



Forschung und Entwicklung

an der
Westfälischen
Hochschule

Forschungsbericht 2022

Inhalt

3 Vorwort

4 Inhaltsübersicht

8 Gesellschaft

28 Informatik

40 Technik/Naturwissenschaften

62 Nachhaltigkeit

Vorwort

Forschung an der Westfälischen Hochschule

Liebe Leserinnen und Leser,

endlich ist die Zeit „nach Corona“ angebrochen und wir freuen uns darüber, dass wir uns wieder persönlich begegnen können, auch wenn das eine oder andere Meeting weiterhin, wie selbstverständlich, im virtuellen Raum stattfindet. Das ist sicher gut und nachhaltig und dennoch: Wie sehr haben wir die Nähe vermisst, die uns besser einschätzen lässt, was unsere Partnerin/ unser Partner gerade wirklich meint, und die hilft, Vertrauen aufzubauen.

Die zurückgewonnenen Freiheiten lassen uns auch wieder „über den Tellerrand“ schauen. So entstehen innovative Ideen der Zusammenarbeit und Impulse für ganz neue durch Inter- und Transdisziplinarität gewonnene Ansätze in der Forschung. Auch damit solche Ideen wachsen können, freue ich mich, Ihnen den aktuellen Forschungsbericht der Westfälischen Hochschule vorstellen zu können.

Er stellt wieder eine Reise durch verschiedene Forschungsgebiete der Westfälischen Hochschule dar und zeigt, wie auch während der Corona-Pandemie die Forschenden an unserer Hochschule „ihre Themen“ weiterbearbeitet haben. Die Westfälische Hochschule hat somit zu jedem Zeitpunkt, trotz aller Herausforderungen im Lehrbetrieb, auch die Arbeitsfähigkeit im Forschungsbereich aufrechterhalten! Für dieses wirklich außergewöhnliche Engagement möchte ich mich ganz herzlich bei den Kolleginnen und Kollegen bedanken!

Ich bin sicher, dass durch den Forschungsbericht 2022 erneut Kontakte zu Partnerinnen und Partnern in der Wirtschaft und zu Forscherinnen und Forschern an anderen Hochschulen entstehen, und wir so Lösungsansätze für die großen Herausforderungen der Zukunft mitentwickeln werden.

Lassen Sie uns beherzt gemeinsam anpacken...

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

Gesellschaft

8

**K. Ettl, J. Voß, B. Kriegesmann,
R. Brüne, J. Frohne,
C. Meyer zu Altenschildesche**

Westfälische Erfinderinnen
Erforschung und Sichtbarmachung
von Innovatorinnen im Ruhrgebiet und
Münsterland

10

L. Kloep, A. Berg, T. Kley

Digitalkompetenzen für mittleres
Management –
Entwicklung und Evaluation innovativer
Kursformate im Projekt „Zert-Ex“

12

J. Schwark

Kirmes –
kommunale Veranstaltungen eines
populären Vergnügens

14

M. Wienbracke

Wenn der Aktivbürger passiv bleibt:
Wahlrecht als Bürgerpflicht?!

16

A. M. Heinecke, H. Paul

GElernt –
Eine App für die lernende Stadt

18

**E. Dahlbeck, F. Flögel,
F. Langguth, K. Bäumer**

Modellvorhaben der Raumordnung –
MORO „Lebendige Regionen“

20

C. Langner

Enabling Networks Münsterland
Innovationsförderung mit Plan

22

L. Schröer, S. Völz, M. Evans

Neue Perspektiven für die berufliche
Weiterbildung:
Modellprojekt ADAPT entwickelt KI-
basiertes Lernsystem für die Altenpflege

24

**P. Enste, M. Evans, J. Kemper,
A. B. Kucharski, J. Wielga**

ETAP –
Evaluation von teilautomatisierten
Pflegeprozessen in der Langzeitpflege

26

**P. Enste, E. Cramer,
A. B. Kucharski**

KARVIMIO –
KI-basierte Augmented Reality-Visuali-
sierung von Bedienungsanleitungen
medizinischer Instrumente im
Operationssaal

Informatik

28**T. Urban, N. Pohlmann**

HealthNet:
Resiliente Kommunikationsinfra-
strukturen für das Gesundheitswesen

30**T. Urban, U. Coester,
N. Pohlmann**

TrustKI:
Vertrauenswürdigkeits-
Plattform für KI-Lösungen und
Datenräume

32**T. Urban, N. Pohlmann,
J. Gerken**

UbiTrans:
Transparenz und Sensibilisierung in
ubiquitären Rechnerwelten

34**A. Leinweber, R. Springer,
A. Schmitz, C. Dietrich**

KISSHOME
KI-gestützte und nutzerzentrierte
Sicherheitslösungen im Smart Home

36**J. Taddey, C. Dietrich**

IoTFor
Technische Verfahren zur digital-
forensischen Untersuchung von
IoT-Systemzentralen

38**R. Springer, C. Dietrich**

CySIRK
Cyber Security Incident Response
für KMUs

Aktuelle Forschung an der Westfälischen Hochschule

Technik/Naturwissenschaften

40

F. Otterpohl, P. Nalbach,
M. Thorwart

Die versteckte Phase des
Spin-Boson-Modells
Die ersten Schritte der Quantencomputer verstehen lernen

42

F. Bänsch, J. Schaub,
B. Sevindik, S. Behr,
C. Steinbeck, A. Zielesny

Zerlegung von Molekülen
in biofunktionale Einheiten

44

F. Bänsch, M. Daniel,
C. Steinbeck, A. Zielesny

Molekülwechselwirkungen
für die biomolekulare
mesoskopische Simulation

46

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

Rettungsrobotik
ARGUS: Aerial Rescue and Geospatial
Utility System

48

Z. Ese, W. Zylka

Erweiterung der stöchiometrischen
Kalibrierung von CT-Hounsfield-Werten
für metallische Werkstoffe

50

M. Martins Garcia, W. Zylka

Erstellung von gewebeähnlichen
Phantomen und Protokollen
zur Analyse der Temperaturerhöhung
bei der Ultrahochfeld-Magnetresonanztomographie (7T-MRT)

52

P. Try, M. Gebhard

Aktivitätsmonitoring
über strukturelle Schwingungen

54

J. Siewert, M. Gebhard

Lokalisations- und Navigationskonzept
einer innerbetrieblichen Logistikdrohne

56

N. Kazamer, F. J. Wirkert,
M. Brodmann

Elektrodenentwicklung für grüne
Wasserstofftechnologien
am Westfälischen Energieinstitut

58

A. Schneider

AmBiPV –
Entwicklung neuer Modultechnologien
für bifaziale Solarzellen

60

T. Seidl

Bienen und Drohnen –
Optimierung der Drohnenlandung

Nachhaltigkeit

62**J. Terstriep, J. Siegel**

SDS4HEI
Strategien für nachhaltige Entwicklung
an Hochschulen

64**I. Tausendfreund**

PFAS –
Chemikalien für die Ewigkeit

66**H. Beismann**

Maßnahmen zur Verankerung von
Digitalisierung und Nachhaltigkeit
im Studiengang „Sustainable Enginee-
ring and Management“ – digiSEM

68**U. Strotmann, G. Thouand,
U. Pagga, S. Gartiser,
H. J. Heipieper**

Neue Entwicklungen und Perspektiven
zur biologischen Abbaubarkeit von
Chemikalien
insbesondere in OECD- und ISO-Tests

70**U. Pietschmann, C. Kruse**

Digitales Nachhaltigkeitsreporting für
KMU –
Bedarfsanalyse, Konzeption, prototypi-
sche Umsetzung

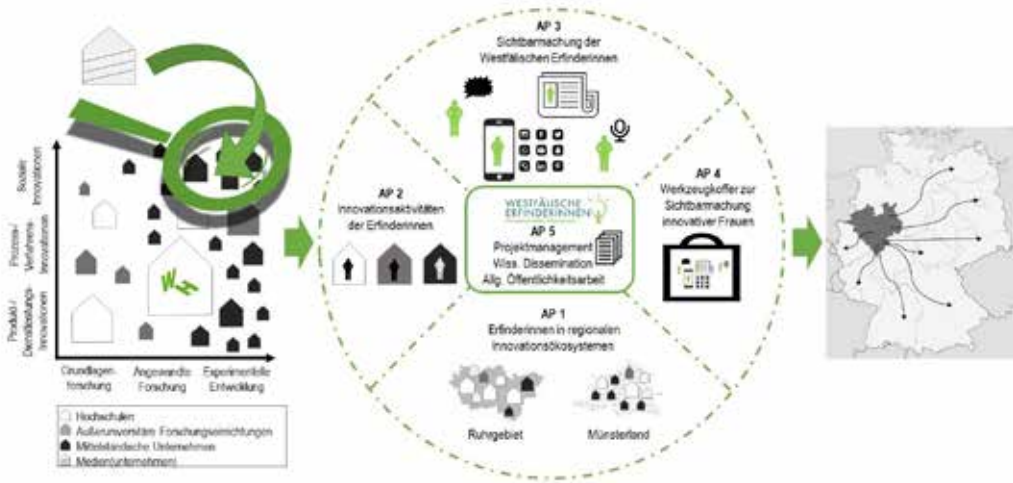


Abb. 1: Ganzheitliche Perspektive auf die Sichtbarmachung innovativer Leistungen von Frauen und den Transfer in regionale Innovationsökosysteme



Abb. 2: 243 Studierende, 68 innovative Frauen, 1 Projektwoche: Erstellung einer Porträtreihe innovativer Frauen aus dem Ruhrgebiet und Münsterland

Methodisches Vorgehen

Das Forschungsprojekt fokussiert darauf, neue Erkenntnisse über innovations- und medienbezogenen Strukturen zu generieren, die die Sichtbarkeit von Innovatorinnen beeinflussen. Dabei werden die Innovationsökosysteme Ruhrgebiet und Münsterland als Pilotregionen anhand von Interviews mit Medien- und Innovationsexpertinnen und -experten sowie durch eine Analyse der regionalen Rahmenbedingungen genauer untersucht. Anschließend werden die individuellen Rollen von Innovatorinnen mithilfe qualitativer Interviews, einer sozialen Netzwerkanalyse sowie einer quantitativen Befragung näher beleuchtet. Auf dieser Basis werden anschließend Maßnahmen entwickelt, die zu einer erhöhten Sichtbarkeit von Innovatorinnen in den Modellregionen Münsterland und Ruhrgebiet beitragen. Anschließend werden diese Maßnahmen modellhaft erprobt, hinsichtlich der erzielten Wirksamkeit evaluiert und für den Transfer in andere Regionen in einer Art „Werkzeugkoffer“ aufbereitet.

Aktuelle Publikationen //

BRÜNE, R., J. VOSS, K. Ettl, 2022. *Sticking with STEM by visualizing women's contribution to regional innovation ecosystems through a gender-sensitive operationalization of innovation.* Poster presentation – Network Gender & STEM Conference 2022, 21 – 23 July 2022, University of the German Armed Forces Munich.
 VOSS, J., C. MEYER ZU ALTENSCHILDESCH, K. Ettl, 2023. „Ich sehe was, was du nicht siehst“ – Weibliche (Un-)Sichtbarkeit in Innovationskontexten. Universität Duisburg-Essen. Journal Netzwerk Frauen- und Geschlechterforschung NRW, 2022, (51), 58–67. Verfügbar unter: doi.org/10.17185/duerpublico/77274

Projektinformationen //

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

GEFÖRDERT VOM



Förderinformationen

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



Westfälische Erfinderinnen

Erforschung und Sichtbarmachung von Innovatorinnen im Ruhrgebiet und Münsterland

Innovationen werden als Schlüssel für das Wirtschaftswachstum und die Wettbewerbsfähigkeit einer Nation angesehen. Allerdings lässt sich in verschiedenen, als innovativ angesehenen Bereichen eine Unterrepräsentanz von Frauen feststellen. So ist beispielsweise der Anteil von Patentanmeldungen durch Frauen mit rund zehn Prozent in Deutschland im europäischen Vergleich besonders gering, wie Zahlen des Europäischen Patentamts von 2010 bis 2019 belegen.

Vor diesem Hintergrund gibt es auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene einschlägige Forderungen, Förderinitiativen und Projekte, um die Innovationspotenziale von Frauen besser zu nutzen und eine gleichberechtigte Teilhabe am Innovationsgeschehen zu forcieren. Auch das vom BMBF geförderte Projekt „Westfälische Erfinderinnen“ („WE!“) setzt hier mit der Erforschung und Sichtbarmachung innovativer Frauen im Münsterland und Ruhrgebiet an.

Forschungsgegenstand

So zeigt sich im Ruhrgebiet und im Münsterland, nicht anders als in anderen regionalen Innovationsökosystemen, dass die Erforschung und Sichtbarmachung innovativer Frauen hier bis dato nur vereinzelt erfolgt – obwohl bekannt ist, dass sichtbare Vorbilder vor allem auf die Karriereüberlegungen junger Frauen entscheidenden Einfluss nehmen. Um langfristig das gesamte regionale Innovationspotenzial nutzen zu können, ist daher die Erforschung und Sichtbarmachung von weiblichen Innovatorinnen und ihren Karrierewegen unerlässlich.

Der Innovationsbegriff

Dem Projekt WE! liegt ein breiter Innovationsbegriff zugrunde, der Produkt- und Verfahrensinnovationen sowie auch Dienstleistungs- und soziale Innovationen berücksichtigt. Demnach werden Frauen in diversen innovativen Positionen in den Fokus gerückt: z. B. Forscherinnen, Gründerinnen, Spezialistinnen in der Wirtschaft oder Initiatorinnen in sozialen Bereichen.

Erste Ergebnisse

In der ersten Hälfte der Projektlaufzeit konnte das Projektteam bereits Erkenntnisse zur Charakterisierung der Innovationsökosysteme Ruhrgebiet und Münsterland erzielen und erste Maßnahmen zur dortigen Steigerung der Sichtbarkeit innovativer Frauen in die

Praxis umsetzen. So wurde eine gendersensible Indikatrix zur Beschreibung der Innovationsökosysteme Ruhrgebiet und Münsterland inkl. der dazugehörigen Werte entwickelt. Durch Interviews mit Medien- und Innovationsexpertinnen/-experten konnten Verhaltensweisen und Abhängigkeiten auf individueller, sowie auf medialer und struktureller Ebene aufgefunden gemacht werden, die eine (Un-)Sichtbarkeit von Innovatorinnen verstärken und verstetigen. Diese Erkenntnisse wurden bereits auf verschiedenen Fachtagungen geteilt und mit Expertinnen und Experten der entsprechenden Forschungsgebiete diskutiert. Nach Abschluss der Analyse und Erforschung der strukturellen Rahmenbedingungen haben darüber hinaus im Oktober 2022 243 Studierende in einer Praxiswoche am hochschuleigenen Institut für Journalismus und PR 68 Innovatorinnen aus diversen Bereichen und Branchen porträtiert und Rohmaterial für die weitere Sichtbarmachung dieser Vorbilder erstellt, das nun im Projekt weiterbearbeitet wird.

Ausblick

Das erstellte Material dient als Basis für die weitere Sichtbarmachung der Innovatorinnen über öffentlichkeitswirksame Online- und Offline-Kampagnen. Darüber hinaus liegt der forschungsseitige Schwerpunkt in der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit vermehrt auf den Innovatorinnen selbst, um ihre individuellen Perspektiven und Erfahrungen in den Fokus zu rücken. Mit Hilfe des „Werkzeugkoffers“, welcher die Erkenntnisse des Projekts zur Erforschung und Sichtbarmachung von Innovatorinnen aufbereitet, werden durch das Forschungsprojekt künftig auch weitere Regionen in der Sichtbarmachung weiblicher Vorbilder im Innovationskontext unterstützt.



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



Prof. Dr. Bernd Kriegesmann
Präsident der Westfälischen Hochschule und Leiter des Instituts für Innovationsforschung und -management, praesident@w-hs.de



Prof. Dr. Julia Frohne
julia.frohne@w-hs.de



Julia Voß
Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektkoordinatorin
julia.voss@w-hs.de



Raphael Brüne
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Innovationsforschung und -management
raphael.brue@w-hs.de



Clara Meyer zu Altenschildesche
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
clara.meyerzualten-schildesche@w-hs.de

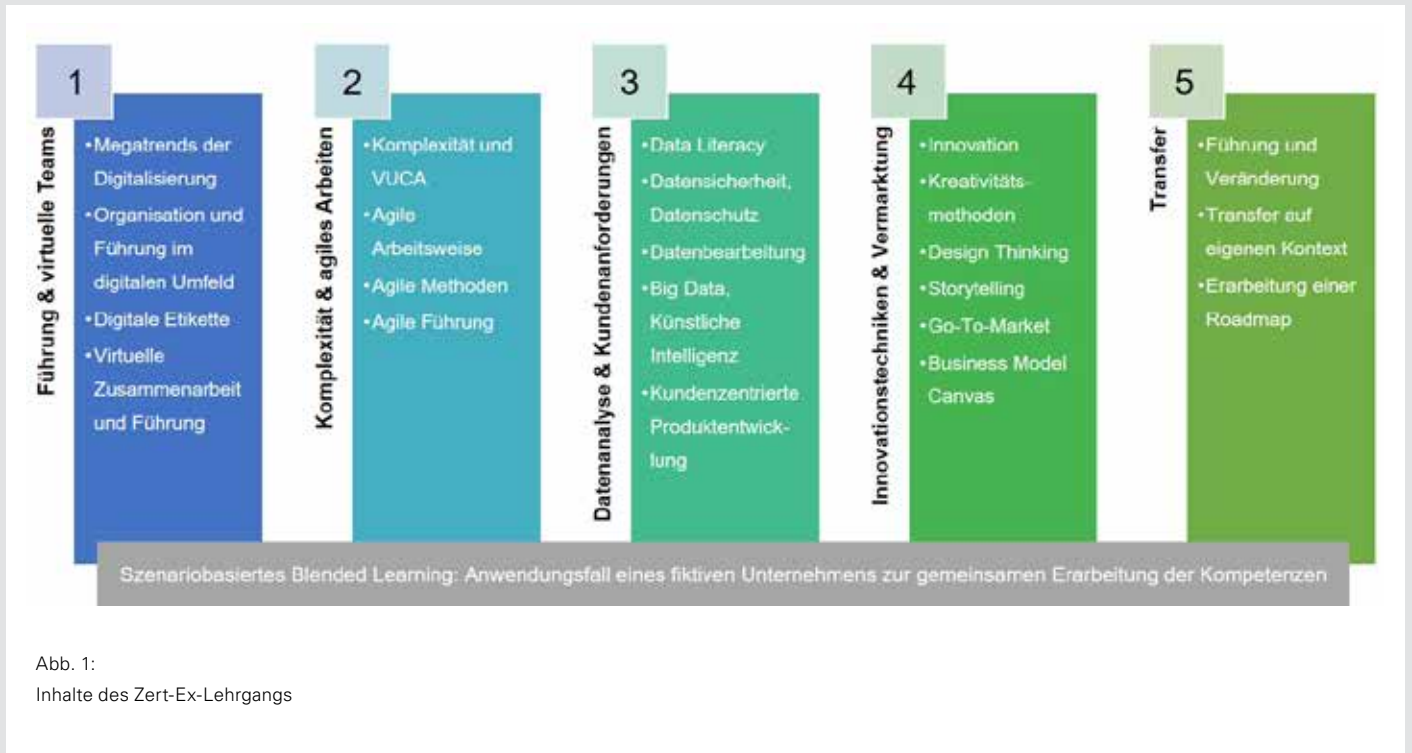


Abb. 1: Inhalte des Zert-Ex-Lehrgangs

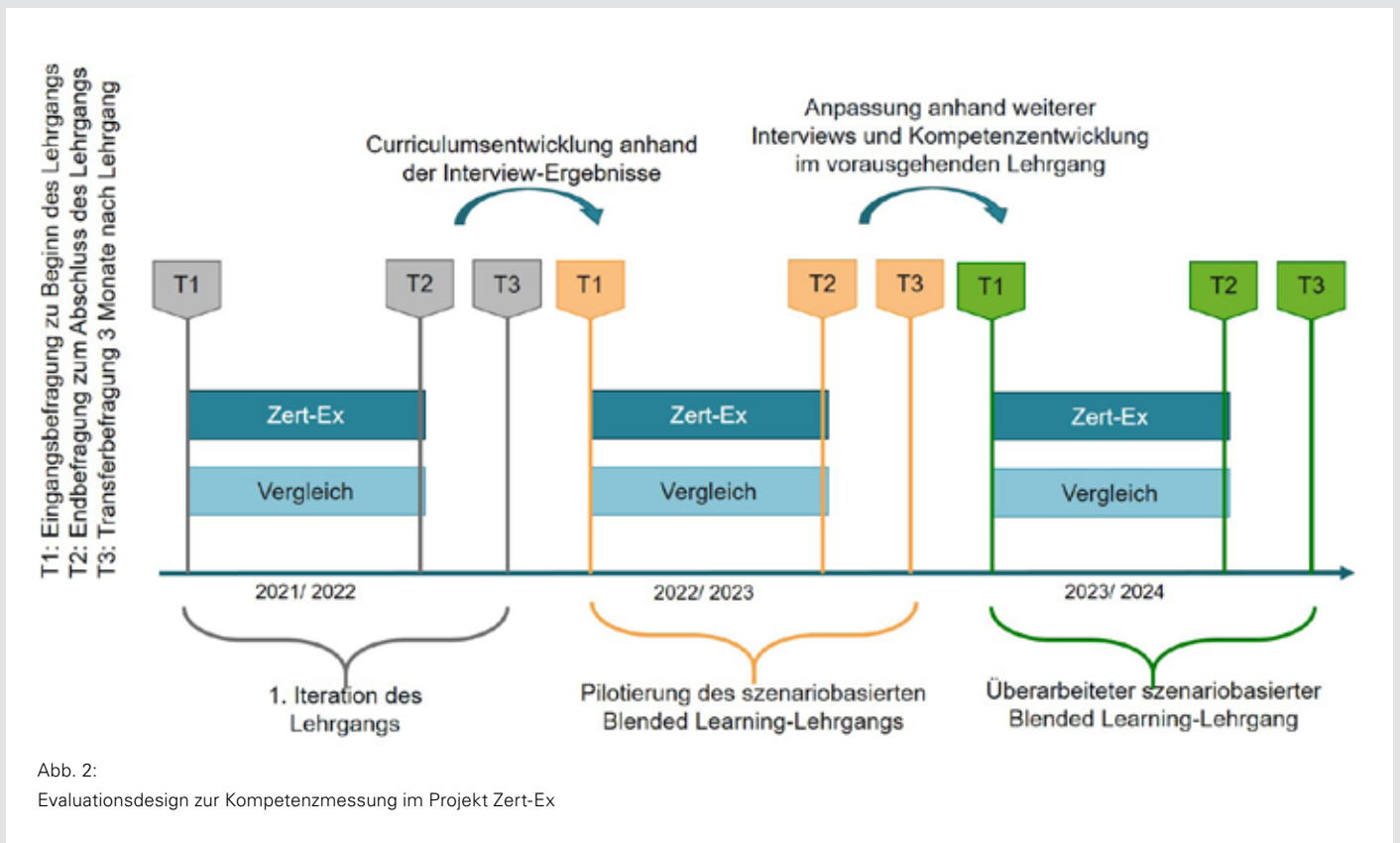


Abb. 2: Evaluationsdesign zur Kompetenzmessung im Projekt Zert-Ex

Digitalkompetenzen für mittleres Management – Entwicklung und Evaluation innovativer Kursformate im Projekt „Zert-Ex“

In einer globalisierten Welt fordern Unternehmen von ihren Mitarbeitenden nicht nur fachliche Kompetenzen, sondern auch das entsprechende Mindset zum positiven Umgang mit Veränderungen und zunehmender Digitalisierung. Digitalkompetenzen umfassen neben der Anwendung technologischer Tools auch eine grundlegende Offenheit Innovationen gegenüber. Zum Ausbau dieser Kompetenzen wird im Rahmen des Verbundprojekts Zert-Ex (Zertifikatsergänzte Exzellenzabschlüsse) von der IHK Nord Westfalen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Innovationsforschung und -management der Westfälischen Hochschule (IFI), der DIHK-Bildungs-gGmbH und der HHL Leipzig Graduate School of Management ein neuartiges Kursangebot entwickelt und erprobt. Die Aufgabe des IFI besteht in der begleitenden Evaluation der Kompetenzentwicklung der Lehrgangsteilnehmenden.

