Rahmenmodell für nachhaltige Entwicklung an Hochschulen

Weltweit machen sich Hochschulen auf den Weg, nachhaltige Entwicklung voranzutreiben – nicht nur in ihren eigenen Institutionen, sondern auch, im Sinne der „Third Mission“, in ihren Regionen. An Leitlinien auf nationaler wie europäischer Ebene, beispielsweise dem GreenComp Framework für Nachhaltigkeitskompetenzen, mangelt es nicht. Und dennoch gehen die Bemühungen der Hochschulen selten über einzelne Anstrengungen in den verschiedenen Wirkungsbereichen Forschung, Lehre, Transfer, unternehmerische Tätigkeiten, Campusbetrieb und Governance hinaus. Es fehlen die Unterstützung der Hochschulleitung, ein strategischer und ganzheitlicher Überbau sowie die systematische Integration der Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs). Das Erasmus+ Projekt „Sustainable Development Strategies for Higher Education Institutions“ hat mit seinem ersten Projektergebnis, dem *SDS4HEI Framework*, ein praktisches Rahmenmodell für Hochschulen entwickelt, das in sieben Schritten Nachhaltigkeit strategisch in allen Wirkungsbereichen verankert. Nachhaltigkeitsaktivitäten können gezielt den wichtigsten regionalen SDGs zugeordnet werden, wodurch sich Kräfte bündeln lassen, und Chancen sowie Wegebereiter identifiziert werden können.

### Nachhaltigkeit von den Mehrwerten aus denken

Das SDS4HEI-Projekt verfolgt bewusst einen positiven, mehrwertorientierten Ansatz der nachhaltigen Entwicklung, um Stakeholder zum Umdenken und Handeln zu motivieren. Vier Annahmen bilden dabei die Grundpfeiler der Projektarbeit:

- 1) Der Mensch und seine Lebensqualität stehen im Mittelpunkt.
- 2) Harmonie zwischen den Nachhaltigkeitsdimensionen (sozial, kulturell, ökologisch, ökonomisch) bildet die Zielvision.
- 3) Nachhaltige Entwicklung muss ganzheitlich stattfinden.
- 4) Eine „Kultur der Nachhaltigkeit“ bildet den Nährboden, um langfristige Veränderungen herbeizuführen.

### Stärken der Hochschule erkennen

Mit dem *SDS4HEI Framework* lässt sich nachhaltige Hochschulentwicklung in sieben Schritten mit dem regionalen Ökosystem verknüpfen. Hierbei kann zwischen einem herausforderungsorientierten oder potenzialorientierten Pfad gewählt werden. Beide haben



**Dr. Judith Terstriep**  
Institut Arbeit und Technik  
Direktorin des FSP  
„Innovation, Raum & Kultur“  
terstriep@iat.eu



**Jessica Siegel**  
Institut Arbeit und Technik  
siegel@iat.eu

das Ziel, Hochschulen als Schlüsselakteure dabei zu unterstützen, ihre Regionen im Sinne der SDGs nachhaltiger, resilienter und zukunftsfähiger zu machen. Das Modell ist auf Grundlage einer systematischen Literaturrecherche, einer Online-Befragung europäischer Hochschulen, Fokusgruppen und Beispielen „guter Praxis“ entstanden.

Das Rahmenmodell (Abb. 1) setzt sich aus drei Rahmen zusammen, dem organisationalen, dem Fähigkeits- und dem kontextuellen Rahmen. Jeder dieser Rahmen wird durch bestimmte Elemente charakterisiert, die es zu analysieren gilt, um den institutionsspezifischen Charakter zu erfassen. Der organisationale Rahmen wird beispielsweise durch die Vision der Hochschule, die Strukturen, Kultur, Kernfunktionen, und Governancessstrukturen geprägt. Eine Analyse erlaubt, einen Überblick über die bestehenden Nachhaltigkeitsaktivitäten in den Kernbereichen zu gewinnen

(Schritte 1 & 2), die bereits adressierten Unterziele der SDGs zu identifizieren, und Schwerpunktbereiche zu erkennen (Schritt 3). Hierbei hilft der Fähigkeitsrahmen, um die wichtigsten Skills für eine effektive nachhaltige Entwicklung auszumachen, Weiterbildungen anzubieten und Handlungs- und Steuerungsmöglichkeiten sowie Verantwortlichkeiten festzustellen (Schritt 4).

### Chancen für das regionale Ökosystem entwickeln

Als wesentliche Ergänzung zu anderen Leitfäden und Rahmen bietet das *SDS4HEI Framework Tools*, um die Ergebnisse der institutionellen Analyse sinnvoll mit dem regionalen Ökosystem zu verknüpfen. Ein Mapping regionaler Herausforderungen (Pfad I) oder Potenziale (Pfad II) (Schritt 5) wird gefolgt von der Visualisierung der Kernergebnisse (Schritt 6) und einer anschließenden Lückenanalyse (Schritt 7). So wird auf einen Blick deutlich, wo die Aktivitäten der Hochschule auf das regionale Ökosystem einzahlen oder wo Anpassungen erfolgen sollten.

### Die nächsten Schritte

Aufbauend auf dem *SDS4HEI Framework* wurde im Herbst 2024 ein Online-Selbstbewertungstool („Self-Assessment-Tool“) veröffentlicht. Hochschulmitarbeitende auf der strategischen, operationellen und pädagogischen Ebene können ihre bisherigen Nachhaltigkeitspraktiken validieren und Lücken identifizieren. Außerdem werden hilfreiche Werkzeuge angeführt, um vorhandene Potenziale stärker auszuschöpfen. Ein aus sechs Modulen bestehender MOOC soll neben dem traditionellen Kursangebot Studierenden die Möglichkeit geben, zukunftsfähige Nachhaltigkeitskompetenzen zu erlangen und zur praktischen Anwendung ermutigen. Alle Ergebnisse sind kostenlos auf der Projektwebseite verfügbar.

### Publikationen //

SIEGEL, Jessica und Judith TERSTRIEP, 2024. Hochschulen als Acceleratoren nachhaltiger regionaler Ökosysteme. In: *Forschung Aktuell*, 02/2024. <https://doi.org/10.53190/fa/202402>

SIEGEL, Jessica and Judith TERSTRIEP, 2023. *Taking Responsibility. HEIs' Role in Thriving Sustainable Futures. SDS4HEI Project Deliverable of WP2 – Paths to Implementing Sustainable*. <https://doi.org/10.53190/inno/202401>

### Projektinformationen //

Website: <https://sds4hei.eu/>



Abb. 1:

Forschungsteam: Tom Evers, Prof. Dr. Christian Kruse, Prof. Dr. Urs Pietschmann, Lea-Kathrin Kaese, Agnes Widera und Dr. Daniela Becks.



Abb. 2:

Nachhaltigkeitsberichterstattung – Handlungsfelder im EFRE-Projekt DiNaOpt4KMU

Projektlogo und Förderlogos



**DiNaOpt4KMU**

Digitales Nachhaltigkeitsreporting optimieren für kleine und mittlere Unternehmen



Kofinanziert von der Europäischen Union

Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen



# DiNaOpt4KMU – Optimierte digitale Nachhaltigkeitsberichte für kleine und mittlere Unternehmen partizipativ entwickeln und flexibel umsetzen