Vermittlung zukunftsrelevanter Kompetenzen

Teilnehmende der Weiterbildungslehrgänge „Industriemeister“ und „Wirtschaftsfachwirt“ ausgewählter IHK-Bezirke können ein Zusatzmodul belegen, in welchem Kompetenzen zum positiven Umgang mit dem digitalen Wandel vermittelt werden (Abbildung 1). Im Rahmen der Projektlaufzeit wird der Kurs dreimal angeboten und fortlaufend an die aktuellen Bedarfe des Marktes angepasst. Hierzu werden in regelmäßigen Abständen Personalverantwortliche mittelständischer Unternehmen interviewt und Bedarfsanalysen zu aktuell geforderten Kompetenzen durchgeführt. Das Lehrgangsformat als szenariobasiertes Blended Learning mit virtuellen Selbstlerneinheiten, Webinaren und Präsenzveranstaltungen ist interaktiv und bietet die Möglichkeit, die zu erlernenden Kompetenzen sofort praktisch anzuwenden.

Zur Evaluation der Kompetenzentwicklung werden alle Teilnehmenden der neuen Zusatzmodule zu drei verschiedenen Zeitpunkten mithilfe standardisierter Fragebögen befragt: Zu Beginn des Moduls, zum Abschluss und drei Monate nach Beendigung (Abbildung 2). Dadurch wird sowohl der unmittelbare Kompetenzerwerb durch das neue Modul als auch der Transfer des Gelernten in den Arbeitsalltag gemessen.

Zur Evaluation der Kompetenzentwicklung werden alle Teilnehmenden der neuen Zusatzmodule zu drei verschiedenen Zeitpunkten mithilfe standardisierter Fragebögen befragt: Zu Beginn des Moduls, zum Abschluss und drei Monate nach Beendigung (Abbildung 2). Dadurch wird sowohl der unmittelbare Kompetenzerwerb durch das neue Modul als auch der Transfer des Gelernten in den Arbeitsalltag gemessen.

Zielvariablen der Kompetenzmessung

Die wichtigsten Zielvariablen der Befragung sind Digitalkompetenz sowie Innovationsverhalten und agiles Mindset. Der Begriff der Digitalkompetenz ist ein universales Konzept, das eine Reihe verschiedener Kompetenzen im Hinblick auf vielfältige Bereiche des Umgangs mit Medien, Technologien, Informationen und Kommunikationsmitteln beinhaltet [1]. Das Innovationsverhalten beschreibt Handlungen wie die Entwicklung, Einführung und Umsetzung neuer Ideen mit dem Ziel, spezifischen Nutzen mit sich zu bringen und bestehende Zustände zu verbessern oder Probleme zu lösen [2]. Unter dem Begriff Mindset wird eine innere Haltung, Einstellung oder Art zu

denken verstanden [3]. Daneben wird der Begriff agil als beweglich, dynamisch und veränderbar definiert [4]. In Kombination ist ein agiles Mindset somit eine von Dynamik geprägte Haltung, bei welcher Veränderungen und Weiterentwicklung positiv angenommen werden.

Evaluation der ersten Zert-Ex-Module und Ausblick

Die erste Gruppe Lehrgangsteilnehmender konnte das Zert-Ex-Modul bereits erfolgreich abschließen. Ihre Kompetenzentwicklung wurde durch Fragebögen (angelehnt an etablierte Messinstrumente [2; 3; 4; 5] sowie selbst entwickelt) begleitet. Gleichzeitig wurde eine Lehrgangsgruppe, welche nicht am Zert-Ex-Modul teilgenommen hat, als Vergleichsgruppe mit den gleichen Fragebögen befragt, sodass der Kompetenzzuwachs durch das Zert-Ex-Modul isoliert betrachtet werden konnte.

Die Ergebnisse der ersten Evaluation, die das IFI einbringt, dienen als Impulse zur inhaltlichen und methodischen Überarbeitung der Kursmodule. Besonders in den Bereichen Innovation und Agilität konnten neue Ansätze in das Zert-Ex-Modul eingebunden werden. Im Längsschnitt-Vergleich über die Projektlaufzeit (bis 10/2024) werden nun fortlaufend weitere Anpassungen an die Bedarfe potenzieller Interessentinnen und Interessenten angestrebt und eine Verstärkung der Zert-Ex-Kursangebote vorbereitet.

Quellen //

- [1] ILOMÄKI, L., A. KANTOSALOUND M. LAKKALA (2011). What is digital competence? In Linked portal. Brussels: *European Schoolnet*. <http://hdl.handle.net/10138/154423>
- [2] JANSSEN, O. (2000). Job demands, perceptions of effort-reward fairness and innovative work behaviour. In: *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, **73**(3), 287-302. <https://doi.org/10.1348/096317900167038>
- [3] DWECK, C. S. (2006). *Mindset: The New Psychology of Success*. München: Random House.
- [4] FREYTH, A. und G. BALTES (2017). Veränderungsentelligenz auf individueller Ebene Teil 2: Persönliche Agilität und agiler führen. In: G. BALTES und A. FREYTH (Hrsg.). *Veränderungsentelligenz: Agiler, innovativer, unternehmerischer Wandel unserer Zeit meistern*. Wiesbaden: Springer Gabler. (S. 323-420).
- [5] RUBACH, C. und R. LAZARIDES (2019). Eine Skala zur Selbsteinschätzung digitaler Kompetenzen bei Lehramtsstudierenden: Entwicklung eines Instruments und die Validierung durch Konstrukte zur Mediennutzung und Werteüberzeugungen zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht. In: *Zeitschrift für Bildungsforschung*, **9**(3), S. 345-374. <https://doi.org/10.1007/s35834-019-00248-0>



Leonie Kloep, M. Sc.
Institut für
Innovationsforschung
und -management
Tel.:
+49 234 915923-62
leonie.kloep@w-hs.de



Ariane Berg, M. A.
Institut für
Innovationsforschung
und -management
Tel.:
+49 234 915923-54
ariane.berg@w-hs.de



Dr. Thomas Kley
Institut für
Innovationsforschung
und -management
Tel.:
+49 234 915923-61
thomas.kley@w-hs.de

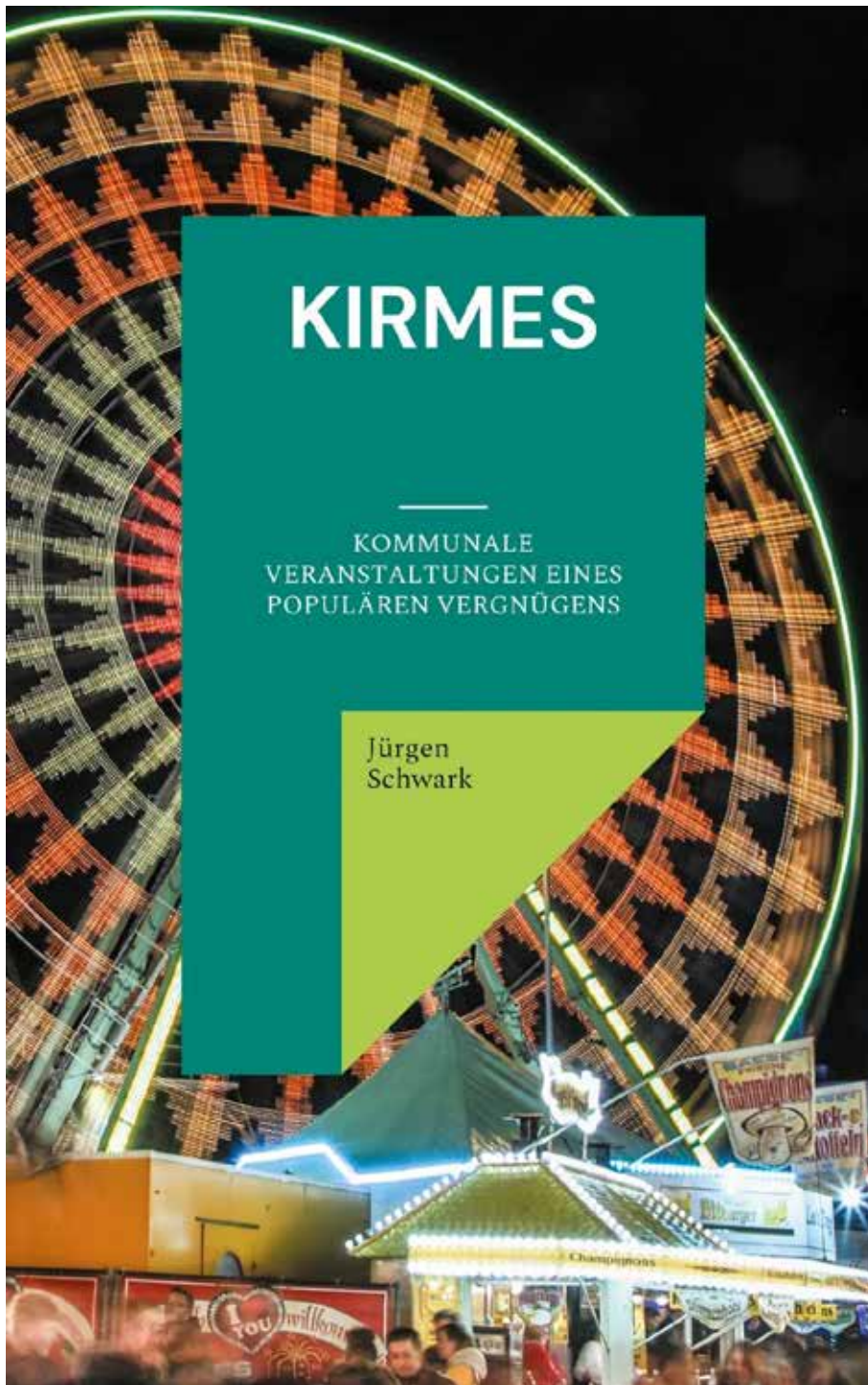


Abb. 1:
Kirmes –
kommunale Veranstaltungen eines populären
Vergnügens

Typen von Kirmessen

Die Dominanten + Attraktiven	Überregionale Attraktivität; modernisiertes Angebot
Die Kombinierten	Gleichwertig mit Bauernmarkt/Schützenfest
Die Beiboote	Ergänzung zum Bauernmarkt/Schützenfest
Die Abgespeckten	Lokal-familiäre Ausrichtung nach gesunkener Nachfrage
Die Abgegebenen	Kommunales Outsourcing an Privatwirtschaft
Die Fragilen	Geringe Attraktivität, Interesse + Konsum rückläufig
Die Aufgegebenen	Bundesweit jährliche Aufgabe von ca. 125 Kirmessen

Kirmes – kommunale Veranstaltungen eines populären Vergnügens

Feste und Feiern bereichern das öffentliche Leben in der Kommune. Die Kirmes ist ein Ort der Zusammenkunft und eröffnet die Möglichkeit zur temporären Beglückung. Die Teilhabe an der Kirmes ist prinzipiell allen möglich und sowohl ein außeralltägliches Ereignis als auch ein populäres Vergnügen, ohne das für eine gelingende Teilhabe besondere Kenntnisse oder Fähigkeiten vorausgesetzt werden. „Hinter den Kulissen“ erfordert die Veranstaltung einer Kirmes einen mehrmonatigen Aufwand, der mit Personal- und Sachkosten verbunden ist. Ob sich eine Kommune „ihre“ Kirmes weiterhin leisten wird, hängt also nicht nur von ihren personellen und finanziellen Ressourcen ab, sondern auch von der Ausstrahlung der Veranstaltung und der Nachfrage potentieller Besucherinnen und Besucher.

Methodik

Um die Fragen zur Bedeutung, Organisation und Perspektive zu beantworten, wurden die großen und kleinen Kirmesveranstaltungen im Kreis Borken untersucht. Die 17 Städte und Gemeinden bilden das Spektrum von sehr großen (500.000 Besucher/-innen) bis zu kleinen Kirmessen (1.500 Besucher/-innen) ab. Im Projektzeitraum von November 2020 bis August 2021 wurden Themen zu Organisation, Angebotsstruktur der Beschicker, Einzugsgebiet der Gäste, Akquise der Beschicker, Flächenmanagement, Gebühren und Kostenstruktur, Gästestruktur, Verhältnis Einwohner/-innen und Auswärtige, Sozialstruktur sowie zu Sicherheit, medizinische Versorgung und Vermarktung behandelt. Dazu wurden von den Projektteilnehmerinnen und -teilnehmern Interviews mit den verantwortlichen Akteuren aus Stadtverwaltung, Stadtmarketing und Schützenvereinen durchgeführt. Aus den Ergebnissen der Interviews sowie weiterer soziologischer und ökonomischer Befunde ließen sich verschiedene Ausprägungen von Kirmessen sowie ihre konzeptionellen Grundlagen ableiten; zudem konnten weiterführende Perspektiven eröffnet werden.

Ausgewählte Ergebnisse

Der Planungszeitraum zur Vorbereitung einer Kirmes reicht von zwei bis elf Monaten. Die zuvor festgestellten Probleme eher kleiner Kirmessen bei der Akquise von Beschickern ist unmittelbar mit dem Beschicker-Besucher-Verhältnis und den damit zu erwarteten Einnahmemöglichkeiten verbunden. Die kleinen Kirmessen im Kreis Borken bewegen sich in einem Verhältnis von 1:150 bis 1:550. Die Veranstaltungen in Ahaus, Rhede und Vreden sowie die große Kirmes in Bocholt verzeichnen im Durchschnitt ein höheres Verhältnis (1:600 bis 1:2.000), was zu verbesserten und attraktiven Einnahmemöglichkeiten für die Beschicker beiträgt. Die Einnahmespitzenwerte pro Tag liegen für die dreitägige Kirmes in Ahaus bei ca. 13.000 € und für die viertägige Kirmes in Bocholt bei ca. 10.000 €. Im untersten Einnahmehbereich können lediglich ca. 1.000 € generiert werden, so dass zumindest bei den Fahrgeschäften verständlich wird, warum die Akquise für kleine Kirmessen schwieriger wird.



Prof. Dr. Jürgen Schwark
Institut für empirische
Wirtschafts- und Sozial-
forschung
juergen.schwark@
w-hs.de

Die konzeptionellen Grundlagen für Kirmesveranstaltungen (s. nachfolgende Auflistung) können eine Relevanz für städtische Organisatorinnen und Organisatoren (resp. Marktmeister/-innen) mittelgroßer Kirmessen entfalten. Zum einen gilt dies für den personellen Übergang oder Wechsel in der Organisation und zum anderen für eine als notwendig erachtete Neukonzeption bestehender Veranstaltungen.

Bestandteile konzeptioneller Grundlagen

- Gesamtanzahl an Beschickern
- Verhältnis Beschicker zu Besuchern
- Anzahl gleichartiger Beschicker
- Angebot + Zielgruppenorientierung
- Ästhetische Gestaltung
- Attraktivität des Angebots
- Lokal-regionaler Bezug (inhaltlich)
- Haltung zur „Bajuvarisierung“
- Lokal-regionaler Bezug (ökonomisch)
- Anteil neuer/moderner Angebote
- Platzanordnung
- Dichte und Weite des Areals
- Gebühren- und Preisgestaltung
- Ausschlusskriterien gegen Beschicker

Perspektiven

Vormals attraktive Kirmesveranstaltungen mit regionalem Einzugsgebiet sind in den letzten Jahren zusehends geschrumpft und üben nur noch eine begrenzte, lokal wirkende Attraktivität aus, mit familiärem Charakter. Ein Teil der kleinen Kirmessen ist in den kommenden Jahren in seiner Existenz bedroht. Dort, wo eine enge Anbindung an ein lokales Schützenfest existiert, wird die Kombination aus Fest und Kirmes jedoch weiterhin Bestand haben.

Um eine Kirmes innovativ, modern und abwechslungsreich zu gestalten, bedarf es in regelmäßigen Abständen einer Modernisierung mit zumeist teurer Technisierung. Derartige Investitionen lohnen sich für die Beschicker nur durch die Teilnahme an großen Kirmessen, die auch weiterhin großen Zulauf haben. Kleine und selbst mittelgroße Kirmessen sind zusehends von Absagen durch Schausteller mit attraktiven Fahrgeschäften betroffen, so dass hier die weitere Perspektive als prekär beurteilt werden muss.

Aktuelle Publikation //

SCHWARK, Jürgen; unter Mitarbeit von Sultan DAG-DELEN, Kaya Kristina FOK, Robin KODERA, Lea NIEHAUS, Sarah EL-OUTA und Sabrina PREISENDANZ, 2021. *Kirmes. Kommunale Veranstaltungen eines populären Vergnügens*. Norderstedt: BoD Verlag. ISBN 978-3754343098

Projektinformationen //

Projektzeitraum: November 2020 – August 2021

Siehe auch:

<https://www.w-hs.de/win/aktuelles/nachricht-lesen/news/detail/News/das-buch-zur-kirmes/>

Quellen //

- [1] BVerfG, Urteil vom 19.12.2000 – 2 BvR 1500/97, BVerfGE 102, 370 (397) m.w.N.
- [2] BVerfG, Urteil vom 19.7.1966 – 2 BvF 1/65, BVerfGE 20, 56 (98) m.w.N.
- [3] Thiele, Verlustdemokratie, 2. Auflage 2018, S. 313; ders., ZRP 2017, S. 105 (106).
- [4] Vgl. bereits Vutkovich, Wahlpflicht: Politische Studie, 1970 (Nachdruck der Ausgabe von 1906), S. 33 ff.
- [5] IDEA, Compulsory Voting, <https://www.idea.int/data-tools/data/voter-turnout/compulsory-voting> (zuletzt abgerufen am 04.05.2023).
- [6] Siehe nur Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, Wahlpflicht im internationalen Vergleich, WD 3 - 3000 - 160/09 (2009), S. 5 ff.; dass., Wissenschaftliche Dienste, Aktueller Begriff: Wahlpflicht, Nr. 61/09 (16. Juli 2009), S. 2. Dazu vgl. auch Art. 8 Abs. 2 und Art. 15 lit. c) der Richtlinie 93/109/EG (ABl. Nr. L 329 S. 34) sowie Art. 7 Abs. 2, 3 der Richtlinie 94/80/EG (ABl. Nr. L 368 S. 38).
- [7] <https://www.europarl.europa.eu/election-results-2019/de/wahlbeteiligung/> (zuletzt abgerufen am 04.05.2023).
- [8] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/3179/umfrage/wahlbeteiligung-bei-den-landtagswahlen-in-sachsen-anhalt-seit-1990/> (zuletzt abgerufen am 04.05.2023).
- [9] <https://wahlergebnisse.sachsen-anhalt.de/wahlen/kw04/index.html> (zuletzt abgerufen am 04.05.2023).
- [10] Vgl. Labrenz, ZRP 2011, S. 214 (214 f.).
- [11] Übersicht zu diesen bei Wienbracke, VR 2022, S. 253 (254) m.w.N.
- [12] Zum Ganzen siehe Wienbracke, VR 2021, S. 302 (304 ff.) m.w.N.
- [13] Butzer, in: Epping/Hillgruber, BeckOK Grundgesetz, 54. Edition, Stand: 15.02.2023, Art. 38 Rn. 70 m.w.N.

Wenn der Aktivbürger passiv bleibt: Wahlrecht als Bürgerpflicht?!

Art. 20 Abs. 2 S. 1 des Grundgesetzes für die Bundesrepublik Deutschland (GG) bestimmt bekanntlich, dass alle Staatsgewalt vom Volk ausgeht. In der repräsentativen Demokratie des GG wird die Staatsgewalt auf Bundesebene allerdings nur ausnahmsweise in Abstimmungen direkt durch das Volk selbst ausgeübt, sondern vielmehr grundsätzlich durch besondere Organe der Gesetzgebung, der vollziehenden Gewalt und der Rechtsprechung, Art. 20 Abs. 2 S. 2 GG. Die demokratische Legitimation hierfür bezieht der Deutsche Bundestag aus der „freie[n] Wahl“ seiner Abgeordneten (Art. 38 Abs. 1 S. 1 GG) – von dem sodann wiederum nach Maßgabe des Art. 54 Abs. 1 S. 1, Abs. 3, Art. 63 und Art. 94 Abs. 1 S. 2 GG die dort jeweils genannten weiteren Staatsorgane ihre demokratische Legitimation ableiten.

Handelt es sich bei der „freie[n] Wahl der Volksvertreter“ mithin um nichts Geringeres als den „Grundakt demokratischer Legitimation“ [1], der vom „Volk als Verfassungs- oder Kurationsorgan“ [2] ausgeht, so brähe das staatliche Gemeinwesen schlichtweg in sich zusammen, würde sich im Extremfall niemand mehr an der Wahl beteiligen. [3]

Vorbilder

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass die Frage nach der Verfassungskonformität der Einführung einer einfach-gesetzlichen Wahlpflicht bereits seit Langem diskutiert wird. [4] Zumal auf landesverfassungsrechtlicher Ebene, für die nach Art. 28 Abs. 1 S. 1 GG ebenfalls die demokratischen Grundsätze im Sinne des GG gelten, „[d]ie Ausübung des Wahl- und Stimmrechts“ mitunter durchaus explizit als „Bürgerpflicht“ ausgestaltet ist (so etwa in Art. 26 Abs. 3 der Verfassung des Landes Baden-Württemberg) und sich Vorbilder für eine Rechtspflicht zur aktiven Wahlbeteiligung in anderen westlichen Demokratien finden [5] – auch innerhalb der nach Art. 2 S. 1 Var. 3 des Vertrags über die Europäische Union auf den Wert der Demokratie gegründeten EU [6]. Befeuert wird diese Diskussion überdies noch durch Wahlbeteiligungen deutlich unterhalb der 50%-Marke, wie sie in der jüngeren Vergangenheit bei einigen Europa- [7], Landtags- [8] und Kommunalwahlen [9] zu verzeichnen waren.

Irrelevanz nicht-verfassungsrechtlicher Argumentationsmuster

Nicht zuletzt in Anbetracht der mitunter emotional aufgeladenen Diskussion [10] rund um die sich aus der Beitragsüberschrift ergebende Fragestellung gilt es zunächst, eine Reihe von insofern nicht selten bemühten, jedoch jeweils im außer(-verfassungs-)rechtlichen Bereich wurzelnden und damit im vorliegenden Kontext schlechterdings irrelevanten Argumentationsmuster [11] als eben solche zu identifizieren.



**Prof. Dr. iur.
Mike Wienbracke,
LL. M. (Edinburgh)**
Tel.: +49 2361 915-434
mike.wienbracke@
w-hs.de

Verfassungsrechtliche Würdigung

Sodann besteht auf verfassungsrechtlicher Ebene die Aufgabe zunächst darin, den sachlichen Schutzbereich des grundrechtsgleichen Rechts auf Freiheit der Wahl im Sinne von Art. 38 Abs. 1 S. 1 GG präzise zu determinieren. Erfasst dieser lediglich die – von einer legislativen Pflicht zur Wahlteilnahme unberührte – Wahlentschei-

dungsfreiheit oder darüber hinaus ebenfalls die Wahlbeteiligungsfreiheit? Sofern diese in der Rechtswissenschaft umstrittene Frage im Sinne der letztgenannten Ansicht zu entscheiden und damit ein Eingriff in die derart interpretierte Wahlfreiheit durch eine einfach-gesetzlich statuierte Pflicht zur (aktiven) Beteiligung an der Bundestagswahl zu bejahen sein sollte, ist abschließend zu prüfen, ob – gestützt auf die verfassungs-immanente Schranke des Demokratieprinzips (Art. 20 Abs. 1, 2 GG) – die Eingriffsrechtfertigung gelingt [12].