## Motivation

Im Dezember 2023 veröffentlichte ein Forschungsteam unter der Leitung von Prof. Dr. Christian Kruse und Prof. Dr. Urs Pietschmann aus dem Bocholter Fachbereich Wirtschaft und Informationstechnik eine Studie zum „Nachhaltigkeitsreporting für kleine und mittlere Unternehmen“<sup>1</sup>. Die umfassende Erhebung, in der überwiegend kleine und mittlere Unternehmen aus dem westlichen Münsterland Aussagen zum aktuellen Stand ihrer aktuellen und geplanten Nachhaltigkeitsberichterstattung getätigt haben, wurde durch hochschulinterne Förderung, durch die IHK Nord Westfalen und durch die Otto Spaleck Stiftung unterstützt. Dabei zeigte sich unter anderem, dass es KMU an den notwendigen finanziellen, personellen und zeitlichen Ressourcen fehlt, um den komplexen Anforderungen an die Nachhaltigkeitsberichterstattung gerecht zu werden. Zudem belegen die Studienergebnisse, dass die derzeit größten Herausforderungen in diesem Kontext für regionale KMU nicht nur im Ressourcenaufwand, sondern auch in der Datenbereitstellung und in der Informationsbeschaffung liegen. Mit Hilfe der Studie konnte ein erster Überblick über den Status-Quo erhoben werden, der als Basis für das im März 2024 angelaufene EFRE-Projekt dient.

## Projektbeschreibung

Das Projekt „DiNaOpt4KMU“ (Optimierte digitale Nachhaltigkeitsberichte für kleine und mittlere Unternehmen partizipativ entwickeln und flexibel umsetzen) wird kofinanziert und unterstützt durch die Europäische Union und das Land Nordrhein-Westfalen. In dem Vorhaben werden über eine dreijährige Projektlaufzeit hinweg Unterstützungswerkzeuge, Referenzprozesse und Einführungsleitfäden entwickelt und auf ihre Anwendbarkeit für KMU überprüft, um kleine und mittlere Unternehmen auf dem Weg zur Nachhaltigkeitsberichterstattung zu begleiten. Sie sollen helfen, mit reduziertem Aufwand, kürzeren Erstellzeiten



**Prof. Dr. Urs Pietschmann**  
Professor für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Controlling und Wirtschaftsprüfung  
FB Wirtschaft und Informationstechnik, Bocholt  
urs.pietschmann@w-hs.de

und mehr Flexibilität die vielschichtigen Herausforderungen der Berichterstattung anzugehen. Darüber hinaus soll eine Austausch- und Lernplattform für mittelständische Unternehmen an der Westfälischen Hochschule etabliert werden, um ein gemeinsames Lernen voneinander zu ermöglichen und die Unternehmen miteinander zu vernetzen.

## Erste Erkenntnisse

In der ersten Projektphase wurden die konkreten Anforderungen der mittelständischen Unternehmen an die Nachhaltigkeitsberichterstattung erhoben. Dies erfolgte durch mehrstündige, strukturierte Tiefeninterviews mit fünf assoziierten Projektpartnern (Dibella GmbH, Duvenbeck Unternehmensgruppe, Flender International GmbH, IHK Nord Westfalen, Spaleck GmbH & Co. KG), regionalen Unternehmen und Kreditinstituten sowie Wirtschafts-

prüfen. Um diese Anforderungen weiter zu konkretisieren, fand Anfang Juli 2024 am Bocholter Standort ein erster Projektworkshop mit über 30 Teilnehmenden aus Unternehmen der Region statt. Neben informativen und praxisnahen Vorträgen der assoziierten Partner wurde durch die IHK Nord Westfalen und die Stadtsparkasse Bocholt ein Überblick über das Thema Sustainable Finance gegeben. Im zweiten Teil des Workshops waren die Teilnehmenden aufgerufen, aktiv ihre Erwartungen und Anforderungen an eine effiziente, KMU-gerechte Nachhaltigkeitsberichterstattung zu formulieren. Dazu wurden die drei Handlungsfelder (1) Prozesse, (2) Daten und Software sowie (3) Nachhaltigkeitsberichte und -steuerung in Kleingruppen detailliert erörtert und die Ergebnisse festgehalten. Diese gilt es nun weiter auszuwerten und zu strukturieren, um den Unternehmen mittelfristig angemessene Vorgehensweisen und IT-gestützte Werkzeuge zur Verfügung zu stellen. Eines dieser Werkzeuge, das aktuell prototypisch realisiert wird, liegt im Bereich der Wesentlichkeitsanalyse, welche für viele Unternehmen einen wichtigen Einstieg in die Thematik der Nachhaltigkeitsberichterstattung darstellt. Ziel ist es, dieses und weitere Werkzeuge gemeinsam mit verschiedenen Unternehmen zu validieren und ein Referenzmodell als Einstieg für KMU anzubieten.