Fazit

Dass dieses Unterfangen entgegen der derzeit „wohl“ [13] herrschenden Meinung unter bestimmten Umständen durchaus von Erfolg gekrönt sein kann, ist das Ergebnis der vom Verfasser hierzu veröffentlichten Untersuchungen. [11], [12] Ob der Gesetzgeber von dieser ihm danach verfassungsrechtlich eröffneten Möglichkeit de lege ferenda tatsächlich Gebrauch macht, ist freilich eine rechtspolitische Entscheidung. [11]

Aktuelle Publikationen //

M. WIENBRACKE. Yes, we can: Verfassungskonformität einer einfach-gesetzlichen Wahlpflicht de lege ferenda. *VR* 2021, S. 302 ff.

M. WIENBRACKE. Neues „Altes“ zur Wahlpflicht. *VR* 2022, S. 253 ff.

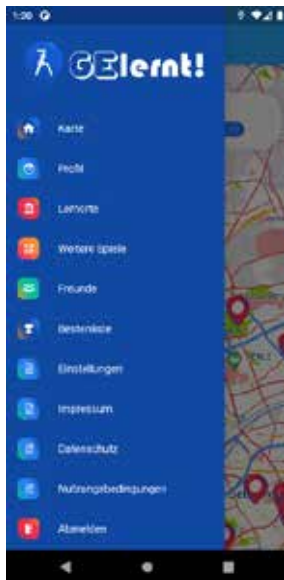


Abb. 1:
Hauptmenü vor der Karte der
Lernorte



Abb. 2:
Beschreibung des Lernorts
Grünlabor Hugo



Abb. 3:
Zuordnung von Blättern zu
Bäumen



Abb. 4:
Quiz

Aktuelle Publikation //

CIRKEL, M., H. PAUL, & N. RUDA (2022). Partizipative Softwareentwicklung im Spannungsfeld von Anspruch und Realität. In: *Forschung Aktuell*, 2022 (11). Gelsenkirchen: Institut Arbeit und Technik, Westfälische Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen. <https://doi.org/10.53190/fa/202211>.

Projektinformationen //

Stadt Gelsenkirchen (2023): Zukunftsstadt 2030+ Lernende Stadt Gelsenkirchen.

https://www.gelsenkirchen.de/de/bildung/bildung_fuer_nachhaltige_entwicklung/zukunftsstadt2030_index.aspx

Förderlogo | Logo des Förderschwerpunkts Sozial-ökologische Forschung | Wettbewerbslogo



GElernt – Eine App für die lernende Stadt

2015 initiierte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Forschung für Nachhaltigkeit (FONA) den Wettbewerb Zukunftsstadt. In einem dreistufigen Verfahren sollten nachhaltige und ganzheitliche Visionen gemeinsam von Bürgerinnen und Bürgern, Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Verwaltung entwickelt, konkretisiert und umgesetzt werden.

Eine der acht Kommunen, welche die dritte Förderphase erreichten, ist die Stadt Gelsenkirchen. Unter dem Titel „Lernende Stadt Gelsenkirchen – Bildung und Partizipation als Strategien sozialräumlicher Entwicklung“ wurden vier sogenannte Reallabore zur Umsetzung eingerichtet. Ein Baustein des Reallabors „Digitale Stadt“ war unter dem Arbeitstitel „Gelsenkirchen Avatar“ die prototypische Entwicklung einer Lernanwendung für die Zielgruppe der Sekundarstufe I. Konzipiert und programmiert wurde die App am Fachbereich Informatik und Kommunikation der Westfälischen Hochschule (WH). Die wissenschaftliche Begleitung der Entwicklung übernahm das Institut Arbeit und Technik (IAT) der WH.

Vorgehensweise: Citizen Science 2.0

Als konzeptioneller Rahmen kam im Gesamtprojekt das weiterentwickelte Konzept Citizen Science 2.0 als beteiligungsorientierter Ansatz zum Einsatz.

Dabei zeigte sich, dass die Beteiligung an der Konkretisierung und Umsetzung in Form technischer Entwicklungsarbeiten für die teilnehmenden Akteure nur wenig attraktiv war und die Einbindung von Bürgerinnen und Bürgern in den Entwicklungsprozess eines neuen Formats bedurfte, welche die in Form von regelmäßigen Austauschtreffen vorgenommene Organisation des Reallabors ergänzen musste. Gründe für die zurückhaltende Beteiligung können sowohl auf der organisatorischen als auch auf der inhaltlichen Ebene gefunden werden.

Obwohl sich die Organisation eines kontinuierlichen partizipativen Entwicklungsprozesses schwierig gestaltete, konnten mit einem Vorgehen, welches stärker an einen formativen Evaluationsprozess angelehnt war, der die Beteiligten zielgerichtet und punktuell einband, Fortschritte erzielt werden.

Konzept der Anwendung GElernt

Die mobile Anwendung GElernt soll es ermöglichen, an unterschiedlichen Orten in Gelsenkirchen auf spielerische Art Wissen zu erwerben, das mit dem jeweiligen Ort verknüpft ist. Derartige Anwendungen werden auch als Serious-Gaming- oder Edutainment-Apps bezeichnet. Spiele wenden sich in der Regel an eine bestimmte Zielgruppe in Hinsicht auf Lebensalter und Bildung. Im vorliegenden Prototyp von GElernt wurde die Zielgruppe auf Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I eingegrenzt.

Wettbewerbs- und Belohnungselemente dienen dazu, die Motivation zum Spielen zu erhöhen und sich durch Wiederholungen zu verbessern. Spieler können sich in ihrem Profil eine Spielfigur (Avatar) auswählen, die mit zunehmenden Erfolgen immer reichhaltiger ausgestattet wird (siehe Abb. 4). Eine Bestenliste ermöglicht den Vergleich mit anderen. Es ist auch möglich, sich über eine Freundesliste mit anderen zu verbinden, um zu erfahren, wo diese gerade was spielen.

Auf einer Karte sind alle Lernorte eingetragen. Zu jedem Lernort gibt es eine Übersicht mit grundlegenden Informationen, Darstellungen der Lernbereiche und Spielen (Abb. 2). Beim Grünlabor Hugo gibt es beispielsweise ein Memory-Spiel, bei dem Blätter von Bäumen den richtigen Baumnamen zugeordnet werden müssen, und ein Quiz.

Ein wesentlicher Punkt der App ist es, den Bezug zu den Lernorten herzustellen. Die Spiele sollten daher nur während eines Besuchs des jeweiligen Lernorts

gut spielbar sein, indem sie Informationen einbeziehen, die vor Ort einfach zu erhalten, anderenorts aber nicht oder nur mit großem Rechercheaufwand verfügbar sind.

Aufgrund begrenzter Ressourcen für die Entwicklung sind im Prototyp bisher eher Spiele realisiert, die mittels Interaktion auf dem Bildschirm des Mobilgeräts gespielt werden, z. B. durch Antippen einer richtigen Antwort oder durch Schieben eines Objektes an die richtige Stelle. Es bietet sich an, zur Erhöhung der Spielmotivation die vorhandene Sensorik von Mobilgeräten mehr auszunutzen, etwa indem bestimmte Objekte mit der Kamera fokussiert werden müssen, um weitere Informationen zu erhalten, oder indem mit dem Gerät bestimmte Bewegungen ausgeführt werden müssen, die beispielsweise Arbeitsweisen nachspielen, die früher an dem Lernort ausgeführt wurden.

Mögliche Erweiterungen und zukünftige Nutzung

Die Nutzung der App ist prinzipiell nicht auf die Zielgruppe Sekundarstufe I und die vorhandenen Lernorte beschränkt. Genauso gut wäre diese App für Zielgruppen wie Sekundarstufe II, Neu-Gelsenkirchener, Seniorengruppen oder Geflüchtete und Migrationsgruppen nutzbar.

Der dafür erforderliche Aufwand beschränkt sich primär auf Anpassungen des Inhalts bzw. der textuellen Beschreibungen und auf sprachliche und graphische Adaptionen der Elemente der Nutzungsoberfläche. Bei der Nutzung durch Migrantengruppen wäre eine Übersetzung der Texte in die entsprechende Sprache erforderlich. Um Kenntnisse der deutschen Sprache zu fördern, könnte man auch sukzessive von der Migrationssprache zur deutschen Sprache umschalten.

Als Lernorte sind in der aktuellen Fassung der App die Lernorte aus dem Gesamtvorhaben der Stadt Gelsenkirchen vorgesehen. Auch diese Komponente der App ist zielgruppenspezifisch austauschbar. Darüber hinaus sind die (Lern-)Orte nicht zwangsläufig auf Gelsenkirchen beschränkt. Vergrößert man die Datenbasis des Kartenmaterials der App und der entsprechenden Darstellungen, so könnte man beispielsweise Partnerstädte in Europa visualisieren und Inhalte zu den jeweiligen Orten präsentieren.

Generell lassen sich mit der App bzw. mit dem zugrundeliegenden Gerüst geographische Orte mit einem für mindestens eine Zielgruppe relevanten Inhalt darstellen, wobei Texte, Fotos und Videos, aber auch Serious Games in Form von passgenauen Rätselaufgaben und geospezifischen Aufgaben – vergleichbar dem Geocaching – zum Einsatz kommen.



**Prof. Dr.
Andreas M. Heinecke**
andreas.heinecke@
w-hs.de



**Dr.-Ing.
Hansjürgen Paul**
Institut Arbeit und
Technik
paul@iat.eu

Forschungsfragen und Vorgehen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden unterschiedliche Fragen thematisiert, die die bestehenden Forschungsaktivitäten des IAT zu den Themen Strukturwandel, Regionalentwicklung und regionale Finanzflüsse bündeln:

- Welche Ansatzpunkte und Herausforderungen für eine integrierte Regionalentwicklung bestehen, insbesondere vor dem Hintergrund des demografischen Wandels, der wirtschaftlichen Entwicklung und der fiskalischen Rahmenbedingungen?

- Vor welche Herausforderungen sind die Regionen in finanzieller Hinsicht gestellt? Welche Herausforderungen ergeben sich mit Blick auf das strukturpolitische Förderinstrumentarium? Welche Spielräume sind insofern noch gegeben?
- Anhand welcher Kennziffern lassen sich die fiskalischen Handlungsmöglichkeiten der Regionen mit ihren Kommunen beschreiben, und wie können diese als Grundlage für eine Zusammenarbeit zwischen der fachlich-inhaltlichen und der fiskalischen Arbeitsebene zielführend eingesetzt werden?

Zur Beantwortung der Fragen wurden die Beobachtungen, Ergebnisse und Bereiche aus den Modellregionen systematisch ausgewertet und um eigene Expertisen und Analysen ergänzt.

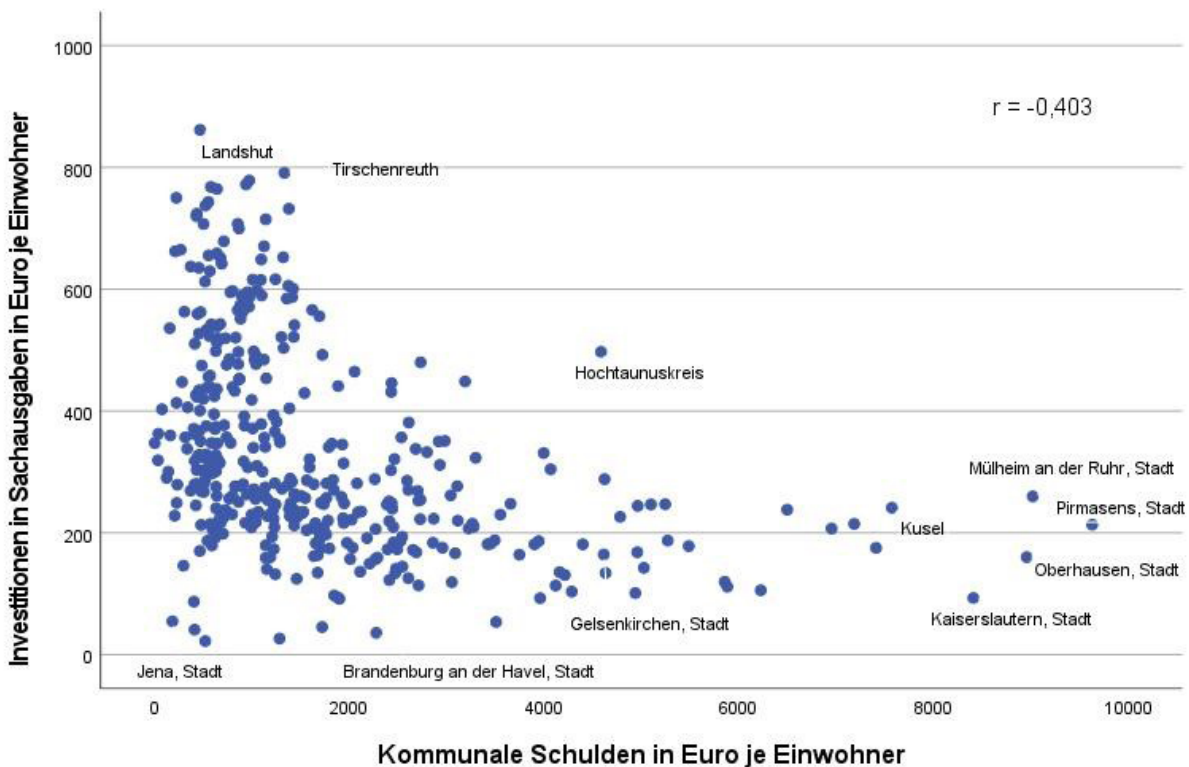


Abb. 1:

Korrelation der Investitionen in Sachausgaben in Euro je Einwohner und der kommunalen Schulden in Euro je Einwohner, auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte 2017 (ohne Stadtstaaten)

Quelle: INKAR-Datenbank Datenbasis: DESTATIS; Kassenstatistik, eigene Berechnung

Publikationen //

Im Rahmen des Vorhabens wurden unterschiedlichste Publikationsformate (Berichte, Kurzpublikationen, Infobroschüren, Podcasts, Videos) erstellt. Diese sind abrufbar unter:

- https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/moro/forschungsfelder/2015/Lebendige-Regionen/01_start.html?jsessionid=31030A436DD2A0211B58313A19785A94.live21321?pos=7
- https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/moro/forschungsfelder/2015/Lebendige-Regionen/01_start.html?pos=5

Fördermittelgeber: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB)



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen



MORO

Modellvorhaben der Raumordnung – MORO „Lebendige Regionen“

Um den komplexen Herausforderungen gerecht zu werden und gleichzeitig Zukunftspotenziale in Wert zu setzen, sind räumlich-funktionale, integrierte Ansätze der Regionalentwicklung nötig, die insbesondere die finanziellen Spielräume in den Regionen berücksichtigen. Daher verfolgte das MORO „Lebendige Regionen“ das Ziel, in ausgewählten Modellregionen anhand thematischer Schwerpunkte eine integrierte Regionalentwicklung stärker mit der finanziellen Perspektive einer Region zusammenzubringen. In dem durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung und dem Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen geförderten Projekt erarbeiteten zwölf Modellregionen

in einer 1. Phase eine integrierte Strategie oder ein Konzept unter Berücksichtigung der finanziellen Rahmenbedingungen und setzten auf dieser Grundlage in einer 2. Phase ausgewählte Leuchtturmprojekte um. Das MORO „Lebendige Regionen“ trug damit nicht nur zur Weiterentwicklung des Querschnittsforschungsfeldes „Raumentwicklung – Wirtschaft und Finanzen“ bei, sondern auch zur Erprobung praxisrelevanter Methoden und Instrumente für die Raumentwicklung.

Das Institut Arbeit und Technik der Westfälischen Hochschule unterstützte die Modellregionen im Rahmen einer Forschungsassistenz gemeinsam mit SPRINT – wissenschaftliche Politikberatung PartG. Aufgabe der Forschungsassistenz war es, die Modellregionen und ihre Vorhaben fachlich zu begleiten und zu beraten, das BBSR bei der Auswahl und Begleitung zu unterstützen, das MORO „Lebendige Regionen“ in der Fachöffentlichkeit zu verankern und das Forschungsfeld weiterzuentwickeln. Zudem war das IAT Teil der finanzwissenschaftlichen Begleitforschung in Kooperation mit dem Institut für öffentliche Finanzen und Public Management an der Universität Leipzig. Als Kernaufgabe bewertete die Begleitforschung die finanziellen Rahmenbedingungen. Dies erfolgte zunächst mit Blick auf die Neuordnung der Finanzbeziehungen zwischen Bund und Ländern sowie der „Schuldenbremse“ ab 2020. Zudem erstellte die Begleitforschung für jede der zwölf Modellregionen einen Regionsbericht. Die Berichte stellten die Entwicklung der kommunalen Haushalte der Region überblicksartig dar. Anhand einer Fortschreibung der kommunalen Steuereinnahmen und einer Modellierung des kommunalen Finanzausgleichs erfolgte zudem eine Prognose für die folgenden fünf Jahre.

Ausgewählte Ergebnisse

Auf der kommunalen aber auch der regionalen Ebene wird deutlich, dass die demographischen, sozialen und wirtschaftsstrukturellen Gegebenheiten die kommunale Finanzlage maßgeblich prägen, weswegen zum Beispiel strukturschwache Regionen tendenziell weniger Haushaltsmittel für eine aktive Regionalentwicklung verwenden können. In der Abbildung wird der statistische Zusammenhang zwischen der Verschuldung der Kommune und den Investitionen in Sachausgaben – (z. B. in Bereiche der Regionalentwicklung) deutlich. Je höher die Verschuldung der Kommune je Einwohner ist, desto weniger Mittel stehen für freiwillige Aufgaben wie Regionalentwicklung zur Verfügung (vgl. Abbildung 1).

Es besteht die Gefahr, dass im Steuerwettbewerb (aufgrund der Notwendigkeit höherer Steuersätze) und bei der Erbringung von freiwilligen Aufgaben gegenüber strukturstarken Regionen weiter zurückfallen.

Aber nicht nur die regionalen, sondern auch übergeordnete Rahmenbedingungen haben Einfluss auf die finanzielle Situation. Dabei können diese äußerst volatil sein, wie der betrachtete Zeitraum des MORO „Lebendige Regionen“ zeigt: Aufgrund der positiven konjunkturellen Entwicklung in den 2010er Jahren und den Ergebnissen der Neuordnung der Bund-Länder-Finanzbeziehungen, stiegen die Steuereinnahmen der untersuchten Modellregionen deutlich. Allerdings stiegen auch die Ausgaben, und Aufwendungen für freiwillige Aufgaben nahmen im untersuchten Zeitraum bis 2016 oft sogar ab (aufgrund der Expansion der Aufwendungen für Soziales und Jugend). Im weiteren Verlauf des MORO „Lebendige Regionen“ zeigte sich dann aber, dass die Corona-Pandemie zur massiven Verschlechterung der kommunalen Finanzlage führen kann, weswegen das Thema aktive Regionalentwicklung und kommunale Finanzen aktueller denn je ist. Eine Alternative stellen Fördermittel dar, die für eine aktive Regionalentwicklung aus Sicht der Modellregionen als zentral und insgesamt gut zugänglich betrachtet werden. Dies gilt trotz fehlender Eigenmittel und personeller Ressourcen tendenziell ebenfalls für finanzschwache Kommunen. In diesem Zusammenhang werden jedoch auch mehr freie Mittel und Flexibilität in der Fördermittelbewirtschaftung gefordert. Zusätzliche freie Mittel würden vermutlich besonders Regionen mit finanzschwachen Kommunen dabei helfen, sinnvolle Entwicklungsprojekte zu verstetigen und in den Regelbetrieb zu überführen.



Elke Dahlbeck

Institut Arbeit und Technik
dahlbeck@iat.eu



Dr. Franz Flögel

Institut Arbeit und Technik
floegel@iat.eu



Dr. Florian Langguth

SPRINT – wissenschaftliche Politikberatung PartG
langguth@sprintconsult.de



Dr. Katrin Bäumer

SPRINT – wissenschaftliche Politikberatung PartG
baeumer@sprintconsult.de

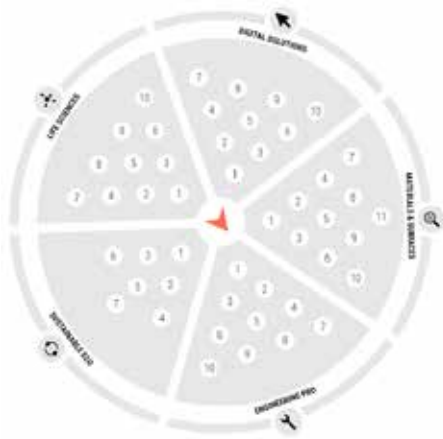


Abb. 1:

Tech-Kompass

Der Tech-Kompass Münsterland wurde im Rahmen des Projekts „Enabling Networks Münsterland“ von den Technologiescouts erstellt. Er dokumentiert die wesentlichen technologischen Entwicklungen in den fünf regionalen Schwerpunktfeldern: Engineering Pro, Sustainable Eco, Digital Solutions, Life Science und Materials and Surfaces.

Der Bereich Engineering Pro befasst sich beispielsweise mit den technischen und organisatorischen Aspekten der vernetzten Produktion und gibt Auskunft über Robotik, Datenerfassung und -speicherung sowie additive Fertigung.

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



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



Abb. 2:

Erste Runde Denkfabriken – Juli 2020

Durch den Austausch von Vertreterinnen und Vertretern aus Unternehmen, der Forschung und regionalen Netzwerken in den fünf Denkfabriken wurden die Innovationskompetenzen der Region weiterentwickelt und an Zukunftsstrategien gearbeitet. Ergebnisse des Prozesses konnten neue Studiengänge, neue Netzwerke, neue Kooperationsprojekte bis hin zu neuen Forschungsinfrastrukturen sein.

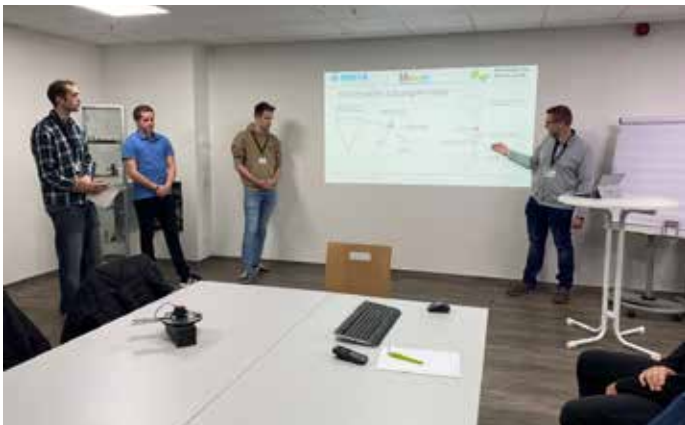


Abb. 3:

Techathon - Der Ideenwettbewerb

Studierende der Westfälischen Hochschule präsentieren ihre favorisierten Lösungskonzepte zur getakteten Schüttgutvereinzelnung für die automatisierte Qualitätskontrolle. Diese Herausforderung stellte die Firma Pieron GmbH im Rahmen des Techathon im Projekt „Enabling Networks Münsterland“.

Seit 1925 fertigt Pieron, ein Familienunternehmen in der 4. Generation, technische Federn für nahezu alle Industriebereiche. Die Schwerpunkte liegen in der Automobil-, Elektro- und Sportartikelindustrie. (von links: Jonas Wissen, Jonas Loskamp, Sebastian Hösing, Timo Killmann)



Abb. 4:

Abschlussveranstaltung des Projekts „Enabling Networks Münsterland“ am 15. Dezember 2022 im M44 in Münster

Das Veranstaltungsformat „Transformation Münsterland“ verbindet verschiedene Ansätze aus der regionalen Innovations- und Unternehmensförderung im Münsterland miteinander. Die Projektverantwortlichen erläuterten die Ergebnisse und Impulse regionaler Projekte und Initiativen, wie „Enabling Networks Münsterland“, „Gründergeist #Youngstarts Münsterland“ und „Onboarding@Münsterland“ und zeigten neue Wege auf, dem Wandel zu begegnen:

Wie kann sich das Münsterland vor dem Hintergrund des Klimawandels, einer alternden Gesellschaft mit Fachkräftemangel und rasanten technologischen Herausforderungen wie der Digitalisierung oder der Effizienzsteigerung regenerativer Energieversorgung, positionieren und die Transformation der Wirtschaft aktiv mitgestalten?

Daneben präsentierte der Münsterland e.V. die regionale Wirtschaftsstrategie in Form des integrierten Handlungskonzepts Münsterland.

Enabling Networks Münsterland

Innovationsförderung mit Plan

Das Projekt Enabling Networks Münsterland startete am 1. September 2019 mit einem Volumen von rund 2,35 Millionen Euro. Im Fokus stand das Netzwerken: Fünf unternehmerische Denkfabriken und fünf Technologiescouts sollten bei der Entwicklung neuer Innovationen und bei der Suche nach neuen Technologien unterstützen.

Als regionale Verbundinitiative und Nachfolgeprojekt von „Enabling Innovation Münsterland“ unterstützte Enabling Networks Unternehmen und Hochschulen im Münsterland dabei, Innovationen zu entwickeln, sie umzusetzen und die richtigen Partner für das Vorhaben zu finden. Denn wer im Wettbewerb bestehen will, muss aus neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen schnell marktreife Verfahren, Produkte oder Dienstleistungen entwickeln.

Projektbausteine: Denkfabriken und Technologiescouting

Insgesamt entstanden innerhalb des Projekts fünf Münsterland-Denkfabriken mit Vertreterinnen und Vertretern aus Unternehmen, der Forschung und regionalen Netzwerken. Darin suchten sie nach Antworten auf Fragen wie: Was brauchen die regionalen Unternehmen, um ihre Kompetenzen auszubauen und wirtschaftlich erfolgreich zu sein? Wo liegen die besonderen Chancen und innovativen Kompetenzen des Münsterlandes? Wie kann sich die Region hier noch besser aufstellen und wertvolle Kooperationen eingehen? Die Zukunftsbetrachtung bezieht sich dabei auf den Zeitraum der nächsten fünf bis zehn Jahre.

Der zweite Baustein war das Technologiescouting. Dabei unterstützten fünf Technologiescouts die Unternehmen bei der Entwicklung neuer Innovationen. So entstand besonderes Technologiewissen, mit dem Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Kompetenzzentren noch besser vernetzt wurden.

Die Münsterland-Denkfabriken

Durch den Austausch in den Denkfabriken entstanden spannende Ideen, mit denen die Innovationskompetenzen der Region weiterentwickelt wurden. Die fünf Münsterland-Denkfabriken wurden zu folgenden Themenschwerpunkten gebildet:

- Digitales Münsterland – Anwendung und Entwicklung von KI-Technologien
- Der Weg zur vernetzten Produktion
- Auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft
- Umweltneutrale Werkstoffe der Zukunft
- Gesund bleiben – ein Leben lang

Technologiescouting Münsterland

Wie lassen sich im Münsterland technologische Entwicklungen schneller und umfassender erkennen und nutzen? Diese Frage wird besonders für kleine und mittelgroße Unternehmen immer wichtiger. Der hohe Spezialisierungsgrad und die globalen Märkte machen es besonders für KMU notwendig, neue Technologien und deren Potenzial möglichst schnell zu erkennen, bevor die Konkurrenz es tut. Damit diese Suche nach neuen Technologien möglichst einfach und kostensparend ist, bietet es sich an, regionale Experten einzubinden und sich schnell zu diesen Themen auszutauschen.

Das Projekt unterstützte in diesem Austausch-Prozess mit verschiedenen Maßnahmen im Bereich Technologiescouting. So entstand besonderes Technologiewissen, um in Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Kompetenzzentren noch besser arbeiten zu können.



Christopher Langner

Technologiescout im Projekt „Enabling Networks Münsterland“
christopher.langner@w-hs.de

Technologie-Tandem

Die Technologie-Tandems wurden innerhalb des Projekts ins Leben gerufen und fördern den Wissenstransfer zwischen Wirtschaft und Hochschuleinrichtungen im Münsterland. Unternehmerinnen und Unternehmer treffen darin auf Wissenschaftsakteure, sodass bestenfalls dauerhafte Kontakte und gemeinsame Projekte von Firmen und Forschungseinrichtungen entstehen. Der erste Kontakt zwischen dem Unternehmen, dem Hochschulvertreter sowie den Vermittlern

aus der Wirtschaftsförderung und ggfs. den Technologietransferstellen findet – auch der Corona-Pandemie geschuldet – als zeitsparende Zoom-Konferenz statt. Dieses bewährte Format wird an der Westfälischen Hochschule auch in Zukunft fortgesetzt.

Techathon

Unternehmen präsentieren ein Problem – Studierende die Lösung! So läuft's bei den Techathons. Der Techathon ist ein Ideen-Wettbewerb, bei dem nach anwendungsnahen Antworten für unternehmerische Herausforderungen gesucht wird. Diese kommen bestenfalls aus dem Technologie-Bereich. Studierende schlüpfen dabei in die Rolle der Problemlöser, machen sich nach einem Briefing an die Arbeit und präsentieren am Ende ihre Ergebnisse. Der Techathon vernetzt die Wissenschaft mit der Wirtschaft. So können langfristige Kooperationen und Beziehungen zwischen Unternehmen, Studierenden und Hochschulen entstehen.

Tech-Kompass Münsterland

Der Tech-Kompass Münsterland gibt Orientierung im Technologie-Dschungel. Er dokumentiert die wesentlichen technologischen Entwicklungen in den fünf regionalen Schwerpunktfeldern: Engineering Pro, Sustainable Eco, Digital Solutions, Life Science und Materials and Surfaces. Diese Schwerpunkte und die dahinter liegenden Technologiefelder und Technologie-Anwendungen sind auf die wirtschaftlichen Innovationskompetenzen des Münsterlandes abgestimmt. Im Kompass finden Interessierte Experten und Best-Practice-Beispiele aus der Region, mehr Infos zu einzelnen Technologien sowie Start-ups, die einen Bezug zu diesen Technologien haben.

Innovation-Stories

Viele innovative Erfolgsgeschichten aus dem Münsterland sind als Kooperationsvorhaben an den Start gegangen. Das Verbundprojekt Enabling Networks Münsterland machte diese und weitere Innovationen ausfindig und stellte sie auf [muensterland.com/innovation-stories](https://www.muensterland.com/innovation-stories) dar. Einige der Geschichten wurden auch verfilmt.

Projektinformationen //

Das Projekt Enabling Networks Münsterland wurde im Rahmen des EFRE-Aufrufs „Regio.NRW“ von der Europäischen Union und dem Wirtschaftsministerium NRW gefördert.

Projektleitung: Münsterland e.V. – Bernd Büdding, Sonja Raiber

Nähere Informationen zum Projekt:
<https://www.muensterland.com/enabling>

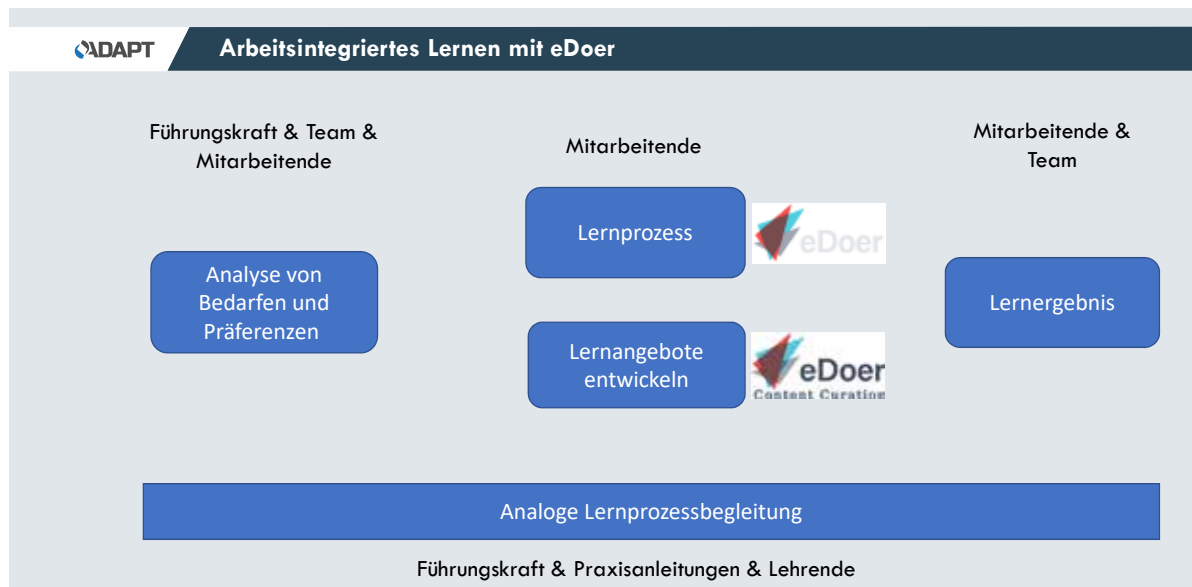


Abb. 1:
Arbeitsintegriertes Lernen mit eDoer



Abb. 2:
Implementierung eines adaptiven Weiterbildungsunterstützungssystems im Berufsfeld Pflege

Quellen //

MÜLLER, Marianne, Belinda AESCHLIMANN (2020): Fachkräftebindung im Sozialbereich. Die Rolle der Weiterbildungsunterstützung durch den Arbeitgeber. In: *Zeitschrift des Bundesinstituts für Berufsbildung BWP: Qualifizierung in der Pflege* (2020) 49, S. 42 – 46

Rat der Arbeitswelt (2021): Vielfältige Ressourcen stärken - Zukunft gestalten. *Arbeitsweltbericht 2021*. URL: https://www.arbeitswelt-portal.de/fileadmin/user_upload/awb_2021/210518_Arbeitsweltbericht.pdf

SCHRÖER, Laura, Chiara RADUNOVIC, Silke VÖLZ (2022). Chancen, Herausforderungen und Potentiale von digital gestützter Weiterbildung in der Altenpflege – Empirische Befunde aus dem Projekt ADAPT. In: *Forschung Aktuell*, 2022 (08). Gelsenkirchen: Institut Arbeit und Technik.



Neue Perspektiven für die berufliche Weiterbildung: Modellprojekt ADAPT entwickelt KI-basiertes Lernsystem für die Altenpflege

Berufliches Lernen im Wandel: Digital gestütztes Lernen im BMBF geförderten Projekt ADAPT

Die Altenpflege steht durch den gegenwärtigen Fachkräftemangel vor besonderen Herausforderungen. Durch neue Wege in der beruflichen Weiterbildung soll ein Beitrag zur Deckung des Fach- und Arbeitskräftebedarfs geleistet werden. Digital gestützte Lernangebote bieten das Potential, den Betrieb als Lernort zu stärken, indem sie das Lernen im Prozess der Arbeit unterstützen (Rat der Arbeitswelt 2021). Die Digitalisierung soll es ermöglichen, dass entsprechende Bildungsangebote zu den individuellen Lernpräferenzen und Lernvoraussetzungen passen, aber auch dem betrieblichen Kontext entsprechen (Müller/Aeschlimann 2020).

Das im Rahmen der INVITE-Förderrichtlinie geförderte Projekt ADAPT verfolgt die Zielsetzung, individuelle Lernprozesse beruflich Pflegenden digital zu unterstützen, Lernumgebungen bedarfsorientierter zu gestalten und den Zugang zu beruflicher Weiterbildung zu fördern. Individualisiertes Lernen wird auf der digitalen, KI-gestützten Lernplattform *eDoer* (www.edoer.eu) über individualisierte Lernempfehlungen im Rahmen eines Lernpfads ermöglicht. Dieser Lernpfad basiert auf der Angabe von individuellen Lernpräferenzen (z. B. Lernformat, Dauer, Detailstufe) und Lernbedarfen unter Rückgriff auf Feedbackmechanismen.



Laura Schröer
Institut Arbeit und
Technik
schroerer@iat.eu



Silke Völz
Institut Arbeit und
Technik
voelz@iat.eu



Michaela Evans
Institut Arbeit und
Technik
Direktorin des Forschungs-
schwerpunkts
Arbeit & Wandel
evans@iat.eu

Digital gestütztes Lernen in der Altenpflege: Erwartungen der Pflegefach- und Führungskräfte

Damit die Lernplattform den Anforderungen und Präferenzen der Mitarbeitenden entspricht, wurde zunächst eine Analyse zu den individuellen und betrieblichen Voraussetzungen für und den Erwartungen an digital gestütztes Lernen durchgeführt. Neben einer Literaturrecherche wurden mithilfe von Stakeholderinterviews und einer Beschäftigtenbefragung Kenntnisse zu den Chancen und Potentialen des digitalen Lernens in der Pflege, aus Sicht von Fach- und Führungskräften gewonnen (Schröer et al. 2022). Im Ergebnis zeigte sich, dass Zeit- und Personalengpässe die individuellen Lernmöglichkeiten begrenzen: Lediglich 21,9% der befragten Beschäftigten in der Pflege haben das Gefühl, dass die Arbeit so organisiert ist, dass Auszeiten zum Lernen bleiben, während knapp die Hälfte der Befragten angab, dass bei der aktuellen Arbeit keine Zeit zum Lernen bleibt. Dennoch ordnen die Beschäftigten dem Lernen für und in Arbeits- und Versorgungsprozessen einen hohen Stellenwert zu. 82% der Befragten bewerten regelmäßige Fortbildungen als wichtig für die aktuelle Arbeit und 89% gehen davon aus, dass dies zukünftig noch wichtiger werden wird.

Allerdings ist Lernen im pflegerischen Arbeitsalltag derzeit nur schwer realisierbar: 34,1% der an der Befragung teilnehmenden

Pflegenden empfinden den Besuch einer Fortbildung als störend für den Arbeitsablauf. 48,4% haben bereits erlebt, dass sie kurzfristig nicht an einer Fortbildung teilnehmen konnten, da sie im Dienst für Kollegen/Kolleginnen einspringen mussten. Das bedeutet, dass Pflegenden oft über wenig Zeit für berufliches Lernen verfügen. Zudem ist die Anforderung der Beschäftigten an Qualität und Aktualität der Lerninhalte besonders hoch. Als Vorteil des digitalen Lernens wird häufig – aufgrund der ubiquitären Verfügbarkeit – vor allem die Einsparung von Ressourcen (Zeit und materielle Ressourcen) diskutiert (Schröer et al. 2022).

Im Projekt wurde deutlich, wie wichtig den Mitarbeitenden die analoge Begleitung digital gestützten Lernens ist. Die Beschäftigten wünschen sich beim Lernen ein Feedback von den Lehrenden (38%) oder den Vorgesetzten (29%). 40,13% nehmen die fehlende Begleitung als großen Nachteil des digitalen Lernens wahr.

Wichtige Faktoren auf der individuellen Ebene zur Verbesserung der Lernerfolge sind Akzeptanz und Motivation der Beschäftigten. Diese können erhöht werden, wenn durch das betriebliche Lernen ein Mehrwert für die eigene Arbeit entsteht. 80,6% möchten das Gelernte praktisch anwenden können. Aktuell sind allerdings nur 41% mit der aktuellen Themenauswahl von angebotenen Bildungsmaßnahmen zufrieden. Dies bedeutet, das Matching von Lernangebot und -bedarf muss verbessert werden.

Digital gestütztes Lernen mit analoger Begleitung bedarfsgerecht umsetzen!

Die KI-gestützte Lernplattform *eDoer* wird branchen- und nutzer/-innenzentriert weiterentwickelt. Hierzu wird ein iterativer Technikentwicklungsansatz gewählt. Nach einer Analysephase von Nutzen und Kontext werden Pflegenden angeleitet, einen Prototypen der Lernplattform exemplarisch zu erproben. Ihre Eindrücke und Erfahrungen beeinflussen direkt die Weiterentwicklung der Plattform. (Die aktuelle Version für mobile Endgeräte kann hier heruntergeladen werden: www.edoer.eu/download)

Darüber hinaus wird im Projekt ein Konzept zur analogen Lernbegleitung entwickelt und erprobt. Digital gestütztes berufliches Lernen ist in der Pflege bisher kaum verbreitet. Pflegenden wünschen sich persönliche Unterstützung, um digital zu lernen und das Gelernte in die professionelle Praxis zu integrieren. Dafür wird im Projekt ein Train-the-Trainer-Konzept ausgearbeitet und umgesetzt, welches betriebliches Bildungspersonal (z. B. Praxisanleitungen) dazu befähigt, Beschäftigte in Pflegeeinrichtungen und sozialen Diensten in ihren analogen und digitalen Lernprozessen zu begleiten und den Transfer in den beruflichen Alltag zu sichern.

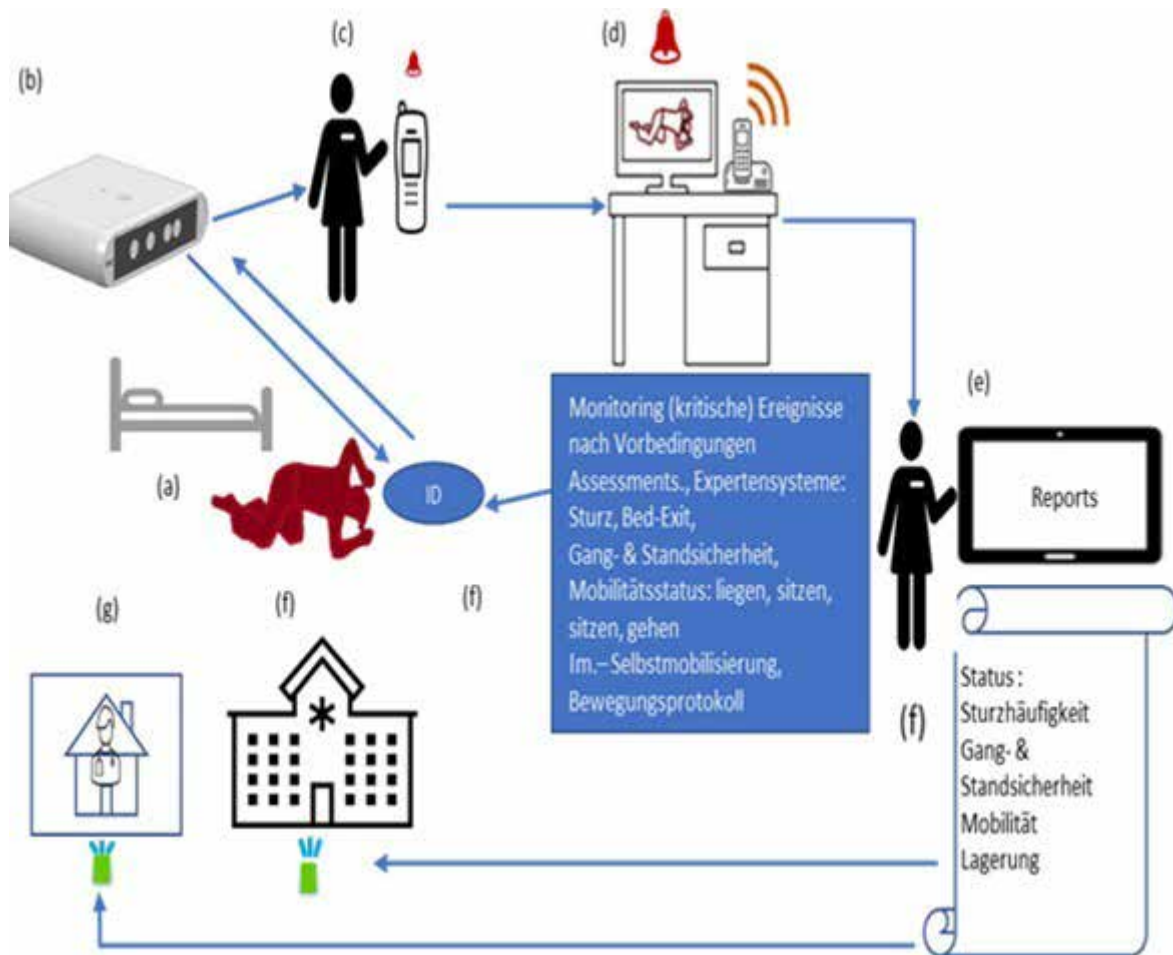


Abb. 1:
Aufbau des ETAP-Szenario

Die Sensorbox (b) wird im Zimmer oder der Wohnung der pflegebedürftigen Person installiert. Wird ein Sturzereignis oder ein erhöhtes Sturzrisiko wahrgenommen (a), erfolgt eine Alarmierung oder Benachrichtigung, so dass eine Pflegekraft oder eine Kontaktperson weitere Maßnahmen veranlassen kann (c). Das intelligente Pflegesystem dokumentiert das Ereignis und erstellt Reports, die bei Bedarf an weitere beteiligte Akteure weitergeleitet werden können (d-f).



**Bundesministerium
für Gesundheit**

Projektinformationen //

Das Institut Arbeit und Technik ist mit zwei Forschungsschwerpunkten an dem Projekt beteiligt. Der Forschungsschwerpunkt „Gesundheitswirtschaft & Lebensqualität“ ist verantwortlich für die Koordination des Projektes und für die ELSI-Begleitforschung. Der Forschungsschwerpunkt „Arbeit und Wandel“ ist verantwortlich für die längsschnittliche Analyse der Be- und Entlastungseffekte im Rahmen der Einführung des KI-Services, die Entwicklung von Handlungsempfehlungen sowie den Transfer der Ergebnisse in Wissenschaft und Praxis.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Gesundheit gefördert und läuft seit dem 01.02.2022 bis 31.01.2025.

ETAP – Evaluation von teilautomatisierten Pflegeprozessen in der Langzeitpflege

Forschungsgegenstand und Problemstellung

Die professionelle Langzeitpflege steht bereits seit einigen Jahren unter einem erheblichen Druck. Prognosen zeigen, dass bei einem konstanten Personalschlüssel ein Mehrbedarf an Vollzeitkräften von mehr als 30% bis zum Jahr 2030 sowohl in der stationären als auch in der ambulanten Langzeitpflege zu erwarten ist.

Dieser steigende Bedarf an Pflegekräften führt zu einer Verknappung von Arbeitskräften und verschlechtert tendenziell die Arbeitssituation und die Arbeitsbelastung der bereits tätigen Pflegekräfte. Es ist wichtig, die Arbeitsbedingungen und die Arbeitsbelastung der Pflegekräfte zu verbessern, um die Versorgung der Patientinnen und Patienten langfristig sicherzustellen und eine hohe Qualität der Pflege zu gewährleisten. Es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um den steigenden Bedarf an Pflegekräften zu decken und die Arbeitsbedingungen und die Gesundheit der Pflegekräfte zu verbessern. Immer wieder wird die Meinung verbreitet, dass digitale Technologien dazu beitragen können, den Umgestaltungsprozess in der Pflege zu unterstützen. Allerdings bleiben die Erkenntnisse zur digitalen Transformation der Pflege insgesamt relativ abstrakt, da oft nur Trends skizziert werden, die kaum empirisch belegt sind, auf Expertenmeinungen beruhen oder subjektive Einschätzungen und objektive Outcome-Effekte nicht systematisch in Beziehung setzen. Es fehlt an konkreten Daten und Fakten, die zeigen, wie digitale Technologien die Pflegearbeit tatsächlich beeinflussen und welche Auswirkungen sie auf die Arbeitsbedingungen der Pflegekräfte haben.