## Ausblick

Aufgrund des erfolgreichen Workshops und der vielen positiven Rückmeldungen sowie weiterer Anfragen von Unternehmen und Verbänden ist eine Fortführung der Studie sowie eine Folgeveranstaltung unserer Workshop-Reihe für das Jahr 2025 geplant. In Folgewerkshops ist dann u.a. eine Präsentation der bis dahin erarbeiteten Ergebnisse ergänzt um weitere praxisnahe Vorträgen geplant. Die Fortführung der Studie zum Stand und zur Entwicklung der Nachhaltigkeitsberichterstattung im Westmünsterland wird zusätzlich die Perspektive IT und Datenmanagement stärker fokussieren.

<sup>1</sup> Studie zum Nachhaltigkeitsreporting verfügbar unter: <https://whge.opus.hbz-nrw.de/frontdoor/index/index/docId/4285>

## Projektinformationen //

Aktuelle Informationen zum Projekt finden sich unter [www.dinaopt.w-hs.de](http://www.dinaopt.w-hs.de).

## Kontakt //

Westfälische Hochschule  
Fachbereich Wirtschaft und Informationstechnik  
Münsterstr. 265  
DE-46397 Bocholt  
E-Mail: [dinaopt@w-hs.de](mailto:dinaopt@w-hs.de)



**Prof. Dr. Christian Kruse**  
Professor für Wirtschaftsinformatik  
FB Wirtschaft und Informationstechnik, Bocholt  
christian.kruse@w-hs.de