Dr. Peter Enste

Direktor des Forschungsschwerpunkts Gesundheitswirtschaft und Lebensqualität
Institut Arbeit und Technik
enste@iat.eu



Michaela Evans

Direktorin des Forschungsschwerpunkts Arbeit und Wandel
Institut Arbeit und Technik
evans@iat.eu



Jessica Kemper

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Institut Arbeit und Technik
kemper@iat.eu



Alexander Bajwa Kucharski

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut Arbeit und Technik
kucharski@iat.eu



Jenny Wielga

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Institut Arbeit und Technik
wielga@iat.eu

Projektfragestellung

Das Projekt ETAP (Evaluation von teilautomatisierten Pflegeprozessen in der Langzeitpflege) möchte diese Forschungslücke schließen. Ein Konsortium, bestehend aus Expertinnen und Experten der Pflegewissenschaften, Arbeits- und Sozialwissenschaften, Gesundheitsökonomie und (Medizin)-Informatik, arbeitet inter- und transdisziplinär zusammen, um zu untersuchen, ob und wie KI-Anwendungen zur Be- oder Entlastung von Pflegearbeit beitragen können. Dabei kooperieren sie eng mit Praxiseinrichtungen der ambulanten und stationären Langzeitpflege.

Ziel der Untersuchung ist es zu analysieren, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit Arbeit im Kontext von KI-Services gesundheitsförderlich und entlastend gestaltet werden kann. Das Konsortium betrachtet dabei den Einführungs- und Veränderungsprozess als einen Prozess, der sozial, organisatorisch, qualifikatorisch und technisch gleichermaßen gestaltet werden muss, um die gewünschten Zielsysteme technisch unterstützter Arbeit zu realisieren. Durch diese inter- und transdisziplinäre Herangehensweise sollen die Auswirkungen von KI-Anwendungen auf die Pflegearbeit umfassend untersucht werden.

Projektdesign

Vertiefend werden diese Effekte für zwei Themenbereiche in ambulanten und stationären Pflegeeinrichtungen untersucht:

- Die Versorgungsplanung: Eine teilautomatisierte Versorgungsplanung soll durch ein KI-gestütztes Monitoring von Risiken, am Beispiel eines Sturzrisiko-Screenings, und durch die Erkennung von Fähigkeiten zur Beschreibung des Mobilitäts-Status von Pflegebedürftigen, unterstützt werden.
- Die Dokumentation: Teile der Pflegedokumentation von Sturz, Sturzrisiko und Protokolle bei funktionaler Immobilität werden KI-gestützt und automatisiert erfolgen.



Abb. 1:
Beispiel einer Augmented Reality Visualisierung über eine Datenbrille:



Abb. 2:
Nutzung von Datenbrillen durch OP-Personal

Förderlogo



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Konsortium



Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



Medability

KARVIMIO – KI-basierte Augmented Reality-Visualisierung von Bedienungsanleitungen medizinischer Instrumente im Operationssaal

Medizinische Operationen sind ein Zusammenspiel von verschiedenen Akteuren, Technologien und Instrumenten im Operationssaal. Eine wesentliche Herausforderung, die für eine erfolgreiche Operation und das Patientenwohl gemeistert werden muss, ist der erfolgreiche Umgang mit medizinischen OP-Instrumenten durch das Fachpersonal. OP-Instrumente sind vielfältig und unterscheiden sich je nach Hersteller maßgeblich in ihren Eigenschaften und in der Komplexität der Handhabung bzw. des Zusammenbaus. Das Fachpersonal kann aufgrund der immensen Vielfalt nicht das Anwendungswissen für alle auf dem Markt verfügbaren OP-Instrumente erlangen. Zur Unterstützung im OP-Saal müssen Fachpersonen deshalb oft die komplexen, digitalen oder papierbasierten Bedienungsanleitungen anfordern und während der OP nutzen. Das kann zu Unterbrechungen führen und die Qualität der Operation negativ beeinflussen.



Dr. Peter Enste
Direktor des Forschungsschwerpunkts
Gesundheitswirtschaft
und Lebensqualität
Institut Arbeit und
Technik
enste@iat.eu



Elena Cramer
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin im For-
schungsschwerpunkt
Gesundheitswirtschaft
und Lebensqualität
Institut Arbeit und
Technik
cramer@iat.eu



**Alexander Bajwa
Kucharski**
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter im For-
schungsschwerpunkt
Gesundheitswirtschaft
und Lebensqualität
Institut Arbeit und
Technik
kucharski@iat.eu

Ziele des Projekts

Das KARVIMIO-Projekt adressiert diese Herausforderung und entwickelt ein Assistenzsystem, das Künstliche Intelligenz (KI) und Augmented Reality (AR) verwendet, um die Nutzung von Instrumenten zu vereinfachen. Das System beruht auf einer KI-basierten Objekterkennung und -verfolgung durch statische und dynamische Kamerasensoren. Durch diese Technologie können medizinische Instrumente und deren Zustand erfasst werden. Hierfür wird im Projekt mit einem Head Mounted Display (HMD), d. h. einer Datenbrille, gearbeitet. Dem Fachpersonal sollen als Tragende dieser Datenbrille über multimediale Interaktionsmöglichkeiten entsprechende Bedienungsanweisungen aus den Hersteller-Handbüchern visuell angezeigt werden, sodass alle notwendigen Informationen schnell und verständlich am Einsatzort verfügbar sind. Auf diese Weise soll der zeitliche Aufwand für die Abfrage von Informationen für die Handhabung von OP-Instrumenten verringert und die Fehlerhäufigkeit in der Handhabung reduziert werden. Das Assistenzsystem soll so die OP-Teams in der Anwendungssituation unterstützen und insgesamt die Prozess- und Behandlungsqualität sowie die Patientensicherheit steigern.

Konsortium und Laufzeit

Das Projektkonsortium besteht aus vier Partnern: Konsortialführer und technischer Partner ist die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Der Partner für Simulationstechnologien ist die Medability GmbH. Klinischer Partner ist die Ludwig-Maximilians-Universität München. Als wissenschaftlicher Partner ist das Institut Arbeit und Technik mit dem Forschungsschwerpunkt Gesundheitswirtschaft und Lebensqualität beteiligt. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und hat eine Laufzeit von drei Jahren (01.08.2022 – 31.07.2025).

Vorgehen

Durch einen nutzerzentrierten, partizipativen Entwicklungsprozess soll ein Demonstratorsystem entstehen, welches an die Gegebenheiten im OP und die resultierenden Anforderungen an Nutzung und Bedienung angepasst ist. Zu Beginn des Projekts werden daher Anforderungen an das System über ein partizipatorisches Design (beispielsweise über Co-Creation Workshops und Fokusgruppen mit Ärztinnen und Ärzten, OP-Fachpersonal, IT, Verwaltung, Technikanbietern) definiert. An diesen Arbeiten ist der Forschungsschwerpunkt Gesundheitswirtschaft und Lebensqualität maßgeblich beteiligt. Die technische Entwicklung der Objekterkennung, Sensorfusion, AR-Visualisierung, Interaktionsmöglichkeiten und Einbindung der OP-Instrumente erfolgt durch die technischen Partner. Für die Evaluierung des Systems werden drei Use-Case-Szenarien entwickelt und überprüft. Zusätzlich wird das System in einem realen OP-Szenario ohne aktive Auswirkung getestet. Wesentlicher Bestandteil des Projekts und der Arbeiten des Instituts Arbeit und Technik ist auch die ELSI-Forschung (ethisch, rechtliche, soziale Implikationen), wobei durch iterative Analysezyklen eine Bewertungsmatrix kontinuierlich angepasst und spezifiziert wird, um wichtige Implikationen für das Projekt frühzeitig ableiten zu können.

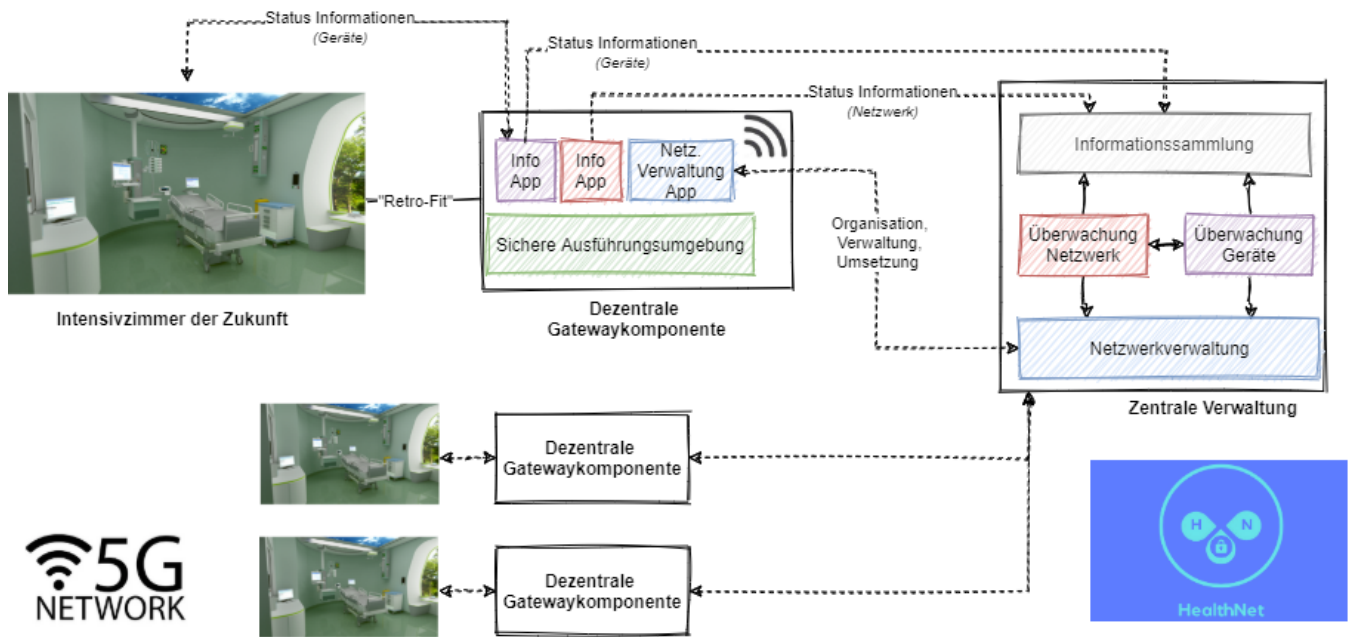


Abb. 1:

Grundlegendes Konzept des Projekts „Resiliente Kommunikationsinfrastrukturen für das Gesundheitswesen“

Framework

Das Framework soll praxisnah in einem hochsensiblen und besonders schützenswerten Bereich erprobt werden, in dem die Verfügbarkeit von Ressourcen und Komponenten unabdingbar ist: der Intensivstation einer Universitätsklinik. In diesem Umfeld entsteht innerhalb des Vorhabens eine 5G/6G-fähige Testumgebung, die medizinische Geräte über ein Campusnetz mit prototypisch zu entwickelnden Mehrwertdiensten verbindet. Aufgrund der Kritikalität der medizinischen Daten und dem lebensbedrohlichen Zustand der PatientInnen/Patienten auf Intensivstationen ist eine resiliente und robuste Kommunikationsinfrastruktur unabdingbar. Für eine vertrauenswürdige und sichere Vernetzung muss anwendungsorientierte Grundlagenforschung betrieben werden, die es ermöglicht, Geräte, die nicht nativ 5G/6G-kommunikationsfähig sind, in entsprechende Netze einzubinden, diese bedarfsgerecht zu schützen und gleichzeitig „dem Netz“ die Möglichkeit geben, den Status einzelner Geräte oder Geräteverbände (z. B. ein Beatmungsturm) beurteilen zu können. Obwohl das Thema des Vorhabens sich konkret an einem medizinischen Anwendungsfall orientiert, können die Ergebnisse auf andere kritische Bereiche (z. B. Industrie 4.0, autonomes Fahren, o. Ä.) angewendet werden, da konzeptionell sehr ähnliche Herausforderungen bestehen.

Moderne Kommunikationsnetze, insbesondere für kritische Infrastrukturen, müssen so konzipiert werden, dass die Perimeter möglichst gut gegen Angriffe geschützt werden („Protect“), dass Angriffe und Anomalien einfach erkannt werden können („Detect“) und geeignet auf diese reagiert werden kann („React“). In HealthNet soll über dezentrale „Edge“ Knoten, die als (Sicherheits-)Gateway für diverse Geräte fungieren, ein Netz aufgebaut werden, dass zum einen stark segmentiert werden kann („Protect“) und andererseits Statusinformationen liefern kann („Detect“) und anschließend temporär nötige Sicherheitsmaßnahmen umzusetzen („React“).

HealthNet: Resiliente Kommunikations- infrastrukturen für das Ge- sundheitswesen

Das Vorhaben *Resiliente Kommunikationsinfrastrukturen für das Gesundheitswesen* (HealthNet) hat sich zum Ziel gesetzt, eine vertrauenswürdige, sichere und widerstandsfähige, auf der 5G-Technologie basierende, Kommunikationsinfrastruktur für das Gesundheitswesen zu erforschen und praxisnah im Klinikumfeld zu erproben. Konkret soll eine Infrastruktur konzipiert werden, die es erlaubt, den aktuellen Stand der Infrastruktur als auch den der angeschlossenen Geräte dezentral zu messen und bei Bedarf auf Anomalien reagieren zu können. Diese Infrastruktur dient als Basis für die Umsetzung eines medizinischen Anwendungsfalls in der Intensivmedizin. Entlang dieses Szenarios wird die Widerstandsfähigkeit des Netzes sowie die Fähigkeit zum Weiterbetrieb von kritischen Komponenten in dem Netz bemessen. Basierend auf den Erkenntnissen zum Aufbau einer sicheren Infrastruktur sowie weiteren Anforderungen des Marktes wird eine Kosten-Nutzenanalyse („Return on Security Investment“) durchgeführt, die als Handlungsempfehlung für weitere Marktteilnehmer genutzt werden kann.

Zum Erreichen der ambitionierten Ziele wird das 5G-Campusnetz der Universitätsklinik Düsseldorf (UKD) und der OTH Amberg-Weiden als Grundlage verwendet. Innerhalb des Campusnetzes des UKD dient das „Intensivzimmer der Zukunft“ als Laborumgebung für moderne medizinische Anwendungsfälle, die optimale Umgebung für die praxisnahe Umsetzung und Erprobung der zu entwickelnden Lösungen. Für die Vernetzung der Geräte und die Umsetzung der Resilienzmaßnahmen soll u.a. eine dezentrale Gateway-Komponente entwickelt werden, die nicht 5G-fähige Geräte bzw. Netzsegmente in ein 5G-Netz integriert, Statusinformationen zu diesen sammeln kann und dazu in der Lage ist, ein sicherheitstechnisches Regelwerk adaptiv umzusetzen. Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau von HealthNet.

Für die Verwertung der Forschungsergebnisse sollen diese nach Abschluss des Projekts zum einen von dem Industriepartner AWARE7 hin zur Marktreife entwickelt und in Produkte überführt werden. So ist beispielsweise der Aufbau eines Frameworks bestehend aus (1) technischen Komponenten zur Messung der Widerstandsfähigkeit von Campusnetzen sowie aus (2) Beratungsdienstleistung zur Planung dieser ein erklärtes Ziel des Vorhabens. Zum anderen strebt das Universitätsklinikum Düsseldorf an, auf Grundlage der Projektergebnisse das eigene 5G-Campusnetz widerstandsfähiger zu gestalten und so als Vorreiter bei der Etablierung einer sicheren 5G-Technologie im Gesundheitswesen auch als wichtige Blaupause für andere zu dienen.



**Dr.
Tobias Urban**
Institut für Internet-
Sicherheit
urban@internet-sicher-
heit.de



**Prof.
Norbert Pohlmann**
Institut für Internet-
Sicherheit
pohlmann@internet-
sicherheit.de

Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Die intensivmedizinische Versorgung von Patientinnen/Patienten ist besonders Medizingeräte-intensiv und in jedem Fall kritisch: nur Patientinnen und Patienten, deren Leben direkt von Medizingeräten und einer besonders engmaschigen Versorgung abhängt, werden auf die Intensivstation verlegt. Das klinische Personal (Pfleger, Ärztinnen und Ärzte) sind in besonderem Maße von den Daten und daraus gewonnenen Informationen der Medizintechnik abhängig. Für die sichere und verlässliche Bereitstellung von großen Mengen an hochfrequenten Echtzeitdaten aus der intensivmedizinischen Versorgung bietet sich 5G/6G als idealer Kommunikationsstandard an. Jedoch gibt es aktuell keine 5G-fähigen intensivmedizinischen Geräte, da in der Regel sämtliche Geräte kabelgebunden sind.

Medizinprodukte haben in den letzten Jahrzehnten durch eine enge Integration von programmierbarer Mikroelektronik, Sensorik und Aktorik grundlegend neue Funktionalitäten gewonnen. Als logischer nächster Schritt böte die Vernetzung von Medizinprodukten in einem „Internet of Medical Things“ (IoMT) revolutionäre Chancen für eine intelligentere und zielgenaue Medizin. Die ist allerdings ohne eine sichere und vertrauenswürdige Vernetzung der Geräte entlang rechtlicher Rahmenbedingungen und regulatorischer Leitlinien nicht möglich. HealthNet setzt genau hier an und entwickelt Technologien, wie das Kommunikationsnetz der Zukunft sicher gestaltet werden kann, um die verlässliche Verarbeitung von medizinischen Daten (oder anderen kritischen Informationen) zu ermöglichen.

In dem Vorhaben HealthNet soll ein Framework entstehen, das sich den genannten Herausforderungen stellt und es erlaubt:

- resiliente moderne Kommunikationsnetze aufzubauen und zu organisieren,
- IT-Sicherheit über offensive und defensive Maßnahmen bewerten zu können,
- Statusinformationen zu dem Netzwerk und zu angeschlossenen Geräten zu ermitteln und
- Mehrwertdienste dezentral umzusetzen, die helfen, die Robustheit des Netzes zu erhöhen (z. B. Erkennung von Störereignissen, Intrusion Detection, bedarfsgerechte Isolation von (kompromittierten) Komponenten, o. Ä.).
- Die ökonomische Bewertung und Einordnung von Resilienz-Maßnahmen aus Sicht der IT-Sicherheit bei zukünftigen digitalen Systemen.

Projektinformationen //

Fördergeber: Bundesministerium für
Bildung und Forschung

Volumen: ca. 350.000 €

Laufzeit: 01/2023 – 12/2025

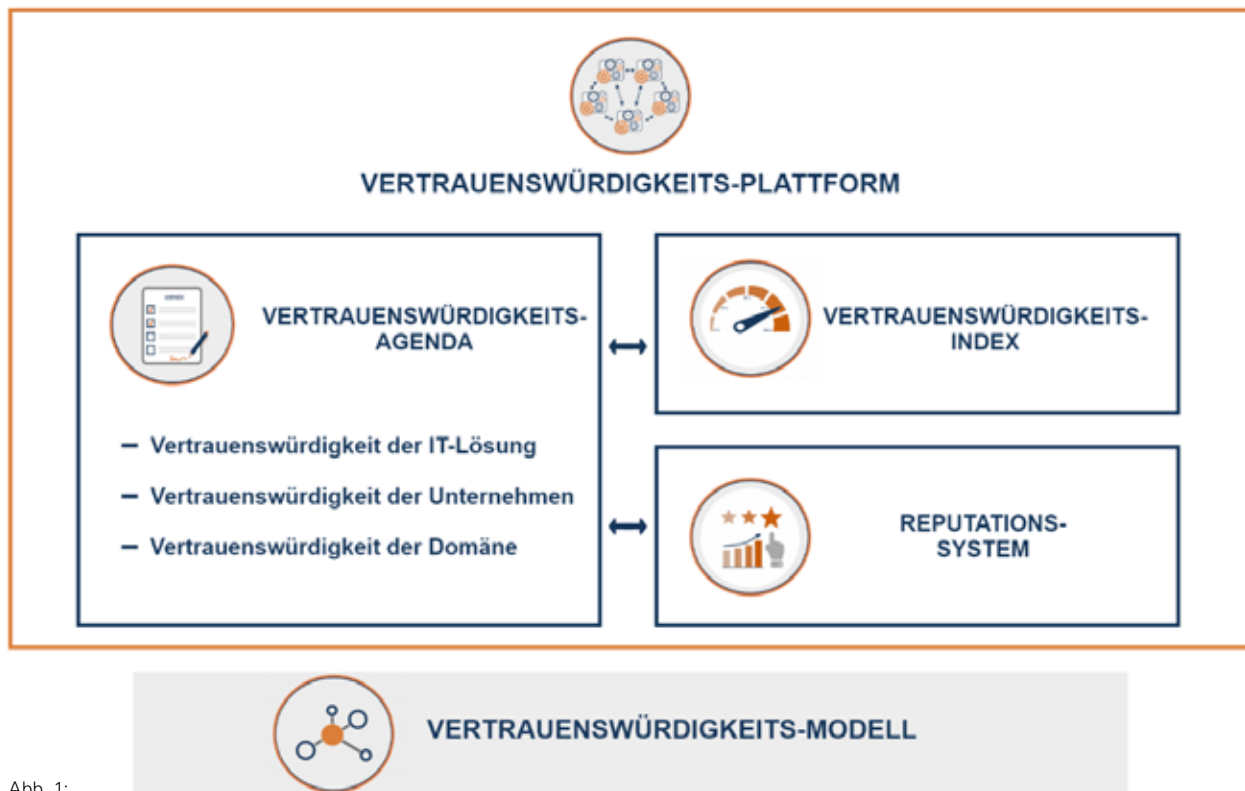


Abb. 1:
Idee der Vertrauenswürdigkeits-Plattform

Wissenschaftliche Arbeitsziele

Die hohe Komplexität und daraus resultierend die geringere Kompetenz der Anwendenden kann dazu führen, dass es potenziell zu einer unverhältnismäßig hohen Ablehnung von innovativen KI-Lösungen und Datenräumen kommt.

Ein Aspekt, der diese Hypothese untermauern könnte, ist, dass die Art und Weise, wie die großen Technologie-Konzerne agieren, zunehmend auf Kritik stößt. Nutzende stellen diese Unternehmen und deren Geschäftsmodelle – und hier insbesondere deren extensive Nutzung von Daten – immer häufiger infrage. So hat beispielsweise die Ankündigung von Meta, dass sie sich – aufgrund von Datenschutzvorgaben – aus dem europäischen Markt zurückziehen wollen, zu dem Zeitpunkt dafür gesorgt, dass viele Nutzende diesen Rückzug befürwortet haben, da für sie der Datenschutz eine hohe Relevanz hat.

Daraus lässt sich schlussfolgern: Es wird zunehmend wichtiger, dass – bevor innovative Technologien, im Sinne von KI-Lösungen und Datenräumen eine breite Akzeptanz in der Gesellschaft allgemein sowie beim Nutzer im Speziellen erfahren – bestimmte Rahmenbedingungen erfüllt sein müssen. Ziele:

1. Beweis, dass sich durch Änderung der Rahmenbedingungen die aufgestellte Hypothese revidieren lässt.
2. Erarbeiten und Umsetzung der Rahmenbedingungen.

Ein Kriterium und ebenso ein entscheidender Erfolgsfaktor, über den ein hoher Grad an Zustimmung zu erreichen ist, wird hierbei zukünftig eine valide Vertrauensgrundlage zwischen Herstellenden sowie Anbietenden und Kundinnen/Kunden sein. Somit ist Vertrauenswürdigkeit eine essenzielle Voraussetzung, damit Nutzende Vertrauen zu einem Unternehmen und in deren KI-Lösungen beziehungsweise in Datenräume – und damit letztendlich in die Digitalisierung allgemein – aufbauen können und dementsprechend Produkte, Anwendungen oder auch Dienste selbstverständlich in Gebrauch nehmen. Warum ist Vertrauen notwendig? Echtes Vertrauen ist eine Maßnahme zur Komplexitätsreduzierung und führt somit zur Reduzierung des empfundenen Risikos. Das ist letztendlich ausschlaggebend dafür, dass Menschen handlungsfähig sind und KI-Lösungen sowie Datenräume tatsächlich nutzen.

Grundsätzlich lässt sich erklären, warum es Menschen möglich ist, Vertrauen aufzubauen. Dies hängt zum Großteil damit zusammen, dass Menschen empathisch und von daher in der Lage sind, individuelle Kriterien festlegen zu können, warum sie ihr Gegenüber für vertrauenswürdig halten. Als Parameter dienen zum Beispiel Sprache, Mimik oder Gestik.

In der digitalen Welt gibt es keinen direkten Kontakt mehr, von daher verlieren die gewohnten bislang genutzten Kriterien hier ihre Gültigkeit.

Dies hat zur Folge, dass neue Wege gefunden werden müssen, um Nutzenden eine Möglichkeit zu bieten, Vertrauen in ein Unternehmen, aber auch in die jeweiligen KI-Lösungen und Datenräume aufbauen zu können. Die Vertrauenswürdigkeits-Plattform stellt für diese Anforderung eine geeignete Basis dar, denn sie ist darauf ausgelegt, Unternehmen die Möglichkeit zu geben, ihre Vertrauenswürdigkeit in Bezug sowohl auf ihre Unternehmenstätigkeit als auch ihre KI-Lösungen und Datenräume transparent zu dokumentieren.

Projektinformationen //

Fördergeber:
Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Volumen: ca. 1,6 Mio €
Laufzeit: 01/2023 – 12/2025

TrustKI: Vertrauenswürdigkeits- Plattform für KI-Lösungen und Datenräume

Ziel des Vorhabens ist es, eine Vertrauenswürdigkeits-Plattform inklusive Index- und Reputationssystem zu etablieren, die alle notwendigen Erfordernisse erfüllt, damit Nutzende Vertrauen in Herstellerunternehmen sowie in deren KI-Lösungen oder Datenräume aufbauen können, um diese auch tatsächlich zu nutzen.

Herstellerunternehmen wird die Möglichkeit eröffnet, sowohl die Vertrauenswürdigkeit ihrer Organisation als auch die ihrer KI-Lösungen und Datenräume zu dokumentieren – und dies zusätzlich branchenbezogen kooperativ mit den relevanten Stakeholdern der Domäne.

Die KI-Strategie ist ein zentraler Baustein der Umsetzungsstrategie Digitalisierung der Bundesregierung. Ziel ist es, dass Deutschland und Europa sich zu einem führenden Standort für die Entwicklung und Anwendung von KI-Technologien entwickeln. Dadurch soll die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gesichert sowie gleichzeitig eine verantwortungsvolle und gemeinwohlorientierte Entwicklung und Nutzung von KI sichergestellt werden. Des Weiteren ist es notwendig, durch die aktive Beteiligung aller Stakeholder – im Zusammenschluss einer Domäne – KI im Rahmen eines breiten gesellschaftlichen Dialogs und einer aktiven politischen Gestaltung ethisch, rechtlich, kulturell und institutionell in die Gesellschaft einzubetten.

Nicht nur die KI-basierten Anwendungen müssen den gesellschaftlichen Anforderungen genügen, sondern auch die Sammlung sowie der Einsatz der dafür benötigten Daten. Denn im Kontext der KI ist die Gewinnung und Nutzung von Daten zunehmend relevant, somit fällt der Datenökonomie sowie den Datenräumen eine immer wichtigere Rolle zu.

Damit werden Daten mehr und mehr zu einer Schlüsselfunktion in der Wertschöpfungskette. Da die Nutzung, Auswertung und Verknüpfung von Daten als Innovationsbeschleuniger anzusehen sind, wird der Schaffung von sicheren Datenräumen eine hohe Bedeutung zuteil. Somit ist dieser europäische Weg – also die Unabhängigkeit von den großen Tech-Unternehmen – angebracht, denn Daten-basierte Innovationen haben eine große Auswirkung auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum.

Die Vertrauenswürdigkeits-Plattform soll eine Komponente sein, mittels derer diese Ziele erfolgreich umgesetzt werden können. Wichtig ist zudem, dass mit der Vertrauenswürdigkeits-Plattform die Autonomie und Selbstbestimmung der Nutzenden gestärkt wird, da sie hierüber alle relevanten Informationen erhalten, die sie für ihren Entscheidungsprozess benötigen. Letztendlich sollen die Nutzenden dabei unterstützt werden, dass sie in die digitale Zukunft vertrauen können.

Die Digitalisierung ist ein wichtiger Faktor zur Gewährleistung des Wohlstands in Deutschland. Von daher ist es ein Muss, alle Maßnahmen zu ergreifen, damit dieser Prozess unaufhaltsam voranschreiten kann. Dies ist auch wichtig unter dem Aspekt, zukünftig besser auf unvorhersehbare Ereignisse vorbereitet zu sein: Aufgrund der Pandemie im Jahr 2020 mussten erst einmal hohe Investitionen in IT getätigt wer-

den, um über das Internet die Geschäftsprozesse aufrechtzuerhalten und so einen Stillstand vermeiden zu können – dies zeigt offensichtlich sowohl die Notwendigkeit als auch die Nutzeffekte der Digitalisierung. Was sich neben den positiven Aspekten jedoch herausgestellt hat war, dass die – daraus resultierend zunehmend komplexe – IT-Infrastruktur neue Herausforderungen für alle Beteiligten mit sich bringt.

Diese Erkenntnis lässt sich gleichwohl auf die Indienstnahme innovativer Technologien sowie neuer Konzepte wie etwa KI-Lösungen und Datenräume übertragen, denn auch hier ist ein Resultat, dass die gesamte Internet-/IT-Infrastruktur sowie die extensive Verwendung von Nutzerdaten vielschichtiger und somit intransparenter wird. Daraus resultiert ein gravierendes Dilemma: Gegenläufig zu dem steigenden Einsatz sinkt bei den Nutzenden das Wissen über die Hintergründe und Zusammenhänge von KI-Lösungen sowie bezüglich des Nutzens von Datenräumen. Denn durch den höheren Grad der IT-Technisierung steigt der Komplexitätsgrad, wodurch es für den Nutzenden zunehmend schwieriger wird, einzelne KI-Lösungen und das Konstrukt von Datenräumen sowohl zu verstehen als auch bezüglich möglicher Risiken bewerten zu können.

Die hohe Entwicklungsgeschwindigkeit und damit einhergehende Veränderungen haben Auswirkungen: Zum einen macht sie den Menschen grundsätzlich Angst, da gewohnte Vorgänge und Abläufe unabänderlich ihre Gültigkeit verlieren. Zum anderen besteht aufgrund dessen sowie bedingt durch die Komplexität latent das Gefühl, eine falsche Entscheidung zu treffen, weil nicht alles bedacht werden kann. Aufgrund der Entwicklung hin zu einer immer größeren Intransparenz werden die Nutzenden zunehmend risikoavers.

Insgesamt ist es unabdingbar, die Vertrauenswürdigkeit der KI-Branche beziehungsweise KI-Technologie, -Modelle und -Systeme zusätzlich zu stärken. Um dies zu bewerkstelligen, ist ein Ökosystem für die Einbindung weiterer Stakeholder wie etwa Verbände, Gesetzgeber und Institutionen geplant. Diesen bietet die Vertrauenswürdigkeits-Plattform die Möglichkeit zum Austausch und zur Kooperation, um wichtige Maßgaben zum Beispiel bezüglich des europäischen Wertekanons für KI-Lösungen und Datenräume zu forcieren. Weitere Maßnahmen zum Aufbau und zur Manifestierung eines hohen Maßes an Vertrauenswürdigkeit der Branche können etwa durch die Darstellung von Gesetzen, Regularien und Initiativen den Level an Vertrauenswürdigkeit erhöhen.



**Prof.
Norbert Pohlman**
Institut für Internet-
Sicherheit
pohlmann@internet-
sicherheit.de



Ulla Coester
Institut für Internet-
Sicherheit
coester@internet-
sicherheit.de



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

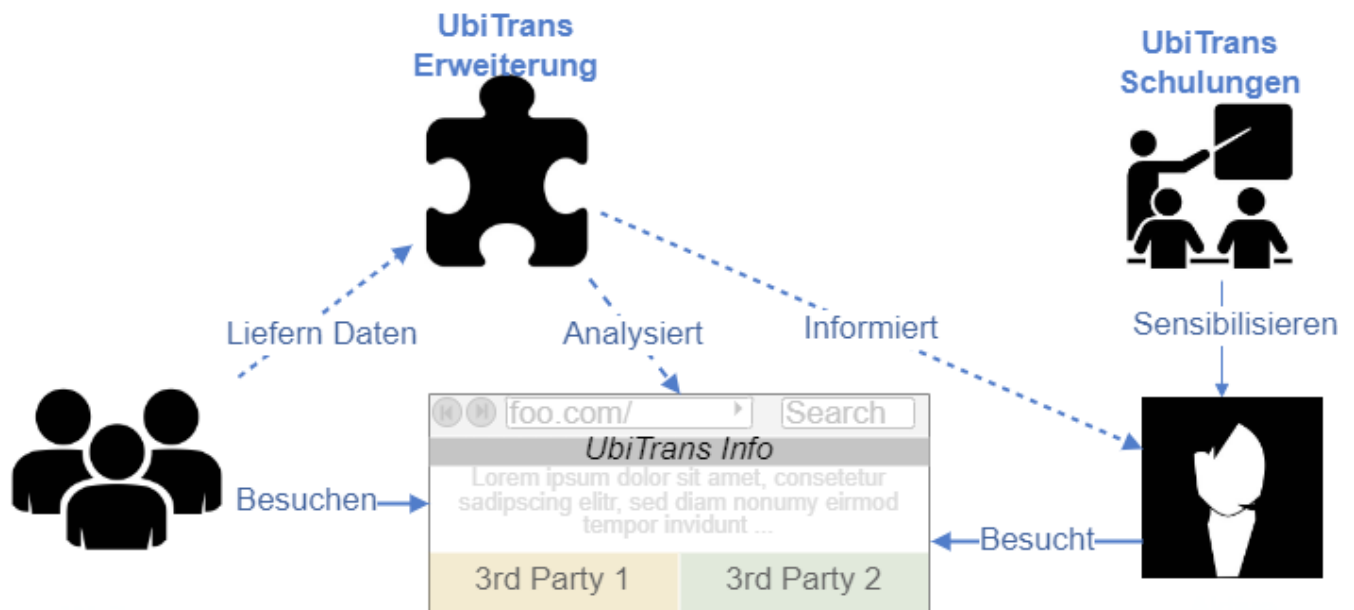


Abb.1:

Grundlegendes Konzept des Projekts Transparenz und Sensibilisierung in ubiquitären Rechnerwelten.

UbiTrans: Transparenz und Sensibilisierung in ubiquitären Rechnerwelten

Heutzutage benutzen Bürgerinnen und Bürger das Internet, um vielfältige Aufgaben zu erledigen. Zum Beispiel interagieren sie mit ihren Freundinnen und Freunden, lesen Nachrichten und teilen Ideen mit anderen. Aufgrund dieser weitreichenden Anwendungsmöglichkeiten haben Web-Browser klassische Betriebssysteme beinahe substituiert. Browser verarbeiten immer mehr persönliche und sensible Daten (z. B. Kreditkartennummern oder Gesundheitsdaten). Beim Besuch von Webseiten werden verschiedene Aspekte für Nutzende nicht immer transparent oder verständlich dargestellt. Dies sind einerseits primäre Inhalte der Webseite, z. B. Artikel, die sehr einseitig oder gar falsch berichten („Fake News“) und andererseits sekundäre Inhalte, die z. B. die Aktivitäten der Nutzenden aufzeichnen („tracking“). Letztgenannte Inhalte haben möglicherweise einen negativen Einfluss auf die Nutzenden, sind aber trotzdem essenziell für die Webseiten (z. B. zur Finanzierung der Dienste). Für nachhaltiges Vertrauen in diese Dienste ist es unabdingbar, dass den Nutzenden transparent und nachvollziehbar gemacht wird, welche Auswirkungen die Nutzung eines Dienstes für sie hat. Aufgrund des Interessenkonflikts der Dienstanbieter ist aber davon auszugehen, dass sie diese Transparenz nicht von sich aus herbeiführen.

Das Vorhaben Transparenz und Sensibilisierung in ubiquitären Rechnerwelten (UbiTrans) stellt sich dieser Herausforderung und entwickelt neuartige Werkzeuge, die es Nutzenden ermöglicht, effektiv und einfach einzuschätzen, welche Inhalte (sichtbar oder nicht) auf Webseiten eingebunden werden, um so selbstbestimmte und informierte Entscheidungen zu treffen. Dazu wird verteilte Intelligenz („crowd sourcing“) genutzt, um Nutzenden zusätzliche Informationen zu den besuchten Webseiten anzeigen zu können. Darüber hinaus sollen intuitive Werkzeuge, in Form einer Browser-Erweiterung, bereitgestellt werden, um Einfluss auf

das Verhalten der Website nehmen zu können (z. B. Blocken von Inhalten). Des Weiteren entwickelt das Vorhaben Achtsamkeitsmaßnahmen („Awareness-Schulungen“), die Nutzenden für die fehlende Transparenz im Web und deren Folgen sensibilisieren sollen.

Fokus der Forschung

Mit der Einführung der Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO) wurde Nutzenden die rechtliche Grundlage gegeben, die Kontrolle über die eigenen persönlichen Daten zurückzuerlangen und die Sammlung und Verarbeitung dieser besser steuern zu können. Allerdings ist bis heute noch nicht ausreichend erforscht, wie diese neuen Rechte Nutzenden zugänglich gemacht werden können, sodass diese ihre Rechte verständlich und einfach umsetzen können.

Digitale Souveränität im Web, ist somit nur zu erreichen, wenn es Nutzenden möglich ist ohne großen Aufwand zu erkennen: Wer Daten über sie sammelt, welche Daten gesammelt werden, wozu diese gesammelt werden und wo diese gesammelt werden. Diese Informationen müssen den Nutzenden in einer Form zugänglich gemacht werden, in der die für die Nutzenden relevanten Informationen einfach und kompakt dargestellt werden. Neben der Darstellung ist es auch wichtig, dass Nutzende die Möglichkeit erhalten, aktiv Entscheidungen zu treffen was mit ihren Daten passiert und dass sie

verstehen, welche Konsequenzen eine Entscheidung hat. Generell ist Privatsphäre nie als Selbstzweck zu sehen, sondern ist ein Recht und somit müssen passende Werkzeuge bereitgestellt werden, um dieses Recht zu schützen und zu wahren.

Das Projekt hat sich daher zum Ziel gesetzt, Bürgerinnen und Bürgern einfach zu bedienende und verständliche Werkzeuge bereitzustellen, die es ihnen erlauben zu reflektieren, welchen Einfluss gewisse Webseiten auf die eigene Privatsphäre haben (z. B. aufgrund von eingebetteter Werbung) und selbstbestimmt, informiert und einfach Entscheidungen zu treffen, wie mit den eigenen privaten Daten umgegangen wird (z. B. an wen welche Daten übermittelt werden dürfen).

Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Teilvorhabens

Derzeit existieren keine dezidierten Ansätze, die Nutzenden mehr Transparenz im Web ermöglichen oder diese für fehlende Transparenz sensibilisieren. Aktuelle Ansätze verfolgen zumeist die Strategie, unerwünschte Inhaltstypen komplett auszublenden (z. B. Adblocker zur Unterdrückung von Werbung), oft ohne Kontrolle der Nutzenden. Diese Methode erlaubt es somit nicht, selbstbestimmt über die eigenen Daten zu entscheiden und führt in gewissen Fällen auch dazu, dass essenzielle Geschäftsmodelle im Web nicht mehr funktionieren (z. B. Finanzierung von Diensten über Werbung). Eine weitere Herausforderung ist, dass derzeit keine effektiven Ansätze existieren, um Nutzerinnen und Nutzer für gängige transparenzhemmende Techniken im Web zu sensibilisieren und sie so keine Möglichkeit haben, sich davor zu schützen. Das Vorhaben UbiTrans setzt sich zum Ziel, Bürgerinnen und Bürgern zu ermöglichen, selbstbestimmt und informiert Entscheidungen hinsichtlich ihrer Privatsphäre und hinsichtlich ihrer konsumierten Informationen zu treffen.

Projektinformationen //

Fördergeber: Bundesministerium für
Bildung und Forschung

Volumen: ca. 660.000 €

Laufzeit: 07/2022 – 06/2025

Publikationen //

- SAEMANN, M., D. THEIS, T. URBAN and M. DEGELING, 2022. *Investigating GDPR Fines in the Light of Data Flows*. Privacy Enhancing Technologies Symposium.
- GRUBER, M., C. HÖFIG, M. GOLLA, T. URBAN, and M. GROSSE-KAMPMANN. 2022. *“We may share the number of diaper changes”: A Privacy and Security Analysis of Mobile Child Care Applications*. Privacy Enhancing Technologies Symposium.



**Dr.
Tobias Urban**
Institut für Internet-
Sicherheit
urban@internet-sicher-
heit.de



**Prof.
Norbert Pohlman**
Institut für Internet-
Sicherheit
pohlmann@internet-
sicherheit.de



**Prof. Dr.
Jens Gerken**
jens.gerken@w-hs.de

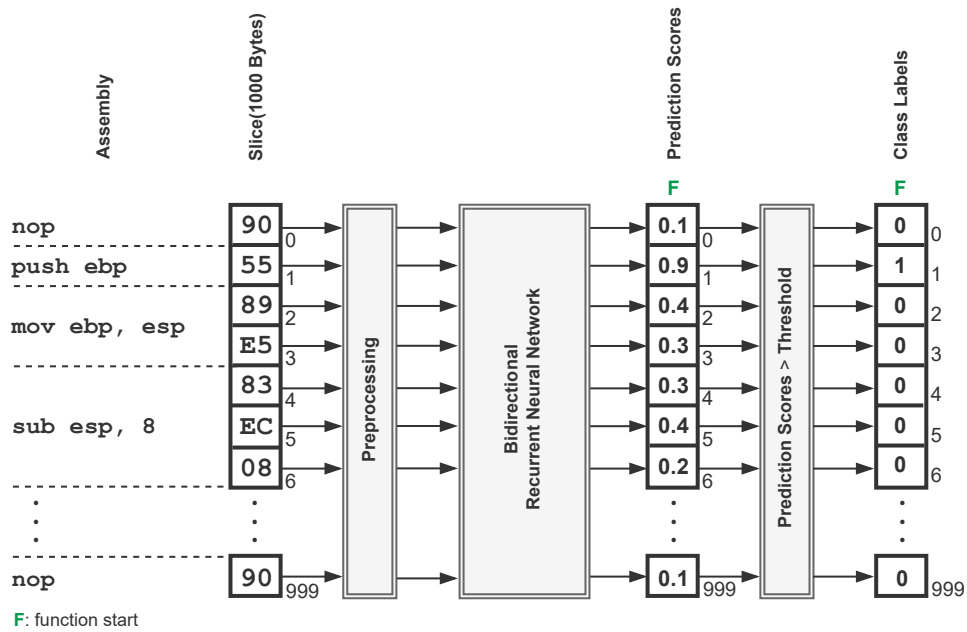


Abb. 1:

Die Pipeline eines bidirektionalen Recurrent Neural Network (RNN), das zur Erkennung von Funktionsgrenzen als binärem Klassifikationsproblem in kompiliertem Code abgeändert wurde. Selbst nach Optimierungen der Pipeline zeigt sich, dass in der Praxis derzeit noch algorithmische und heuristische Verfahren für dieses Problem besser funktionieren als solche unter Verwendung von maschinellem Lernen.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

KISSHOME

KI-gestützte und nutzerzentrierte Sicherheitslösungen im Smart Home

Motivation

Private Haushalte verfügen über eine stetig wachsende Anzahl an elektronischen Geräten, die mit dem Internet und häufig auch untereinander vernetzt sind. Meist handelt es sich dabei um Geräte des Internet of Things (IoT), die zum Teil unzureichend geschützt sind und auch keine Nachrüstung von Schutzmaßnahmen erlauben. Zudem führt das vermehrte Arbeiten im Homeoffice dazu, dass das Heimnetz immer stärker in den Blickpunkt von Cyberkriminellen rückt. Daher ist es notwendig, auch in Privathaushalten wirksame Sicherheitssysteme mit Schutz- und Erkennungstechniken zu implementieren, die Cyberangriffe frühzeitig erkennen und auf sie reagieren können.



Artur Leinweber
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Institut für Internet-Sicherheit,
Fachbereich Informatik und Kommunikation
artur.leinweber@w-hs.de



Raphael Springer
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Institut für Internet-Sicherheit,
Fachbereich Informatik und Kommunikation
raphael.springer@w-hs.de



Alexander Schmitz
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Institut für Internet-Sicherheit,
Fachbereich Informatik und Kommunikation
alexander.schmitz@w-hs.de



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

Bedrohungen für IoT- und Smart Home-Geräte sind nicht zuletzt auch begleitend zum maßgeblich konventionell geführten, militärischen Angriffskrieg der Russischen Föderation gegen die Ukraine sichtbar geworden, indem gezielte Schadsoftware-Angriffe IoT-Geräte wie etwa Via-SAT-Endgeräte destruktiv befallen und außer Funktion gesetzt haben. Entsprechende Kollateralschäden sorgten auch in Deutschland etwa dafür, dass entsprechend per Satellit angebundene Windenergieanlagen keine Kommunikation mehr abwickeln konnten. Ebenso zielten Infektionen mit der Schadsoftware Cyclops Blink auf Router ab, um großflächige Überlastungsangriffe, auch von unbeteiligten Infizierten, gegen Ziele in der Ukraine durchführen zu können, mutmaßlich um die konventionell militärische Auseinandersetzung taktisch zu unterstützen. Nicht zuletzt ergibt sich auch eine direkte Bedrohung von Bürgerinnen und Bürgern in Deutschland durch Infektionen von IoT-Geräten und einem entsprechenden Abgriff von verwertbaren oder personenbezogenen Daten, möglicherweise bis hin zu Überwachungsszenarien.

Diese Bedrohungen weisen eine rasante Entwicklung auf und 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. Neben der Erforschung von ML-basierten Verfahren zur Erfassung und Analyse des Netzwerkverkehrs, wird ein besonderer Schwerpunkt auf die Akzeptanz und Nutzbarkeit des selbstlernenden Sicherheitssystems gelegt. Im Mittelpunkt stehen die Nutzerinnen und Nutzer mit ihren Einstellungen, Emotionen und ihrem Nutzungsverhalten. In Akzeptanz- und Usability-Tests werden diese Kriterien überprüft. Zusätzlich sollen Barrieren, wie hohe Preise für Sicherheitslösungen oder die Wahrnehmung eines Sicherheitssystems als Blackbox, bei dem zum Beispiel Entscheidungen der ML-basierten Software nicht nachvollzogen werden können, vermieden werden, indem das Projektergebnis als Open-Source-Lösung in Non-Profit-Ökosystemen kostenfrei zur Verfügung gestellt wird.

Innovationen und Perspektiven

Mit dem benutzerfreundlichen Sicherheitssystem zum Schutz von Heimnetzwerken, das auf der Implementierung und Verwendung neuartiger ML-Algorithmen beruht, soll die gesellschaftliche IT-Sicherheit gestärkt werden. Da digitale Sicherheit im privaten Bereich häufig aus Gründen der Gebrauchstauglichkeit oder Bequemlichkeit vernachlässigt wird, soll der nutzerzentrierte Ansatz die Hürden zur Nutzung der Technologie möglichst gering halten. Auf diese Weise kann das Projekt einen Beitrag zur Verbreitung sicherer Technologien und zur Stärkung des Bewusstseins für IT-Sicherheit in der Gesellschaft leisten.