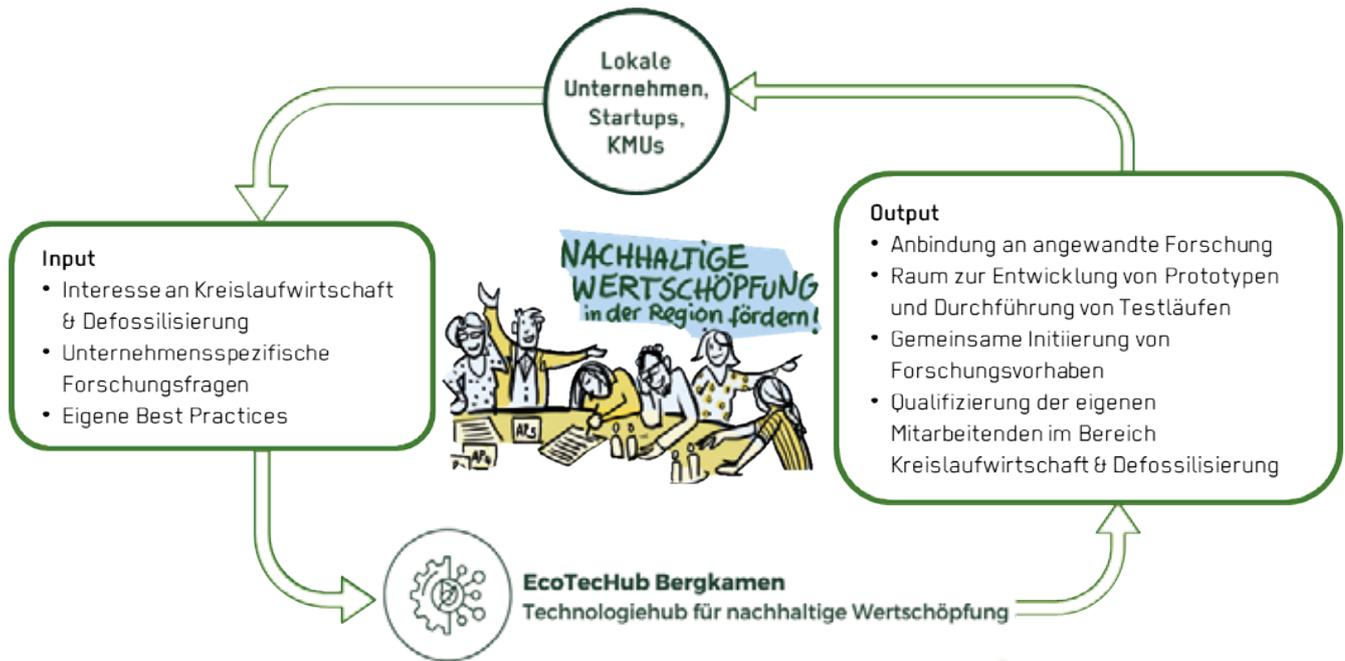


Abb. 1:

Konzept EcoTechHub – Unterstützung der Transformationsgestaltung im Raum Bergkamen, Kreis Unna



**EcoTechHub Bergkamen**  
Technologiehub für nachhaltige Wertschöpfung

**Hochschule Bochum**  
Bochum University  
of Applied Sciences



...natürlich  
**BERGKAMEN**



Industrie- und Handelskammer  
zu Dortmund

**Westfälische  
Hochschule**

**WFGKREIS UNNA**

Gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# Transformationsgestaltung im Kreis Unna – Technologiehub für nachhaltige Wertschöpfung „EcoTechHub“, Bergkamen

Mit dem Projekt „EcoTechHub Bergkamen“ wird im Kreis Unna ein Innovations- und Technologielabor („Hub“) für nachhaltige Wertschöpfung entstehen. Das EcoTechHub begleitet künftig Unternehmen bei der Gestaltung nachhaltiger Transformationsprozesse vor dem Hintergrund des Strukturwandels in der ehemaligen Steinkohlekraftwerksregion Bergkamen. Primär befasst sich das Projektvorhaben mit Fragestellungen rund um die Kreislaufwirtschaft und Defossilisierung; thematische Schwerpunkte liegen unter anderem in der Wasserstoffforschung sowie in dem Recycling von Kunststoffen.

## Zeitraum

Dem Projekt ist eine 14-monatige Vorstudie im Zeitraum Oktober 2023 bis Dezember 2024 vorgestellt. In dieser Laufzeit untersuchen Forschungsteams der Hochschule Bochum und der Westfälischen Hochschule, inwieweit das EcoTechHub mit den Schwerpunkten Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit in der Region verankert werden kann. Nach Ablauf der Vorstudie erfolgt die Antragsstellung zur Projektumsetzung und weiteren Förderung durch die Stadt Bergkamen.



**Prof. Dr. Peter Hense**  
Hochschule Bochum  
Umwelttechnik, Kreislaufwirtschaft, Ressourcenmanagement  
peter.hense@hs-bochum.de



**Prof. Dr.-Ing. Semih Severengiz**  
Hochschule Bochum  
Leitung Labor für Nachhaltigkeit in der Technik  
semih.severengiz@hs-bochum.de



**Linda Becker, B.A./B.Sc.**  
Hochschule Bochum  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Labor für Nachhaltigkeit in der Technik  
linda.becker@hs-bochum.de

## Hintergrund und Vorhaben

Die EU strebt im Rahmen des EU Green Deal die flächendeckende Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsstrukturen an. Die Bundesregierung stellt im Rahmen des Strukturpakets bis 2038 Mittel zur Verfügung, um den von der Steinkohleverstromung betroffenen Städten wie im Kreis Unna eine wirtschaftliche Perspektive zu geben und den Verlust von Wertschöpfung und Arbeitsplätzen abzufedern. Das Land NRW setzt diese Strukturförderung über das „5-StandorteProgram“ um, mit dem