Dabei werden ganz bewusst auch die Limitierungen von ML-basierten Verfahren eruiert. In einer detaillierten Studie zur Analyse von Funktionsgrenzen in kompiliertem Code fanden die Wissenschaftler heraus, dass ein neuronales Netz, trotz aufwändiger Optimierung, schlechter abschneidet als bisherige, algorithmische Verfahren. Diese Arbeit zeigt auch, dass für bestimmte Problemomänen in der IT-Sicherheit, Verfahren des maschinellen Lernens gewisse Artefakte zur Klassifikation heranziehen. Eine wissenschaftliche Untersuchung der Datensätze und der Lernverfahren sind dabei umso wichtiger, um belastbare Erkenntnisse zu gewinnen.

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.

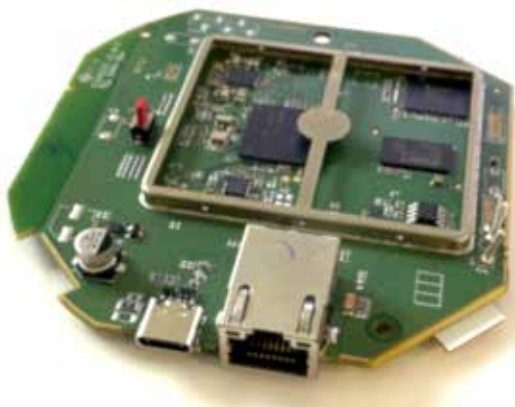


Abb. 1:
Die Platine einer Systemzentrale, die die Steuerung von Smart-Home-Funktionen ermöglicht.

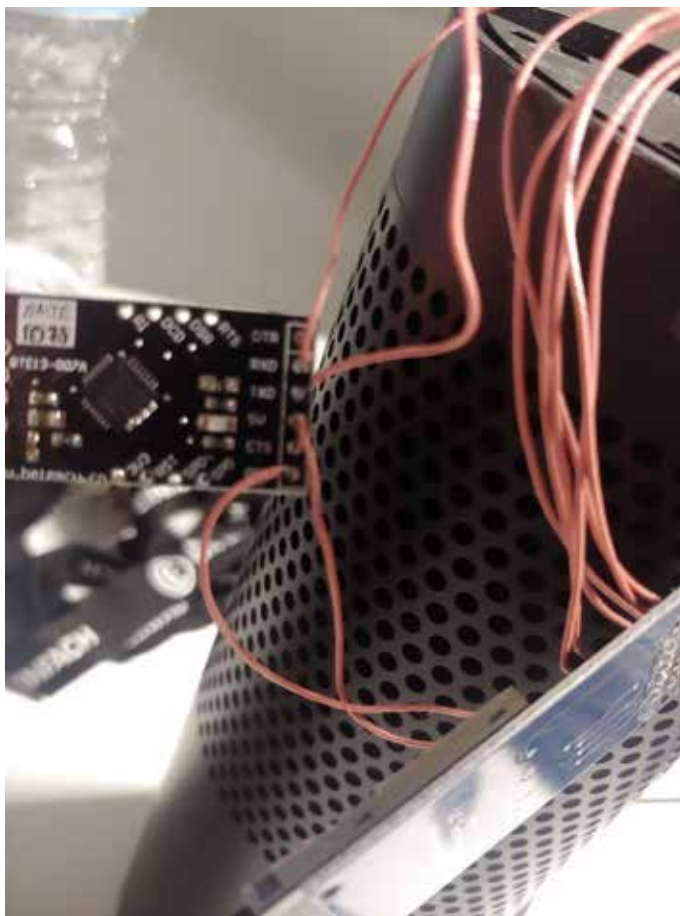


Abb. 2 und 3:
Ein weit verbreiteter Sprach-Assistent wurde per angelöteter Schnittstelle so modifiziert, dass die erhobenen Sprachdaten und ihre Verweildauer im Gerät zur Laufzeit untersucht werden können.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

IoTFor

Technische Verfahren zur digitalforensischen Untersuchung von IoT-Systemzentralen

Motivation

Im Forschungsverbundprojekt *IoTFor* kooperieren der Zentrale 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.

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 Nutzenden, etwa über Bildschirme und Eingabegeräte. Auch für fachkundige Anwenderinnen und Anwender sind diese Geräte bei rein äußerlicher Betrachtung oft nicht ohne Weiteres von analogen Alltagsgegenständen zu unterscheiden. Im Rahmen von *IoTFor* werden deshalb Methoden zum Aufspüren und Klassifizieren von *IoT*-Geräten mit dem Ziel der polizeilichen Ermittlungsunterstützung und Eigensicherung untersucht. Hierbei stehen lokale Funkschnittstellen und gängige *IoT*-Funkprotokolle im Fokus. Dabei werden ebenfalls Möglichkeiten zum Deaktivieren von *IoT*-Komponenten oder zum Unterbinden von deren Ansteuerung von außerhalb untersucht. Darüber hinaus wird 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. Hierzu werden geeignete forensische Methoden erforscht, um Zugriff auf Daten selbst bei flüchtigen Speichern zu erlangen. Zudem wird untersucht, wie *IoT*-Komponenten gezielt aufgefunden und gesteuert werden können, um im Falle eines polizeilichen Zugriffs eine bestmögliche Eigensicherung von Einsatzpersonen sowie eine umfangreiche Beweissicherung gewährleisten zu können.

Projektinformation //

Das 2-jährige Verbundvorhaben *IoTFor* ist 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 wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 13N16428 mit insgesamt rund 390.000 EUR gefördert.



Joel Taddey

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Institut für Internet-Sicherheit,
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

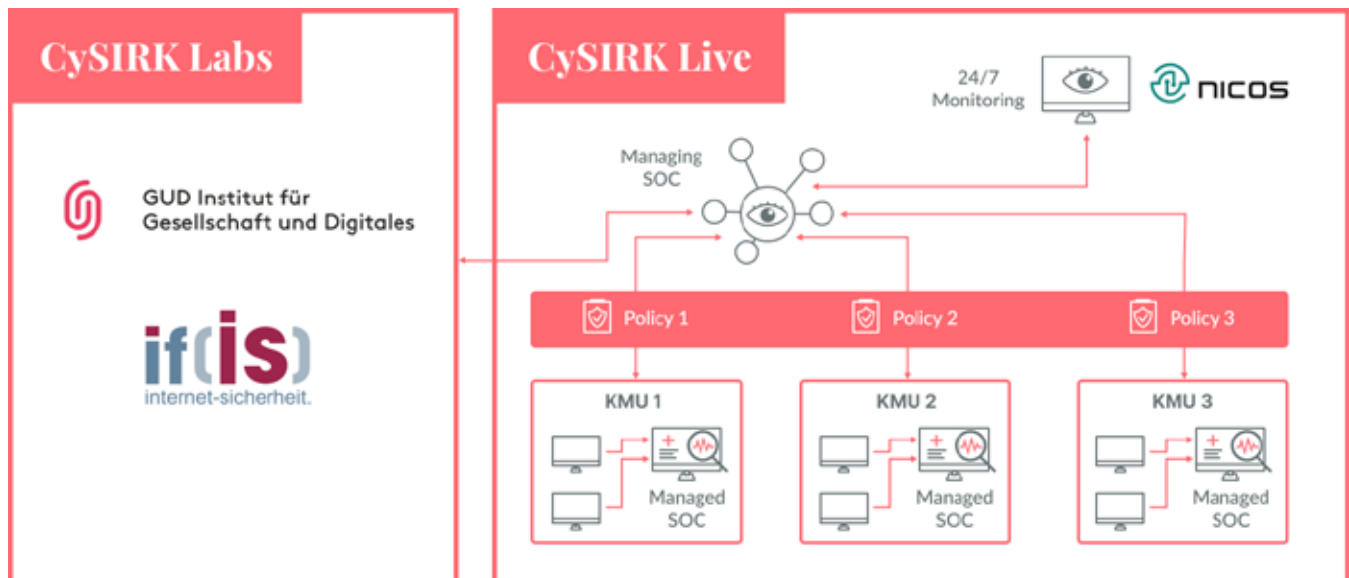


Abb. 1:

Übersicht zum Projekt *CySIRK* (Cyber Security Incident Response für KMUs)

Die Sicherheit von KMUs kann durch Hinzunahme von Managed Security Operations Centern (SOC) gestärkt werden.

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

CySIRK

Cyber Security Incident Response für KMUs

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, die auch OT einbezieht, 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 Alarime 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 des maschinellen Lernens soll schadhafte Verhalten in SIEM-Massendaten identifiziert und wiedererkannt werden. Ebenso sollen Analytistinnen und Analytisten bei der Intrusion Detection und Angreifer-Verfolgung unterstützt werden, indem automatisch Indikatoren und Tactics, Techniques and Procedures (TTPs) mit SIEM-Ereignissen verglichen werden. Um Ereignisse von abgelegenen Systemen vertraulich, datenschutzkonform, vollständig und unverändert unter Berücksichtigung von Bandbreiten-Beschränkungen an ein SIEM zu übermitteln, sollen adaptive Filter- und Kompressions-Strategien entwickelt werden.

Projektinformationen //

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 330.000 EUR und von der nicos AG mit rund 50.000 EUR gefördert.

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, Netzwerkgeräten, aber auch Steuergeräten aus Industrieanlagen (Operational Technology, OT) 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, Netzwerkgeräte an, auch wenn sie in abgelegenen, bandbreitenbeschränkten Standorten liegen. Das MSOC sammelt und aggregiert die Events über ein integriertes SIEM-System und gibt Alarime an das zentrale Managing SOC der nicos AG weiter. Im nicos SOC werden im 24/7-Betrieb Alarime gesichtet und ggf. erste Incident Response-Maßnahmen über das MSOC eingeleitet.



Raphael Springer
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
Institut für
Internet-Sicherheit,
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

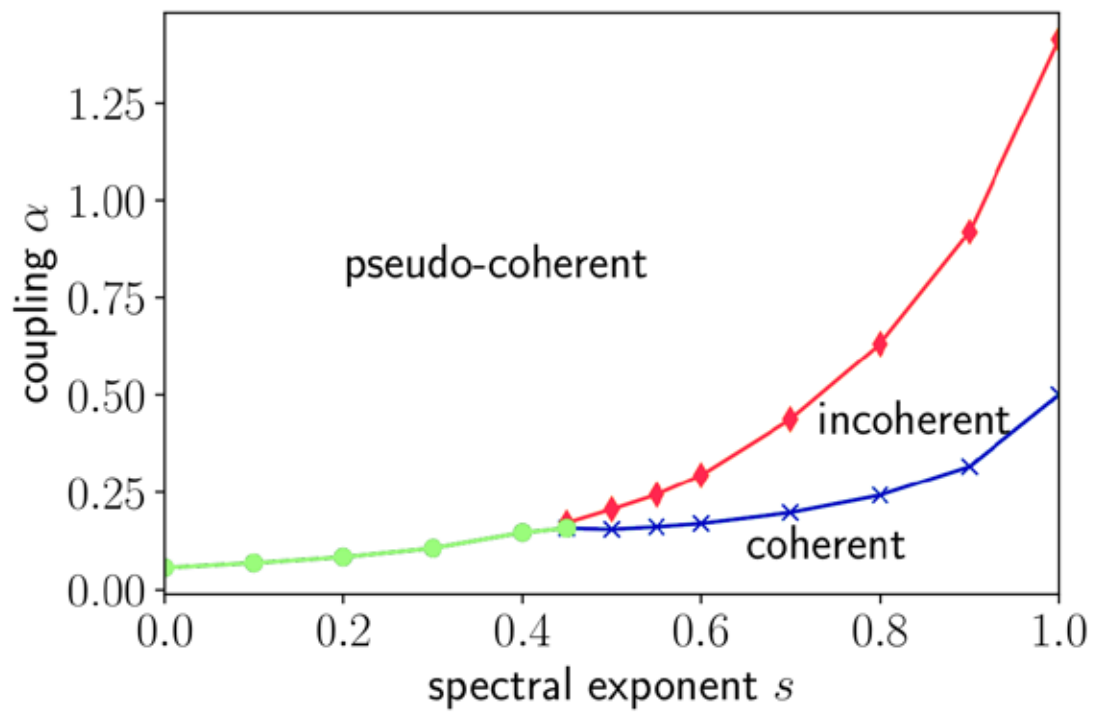


Abb. 1:

Phasendiagramm des dynamischen Verhaltens eines Qubits unter dem Einfluss sub-ohmscher Störungseinflüssen aufgetragen gegen die Kopplungsstärke α , die angibt, wie stark die Störeinflüsse sind, und dem spektralen Exponenten s , der angibt, wie stark niederfrequente Störeinflüsse dominieren.

Die versteckte Phase des Spin-Boson-Modells

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.



Florian Otterpohl, M.Sc.

Center for Computational Quantum Physics, Flatiron Institute, New York I. Institut für Theoretische Physik, Universität Hamburg
florian.otterpohl@physnet.uni-hamburg.de



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

Störeinflüsse

Insbesondere sub-ohmsche Störfaktoren, die durch niederenergetische Fluktuationen dominiert werden, scheinen für den Verlust der Quantenkohärenz verantwortlich zu sein. Sub-ohmsche Störeinflüsse können nicht nur die Quantenkohärenz stören, sondern, wenn die Störungen stark genug sind, die Qubits des Quantencomputers einfrieren. Dann ist überhaupt keine Berechnung möglich. Das Spin-Boson-Modell erlaubt die theoretischen Untersuchungen zum Einfluss sub-ohmscher 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.

Zielsetzung

Ziel des Projekts war, die Dynamik des Qubits bei sehr starken Störeffekten zu untersuchen. Obwohl das Auftreten des Einfrierens in der lokalisierten Phase wohl bekannt war, gab es dennoch keine detaillierten Untersuchungen des Kurzzeitverhaltens, d. h. des genauen Ablaufs wie die Qubits einfrieren, da keine numerische Simulationsmethode zur Verfügung stand.

In diesem Projekt haben wir nun eine numerisch-exakte time-evolving matrix product operator (TEMPO)-Methode entwickelt, welche in der Lage ist, die Dynamik eines Qubits auch unter dem Einfluss sehr starker sub-ohmscher Störeffekte zu simulieren. Überraschenderweise konnten wir eine vierte bisher unbekannt Phase der Dynamik identifizieren. Hierbei zeigt das Qubit gedämpftes kohärentes Verhalten trotz sehr starker Störeffekte, die das Qubit eigentlich lokalisieren sollten. Die beobachtete Dynamik entsteht hierbei durch die Dynamik der Störeffekte, denen das Qubit eins-zu-eins folgt.

Ausblick

Die Ergebnisse dieses Kooperationsprojekts wurden im Journal *Physical Review Letters* veröffentlicht. In zukünftigen Untersuchungen muss nun geklärt werden, in wie weit diese Dynamik Berechnungen mit Hilfe dieser Qubits zulässt. Zusätzlich müssen die Untersuchungen in den Bereich von Störungen durch $1/f$ – Quantenrauschen erweitert werden.

Publikation //

OTTERPOHL, Florian, Peter NALBACH and Michael THORWART, 2022. Hidden Phase of the Spin-Boson Model. In: *Phys. Rev. Lett.* 129, 120406 (16 September 2022). Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.129.120406>

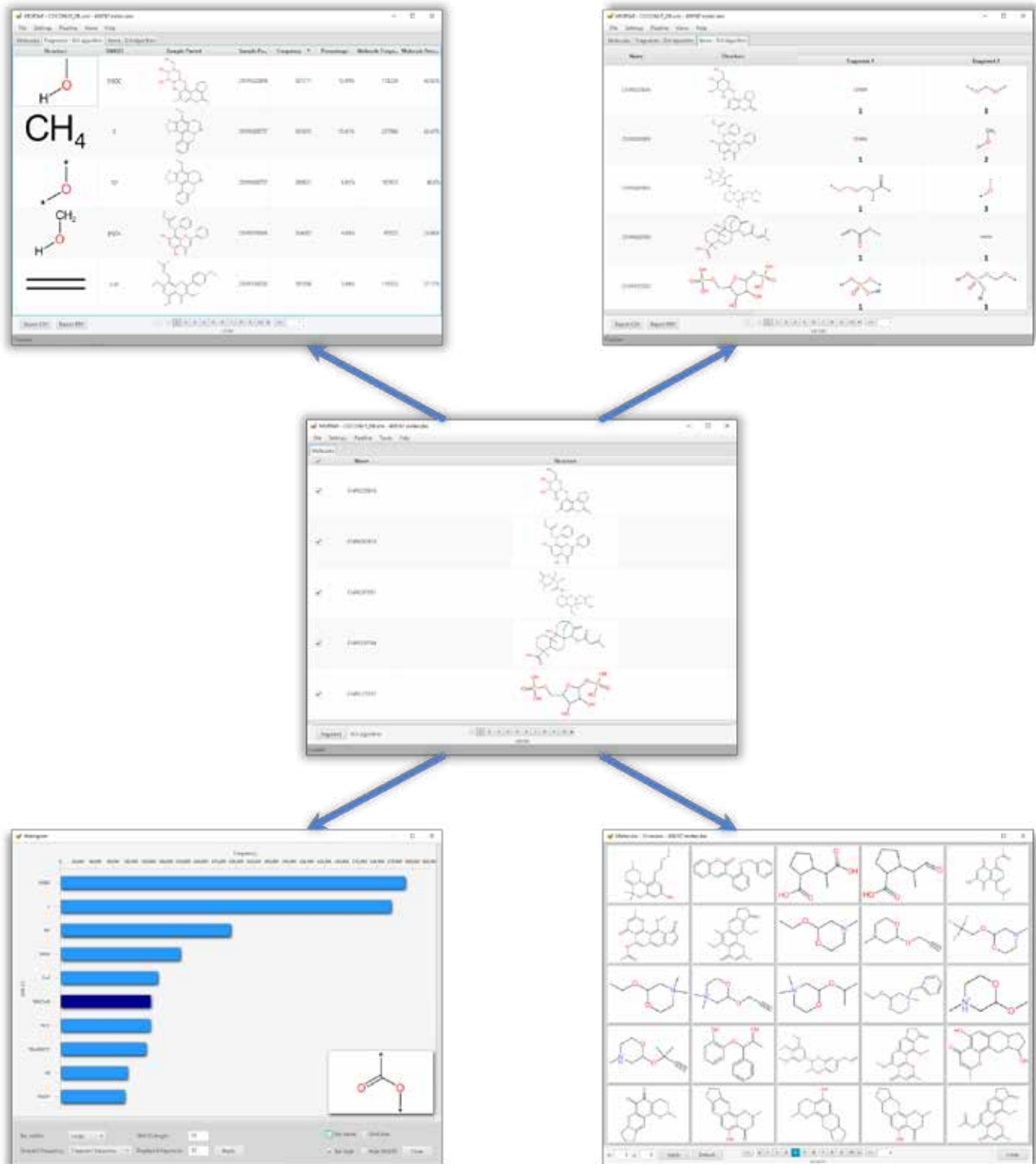


Abb.1:

MORTAR für die Molekülzerlegung:

Darstellung der Ausgangsmoleküle (hier aus der Naturstoffdatenbank COCONUT, Mitte),

Sicht auf Fragmente nach der Zerlegung (oben links),

Zuordnung der Fragmente zu den Ausgangsmolekülen (oben rechts),

Histogramm mit Fragmenthäufigkeiten (unten links),

Molekül- oder Fragmentübersicht (unten rechts).

Zerlegung von Molekülen in biofunktionale Einheiten

Die genaue Struktur eines Moleküls, d. h. die Art und die relative Anordnung seiner Atome, ist grundlegend für seine Funktion in biologischen Organismen. Die medizinische Wirkstoffforschung versucht daher, besondere Atomgruppen und Atomanordnungen in Molekülen zu identifizieren, die in geeigneter Kombination zu bestimmten (medizinisch erwünschten) Wirkungen führen, z. B. bei der Infektions- oder Krebsbekämpfung. Die systematische und umfassende Suche nach diesen biofunktionalen Moleküleinheiten wird heute durch modernste computergestützte Verfahren für diese sogenannte in-silico-Fragmentierung ermöglicht.

Projektbeschreibung

In der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Christoph Steinbeck am Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Friedrich-Schiller-Universität Jena und am Institut für Biologische und Chemische Informatik (IBCI) der Westfälischen Hochschule wird dazu eine quelloffene Endnutzeranwendung unter dem Projektnamen MORTAR (MOleculare fRagmentATion fRamework) entwickelt: Diese ermöglicht die spezifische in-silico-Fragmentierung ganzer Molekülbibliotheken und bietet umfangreiche Visualisierungs- und Analyseoptionen der



Felix Bänisch, M. Sc.
Doktorand der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Westfälischen Hochschule
felix.baensch@w-hs.de



Jonas Schaub, M. Sc.
Doktorand der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Westfälischen Hochschule
jonas.schaub@uni-jena.de



Betül Sevindik, B. Sc.
Masterstudentin der Westfälischen Hochschule
betuel.sevindik@studmail.w-hs.de



Samuel Behr, B. Sc.
Masterstudent der Westfälischen Hochschule
samuel.behr@studmail.w-hs.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; Westfälisches Institut für Gesundheit
achim.zielesny@w-hs.de

erzeugten Fragmenträume an (siehe Abbildung). Zukünftige Fragmentierungsverfahren können zudem über eine leistungsfähige Schnittstelle in die Applikation integriert werden. Drei neue innovative Molekül-Fragmentierungsmethoden sind in MORTAR bereits enthalten:

Die algorithmische Zerlegung in organisch-chemisch funktionelle Gruppen [1], die Demaskierung eines potentiellen Wirkstoffkerns durch Entfernung von Zuckereinheiten [2] sowie die hierarchische Aufspaltung des molekularen Grundgerüsts in chemisch-valide Untereinheiten [3]. Die Zerlegungsverfahren können auch in sogenannten „Pipelines“ kombiniert angewendet werden. Die erste Version von MORTAR ist in einem führenden internationalen Fachjournal publiziert [4] und als freie Ressource für Forschung und Entwicklung zugänglich.

Das gemeinsame Projekt unterstützt in besonderem Maße die wissenschaftliche Ausbildung an beiden Hochschulen, indem es engagierten und besonders begabten Studierenden ermöglicht, einschlägig-anspruchsvolle Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten anzufertigen.

Aktuelle Publikationen //

- [1] FRITSCH, S., S. NEUMANN, J. SCHAUB, C. STEINBECK and A. ZIELESNY, 2019. ErtlFunctionalGroupsFinder: automated rule-based functional group detection with the Chemistry Development Kit (CDK). In: *Journal of Cheminformatics*, 11:37.
- [2] SCHAUB, J., A. ZIELESNY, C. STEINBECK, and M. SOROKINA, 2020. Too sweet: cheminformatics for deglycosylation in natural products. In: *Journal of Cheminformatics*, 12:67.
- [3] SCHAUB, J., J. ZANDER, A. ZIELESNY and C. STEINBECK, 2022. Scaffold Generator: a Java library implementing molecular scaffold functionalities in the Chemistry Development Kit (CDK). In: *Journal of Cheminformatics*, 14:79.
- [4] BÄNSCH, F., J. SCHAUB, B. SEVINDIK, S. BEHR, J. ZANDER, C. STEINBECK, and A. ZIELESNY, 2023. MORTAR: a rich client application for in silico molecule fragmentation. In: *Journal of Cheminformatics*, 15:1.