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Brümmer**  
Westfälische Hochschule  
Materialtechnik & Ressourcenmanagement  
thomas.brueemmer@w-hs.de



**Jessica Diegmann, M.Sc.**  
Westfälische Hochschule  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Projekt EcoTechHub  
jessica.diegmann@w-hs.de

innovative Projekte initiiert und neue Chancen für die Wirtschaftsstandorte geschaffen werden sollen. Eine nachhaltige Wertschöpfung in Bergkamen im Kreis Unna muss, insbesondere vor dem Hintergrund des Kohleausstiegs und andauernden Strukturwandels in der Region, die vorhandenen Infrastrukturen und Stoffströme berücksichtigen und einen Schwerpunkt auf Innovationen in der technischen Wertschöpfung von Industrie- und Konsumgütern legen.

Die 2023 ins Leben gerufene Vorstudie prüft die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für die Realisierung des EcoTechHub im Raum Bergkamen. Hier sollen künftig Kreislaufperspektiven entwickelt und unternehmensspezifisch auf bestehende Geschäftsfelder und Wertschöpfungsketten angewandt werden. Das EcoTechHub bietet der Regionalwirtschaft auf diese Art eine Anbindung an die angewandten Wissenschaften im Kreis Unna, der selbst über keine staatliche universitäre Einrichtung oder Hochschule verfügt. Für die Innovationsforschung setzt das Hub zudem auf ein Sharing-Konzept der geplanten Laborräumlichkeiten und Testflächen, um es insbesondere KMUs und Start-ups zu ermöglichen, F&E-Vorhaben der Circular Economy für Ihr Unternehmen umzusetzen. Die Speziallabore für die Material- und Energieforschung mit den geplanten Schwerpunkten Kunststoffe und Wasserstoff stellen sicherheitskonformen, freien Raum zur Verfügung sowie Maschinenpark und Technik für den Bau von Pilotanlagen und die Entwicklung von Prototypen.

Darüber hinaus soll der EcoTechHub über Seminar- und Eventräume für die Durchführung von (IHK-)Schulungen und Weiterbildungen von Fachpersonal zu den Themenfeldern der Circular Economy verfügen. Zuletzt wird das Hub für die Region Matchmaking betreiben und eine Vernetzung der Region zu konkreten Fragen- und Problemstellungen in der Transformationsgestaltung aufbauen. So sollen branchenübergreifende Synergieeffekte in der Region offengelegt werden.

## Projektpartner und Förderung //

Die Vorstudie wird von der Hochschule Bochum und der Westfälischen Hochschule gemeinsam durchgeführt; Auftraggeber ist die Stadt Bergkamen. Weitere Kooperationspartner stellen die Wirtschaftsförderungsgesellschaft für den Kreis Unna dar sowie die IHK zu Dortmund.

Die Vorstudie zum Grundkonzept wird im Rahmen der Fördermaßnahme „Transformationsbooster“ des MWIKE (Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie) für das Land NRW mit Drittmitteln im Rahmen des 5-StandorteProgramms unterstützt. Projektträger ist die Bezirksregierung Arnsberg.



**Herausgeber //**

Westfälische Hochschule  
Neidenburger Straße 43  
45897 Gelsenkirchen

**Verantwortlich //**

Prof. Dr. Michael Brodmann  
Vizepräsident für Forschung und Transfer

**Redaktion //**

Westfälische Hochschule  
Forschung und Transfer  
Felicia Plantikow-Voßgätter  
[www.technologietransfer.w-hs.de](http://www.technologietransfer.w-hs.de)

**Layout //**

Felicia Plantikow-Voßgätter

**Lektorat //**

Felicia Plantikow-Voßgätter  
Paula Brauer

**Druck //**

HEWEA-Druck GmbH, Gelsenkirchen

**Fotos/Abbildungen //**

Westfälische Hochschule