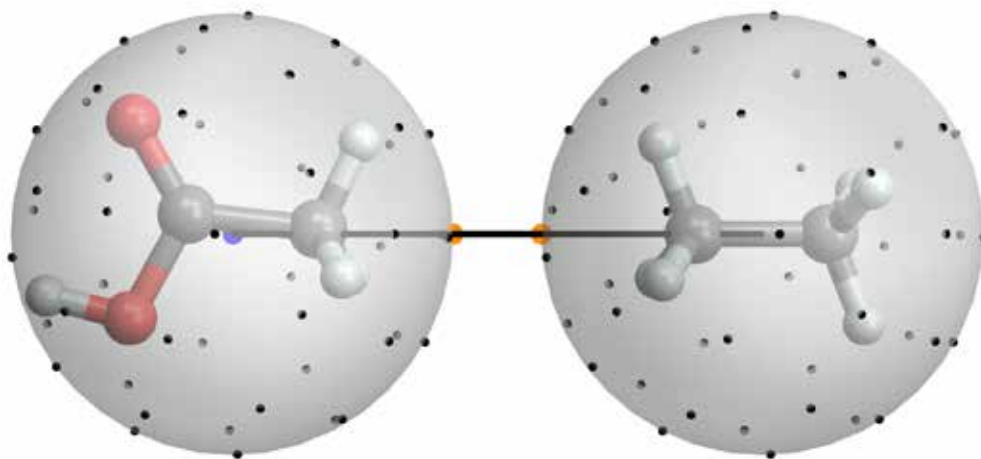


Abb. 1:

Berechnung der gemittelten molekularen Wechselwirkung zwischen einem Essigsäure- (links) und einem Ethanmolekül (rechts).

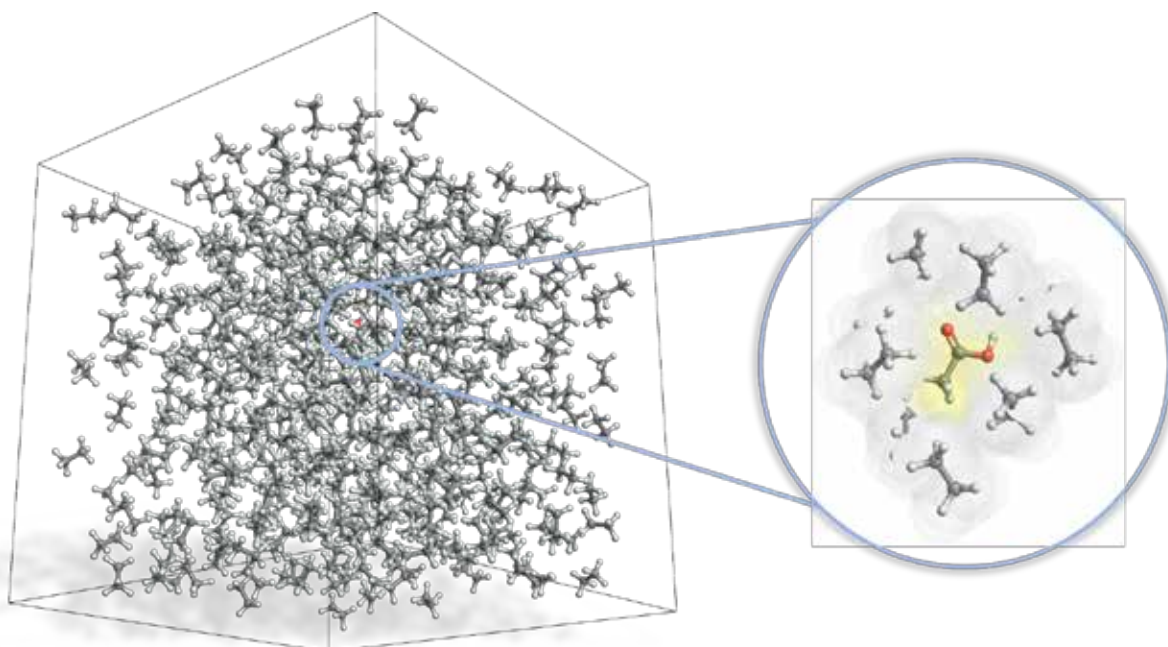


Abb. 2:

Molekulardynamische Bestimmung der Ethan-Umgebung für ein Essigsäuremolekül (zentral, in der Vergrößerung gelb hinterlegt).

Molekül- wechselwirkungen für die biomolekulare mesoskopische Simulation

Molekularbiologisch bedeutsame Prozesse, z. B. an Zellmembranen, umfassen häufig viele Millionen Moleküle und finden auf der Mikrosekundenzeitskala innerhalb von Millionstel Sekunden statt. Aus menschlicher Sicht ist dies extrem kurz, aus der atomaren und molekularen Perspektive allerdings extrem lange. Zur Untersuchung dieser zeitlichen (mittleren) Mesoprozesse kommen Simulationsverfahren wie die Dissipative Partikeldynamik (DPD) zum Einsatz, die die einzelnen Biomoleküle durch geeignet verbundene Fragmentteilchen aufbauen, die selbst wieder mit kleinen Molekülen identifiziert werden können. Entscheidend für den praktischen Erfolg dieser biomolekularen Simulationsmethode ist es nun, dass die kleinen Fragmentmoleküle geeignet gewählt und die zwischen ihnen bestehenden Kräfte erfolgreich bestimmt werden – ein leider ausgesprochen schwieriges Unterfangen, das nur näherungsweise realisiert werden kann.



Felix Bänsch, M.Sc.
Doktorand der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Westfälischen Hochschule
felix.baensch@w-hs.de



Prof. Dr. Christoph Steinbeck
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Friedrich-Schiller-Universität Jena
christoph.steinbeck@uni-jena.de



Dipl.-Chem. Mirco Daniel
Institut für biologische und chemische Informatik
Westfälische Hochschule
mirco.daniel@w-hs.de



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

Projektbeschreibung

Für diesen Zweck wird am Institut für Biologische und Chemische Informatik (IBCI) der Westfälischen Hochschule in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Christoph Steinbeck am Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Friedrich-Schiller-Universität Jena unter dem Projektnamen MIPET (*Mesosopic Interaction Parameter Estimation with Tinker*) ein quelloffenes Berechnungsmodell für sogenannte differentielle Paarwechselwirkungsenergien entwickelt, die dann in der biomolekularen Simulation zum praktischen Einsatz kommen [1-4]. Die Berechnung erfordert eine geeignete Mittelung der nicht-bindenden Wechselwirkungen sowie der jeweiligen molekularen Umgebung zweier Fragmentmoleküle (siehe Abbildungen).

Wie sich bereits in der Vergangenheit wiederholt gezeigt hat, können auch derartig anspruchsvolle Forschungsprojekte die wissenschaftliche Ausbildung im Bachelor- und Masterbereich durch ihre hohe Attraktivität für besonders herausragende Studierende sinnvoll fördern.

Aktuelle Publikationen //

- [1] VAN DEN BROEK, K., H. KUHN and A. ZIELESNY, 2018. Jdpp: an open Java simulation kernel for molecular fragment dissipative particle dynamics. In: *Journal of Cheminformatics*, 10:25.
- [2] VAN DEN BROEK, K., M. DANIEL, M. EPPLE, J.-M. HEIN, H. KUHN, S. NEUMANN, A. TRUSZKOWSKI and A. ZIELESNY, 2020. MFsim - an open Java all-in-one rich-client simulation environment for mesoscopic simulation. In: *Journal of Cheminformatics*, 12:29.
- [3] VAN DEN BROEK, K., M. EPPLE, L. S. KERSTEN, H. KUHN and A. ZIELESNY, 2021. Quantitative Estimation of Cyclotide-Induced Bilayer Membrane Disruption by Lipid Extraction with Mesoscopic Simulation. In: *Journal of Chemical Information and Modeling*, 61, 3027-3040.
- [4] BÄNSCH, F., C. STEINBECK and A. ZIELESNY, 2022. Notes on the Treatment of Charged Particles for Studying Cyclotide/Membrane Interactions with Dissipative Particle Dynamics. In: *Membranes*, 12(6):619.

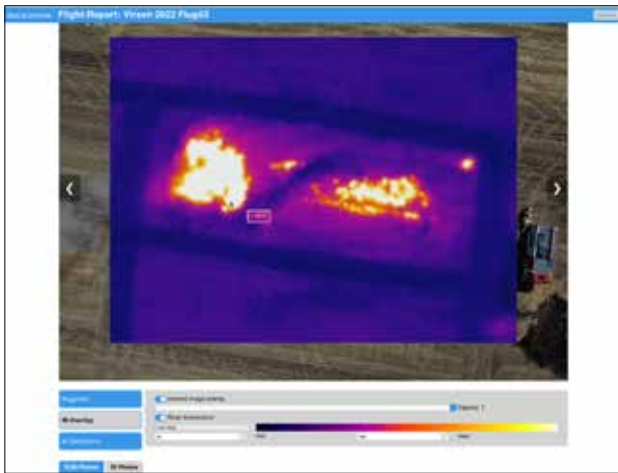


Abb. 1:
Ausschnitt aus der neuen Lagedarstellung. Zu sehen ist ein Infrarotbild eines Vegetationsbrandes in Viersen, im Hintergrund unterlagert ist das korrespondierende RGB-Bild zu erkennen.



Abb. 2:
Ebenfalls neu im Lagebild, ist eine automatische KI-Detektion von Fahrzeugen, Menschen und Feuer in den Drohnenbildern, welche durch Überlagerung in das Lagebild integriert und geordnet dargestellt werden können.



Abb. 3:
Evaluierung einer neu entwickelten Micro-Drohne mit 360°-Kamera und weiterer Sensorik, unter starker Rauchbelastung.

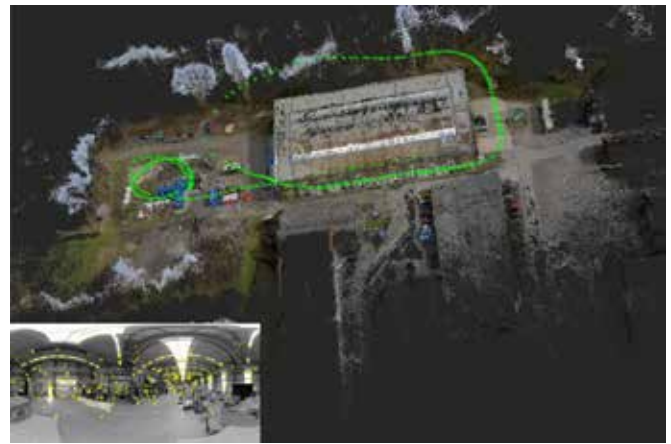


Abb. 4:
Mit Hilfe von visuellen Lokalisierungsverfahren und MultiView-Stereo-Algorithmen werden aus dem 360°-Video (unten links) dichte 3D-Punktwolken, hier am Beispiel des Aussentrainingsgeländes des Deutschen Rettungsrobotik-Zentrums.



Abb. 5:
Einsatz der „Robotik Task Force“ nach einem schweren Hallenbrand mit hochgiftigen Materialien in Berlin. Die Flugroboter fliegen von oben durch die geschmolzenen Lichtschächte in die gesperrte Halle (links). Das Bild der Piloten wird während des Einsatzes live an den Robotikleitwagen übertragen (Mitte). Die Auswertung und Begutachtung geschieht mit Hilfe der berechneten 3D-Modelle und einer „google street view“-ähnlichen Darstellung (rechts).

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

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

Rettungsrobotik

ARGUS: Aerial Rescue and Geospatial Utility System

Robotische Systeme und die dazugehörigen Technologien (Funkkommunikation, Rechner, Datenverarbeitung usw.) stellen ein integriertes Einsatzmittel der deutschen Rettungskräfte dar und ermöglichen ihnen die Erfassung wichtiger einsatzrelevanter Informationen aus sicherer Distanz und die Erstellung informativer Lagebilder als Basis für zielgerichtete Maßnahmen. Durch Rettungsroboterunterstützung können insbesondere Risiken für die Einsatzkräfte in menschenfeindlichen Umgebungen und gefährlichen Schadenslagen erheblich reduziert und Einsätze nicht nur sicherer, sondern auch effizienter gestaltet werden. Dabei helfen neuartige Flug- und Bodenroboter mit zahlreichen autonomen Assistenzfunktionen. Die intelligente Verarbeitung der im Einsatz gewonnenen Daten trägt wesentlich zur Steigerung von Effizienz und Wirksamkeit der Einsätze bei.

Motivation

Bedeutende Beiträge zur Realisierung dieser Vision zu leisten, und zwar auf breiter Ebene der zivilen Gefahrenabwehr bei Feuerwehr, Technischem Hilfswerk, Sanitäts-, Betreuungs-, Rettungsdiensten sowie weiteren Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben und Hilfsorganisationen, ist das Gesamtziel des Kompetenzzentrums für Rettungsrobotik DRZ und der E-DRZ Verbundpartner, zu denen auch die Westfälische Hochschule zählt. Im Rahmen des Projekts trägt die Westfälische Hochschule (WH) zu den technischen Zielen durch die intelligente Datenanalyse, besonders für kleine Flugroboter und Drohnen, für Einsätze mit hohem Verlustrisiko, bei und integriert diese in die weiter aufzubauende „Robotik Task Force“. Opferdrohnen müssen kleiner als 35 cm sein und ein Gewicht von unter 1 kg haben. Die von den Flugrobotern aufgenommenen Bilder werden dann mit Hilfe von ausgewählten „Tiefen Neuronalen Netzen“ ausgewertet, um relevante Objekte zu detektieren. Die räumliche und zeitliche Auswertung von Bilddaten für die equi-

rektangulare Projektion von 360°-Aufnahmen wird ins Lagebild integriert. Zusätzlich wird die Datenaufbereitung sowohl für das robotische als auch das menschliche Lagebildsystem verbessert, um einen digitalen Zwilling der Einsatzumgebung zu erstellen und räumliche und zeitliche Veränderungen zu visualisieren. Die entwickelten Funktionen werden dann in für die Rettungsrobotik relevanten Szenarien integriert, demonstriert und während Feldtests und realen Einsätzen evaluiert. Die nachhaltige Etablierung des DRZ in Deutschland erfordert neben guter Ausbildung aber auch die Beachtung des Marketings, der Vernetzung und Bündelung von Kompetenzen sowie der Bereitstellung von Ansprechpartnern und Wissensträgern. Besonders durch den kontinuierlich stattfindenden Technologietransfer leistet die WH hier einen wesentlichen Beitrag zum Schließen von aktuellen Fähigkeitslücken.

Projektinformationen //

- Projektwebseite: <https://rettungsrobotik.de>
- Videos zu dem Projekt finden sich unter: <https://www.youtube.com/user/RoblabFhGe>

Publikationen //

- SURMANN, H., I. KRUIJFF-KORBAYOVA, K. DAUN, M. SCHNAUBELT, O. VON STRYK, M. PATCHOU, S. BÖCKER, C. WIETFELD, J. QUENZEL, D. SCHLEICH, S. BEHNKE, R. GRAFE, N. HEIDEMANN and D. SLOMMA. Lessons from Robot-Assisted Disaster Response Deployments by the German Rescue Robotics Center Task Force, arXiv:2212.09354, 2022.
- SURMANN, H., M. THUROW and D. SLOMMA. PatchMatch-Stereo-Panorama, a fast dense reconstruction from 360° video images, arXiv:2211.16266, 2022.

Partner des Forschungsprojekts //

- Deutsches Rettungsrobotik-Zentrum e.V. (DRZ)
- Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)
- Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS)
- Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Simulation, Systemoptimierung und Robotik (TUDA)
- Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Kommunikationsnetze (TUDO)
- Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Informatik VI – Intelligente Systeme und Robotik, Autonome Intelligente Systeme (UBO)
- Fachhochschule Dortmund, Fachbereich Maschinenbau (FHDO)
- Universität zu Lübeck, Institut für Robotik und Kognitive Systeme (UzL)
- Eurocommand GmbH (EC)
- RWTH Aachen, Institut für Getriebetechnik, Maschinendynamik und Robotik (RWTH)
- Stadt Dortmund - Feuerwehr, Institut für Feuerwehr- & Rettungstechnologie (FwDO)



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



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



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



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



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



Niklas Voigt
Fachbereich Informatik und Kommunikation
niklas.voigt@studmail.w-hs.de

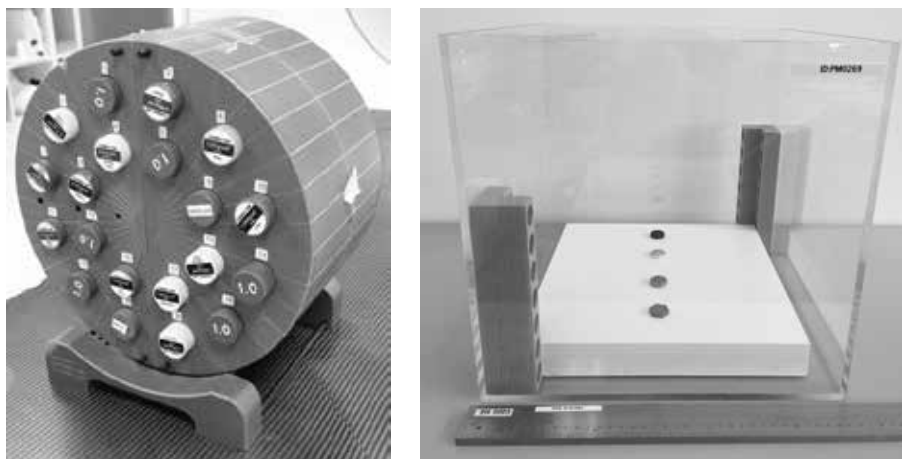


Abb. 1:

Übersicht der, für die CT-Akquisition verwendeten, Messphantome: Gammex-Tomo-467-Phantom mit Materialeinschüben (links) und Frontansicht des Wasserphantoms mit eingelegten Metallproben ohne Aufbaumaterial (rechts).

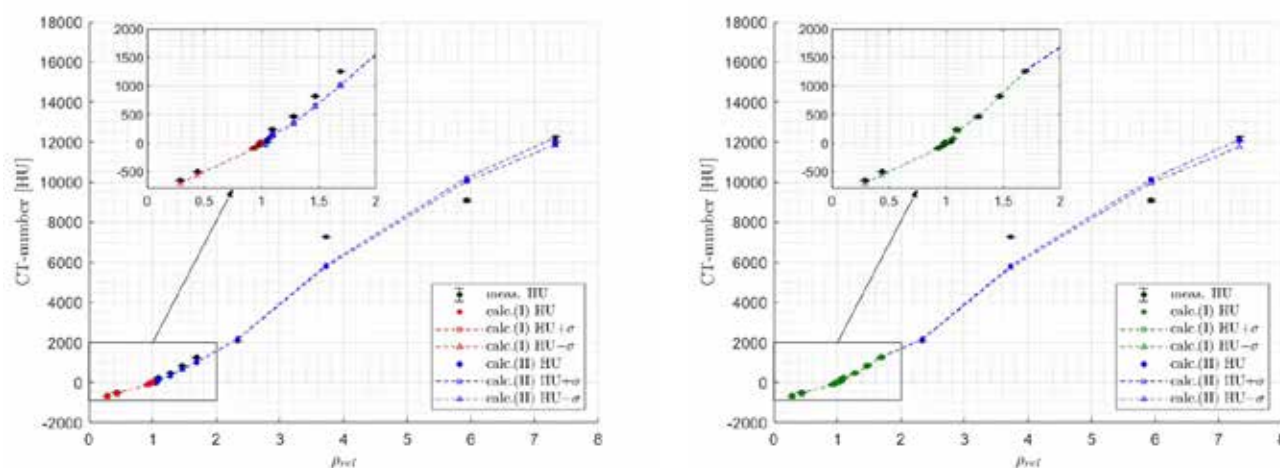


Abb. 2:

CT-Zahlen in Abhängigkeit von relativer Elektronendichte, aufgenommen bei $E = 120$ kV. Die gemessenen mittleren CT-Zahlen werden samt dem Fehler σ angegeben. Gegenübergestellt wird die Ausgleichsrechnung, ausgeführt bei jeweils zwei verschiedenen Separierpunkten, mit $\rho_{rel}^e = 1$ (Wasser) (links) und $\rho_{rel}^e = 1,69$ (Knochen).

Publikationen und Quellen //

- [1] SCHNEIDER, W., T. BORTFELD and W. SCHLEGEL. 2000. Correlation between CT numbers and tissue parameters needed for Monte Carlo simulations of clinical dose distributions. In: *Physics in Medicine and Biology* 2000;45:459–478.
- [2] ESE, Z., S. QAMHIYEH, J. KREUTNER, G. SCHAEFERS, D. ERNI, W. ZYLKA. 2019. CT Extended Hounsfield Unit range in radiotherapy treatment planning for patients with implantable medical devices. In: *Springer Nature Singapore IFMBE Proc* 2019;68(3),599-603.
- [3] JACKSON, D. F., D. J. HAWKES. 1981. X-ray attenuation coefficients of elements and mixtures. In: *Elsevier - Physics Reports* 1981;70(3):169-233.
- [4] RUTHERFORD, R. A., B. R. PULLAN, I. ISHERWOOD. 1976. Measurement of effective atomic number and electron density using an EMI scanner. In: *Neuroradiology* 1976;11(1):15-21.

Erweiterung der stöchiometrischen Kalibrierung von CT-Hounsfield-Werten für metallische Werkstoffe

Die Genauigkeit der strahlentherapeutischen Bestrahlungsplanung bei Implantat-Patienten hängt von der Genauigkeit der Elektronendichte ρ^e des Gewebes und des Implantat-Materials ab. Bei den Materialien handelt es sich um Stoffgemische, die aus chemischen Elementen zusammengesetzt sind, welches die Verwendung des stöchiometrischen Ansatzes zu Bestimmung von ρ^e möglich macht [1]. Bei der Planung werden CT-Bilder, genauer die Hounsfield-Zahlen (HU), die das Material darstellen, verwendet, um ρ^e zu erhalten. Standard CT-Systeme verwenden eine HU-Skala, die für Weichgewebe und Knochen, jedoch nicht für Metalle ausgelegt ist. Moderne CT-Systeme implementieren eine erweiterte HU-Skala (EHU), auf welcher Gewebe und Metalle repräsentiert werden können [2].

Eine stöchiometrische Kalibrierung basiert i. d. R. auf der Faktorisierung des Röntgen-Wirkungsquerschnitts (WQS) in Abhängigkeit von Ordnungszahl Z und Energie E . Ein empirisches Parametrisierungsverfahren auf Basis der Faktorisierung wird für gewebe-äquivalente Materialien, im diagnostischen Energiebereich von $E=80-140$ keV, verwendet. Um die stöchiometrische Kalibrierung auf metallische Stoffe auszuweiten, müssen die grundlegenden physikalischen Gleichungen sowie Näherungen der Parametrisierung überprüft werden.

Röntgen-Schwächungskoeffizient und Elektronendichte

Der lineare Schwächungskoeffizient $\mu(E, Z_i)$ eines Stoffgemisches mit M chemischen Elementen, setzt sich zusammen aus $\rho^e \sum_{i=1}^M (\rho_i^e / \rho^e) \sigma_i^e(E, Z_i)$, wobei $\rho_i^e = \rho N_A w_i Z_i / A_i$ die Volumenelektronendichte des i -ten Elementes und ρ^e die absolute Elektronendichte des Stoffgemisches sind. Die Massendichte des Stoffgemisches ist ρ , N_A die Avogadro-Konstante, σ_i^e , Z_i , und A_i jeweils der totale Streu-WQS pro Elektron, die atomare Ordnungszahl und die Atommasse des i -ten Elementes und w_i sein Massenanteil. Für reine Elemente ist $M=w_i=1$. Der totale WQS pro Atom ist $\sigma_i = Z \sigma_i^e$. Der mit dem Röntgenspektrum $S(E)$ gewichtete Schwächungskoeffizient wird mit einem Hut gekennzeichnet:

$$\hat{\mu}(S, Z_i) = \int_0^{E_{max}} S(E) \mu(E, Z_i) dE.$$



Zehra Ese, M.Sc.
Kooperative Doktorandin, Westfälische Hochschule, Universität Duisburg-Essen, Prof. Dr. Daniel Erni
zehra.ese@studmail.w-hs.de



Prof. Dr. Waldemar Zylka
Forschungsgebiet Physik, Medizinphysik, Systembiologie
waldemar.zylka@w-hs.de

Im diagnostischen Energiebereich setzt sich σ_i aus den WQS der photoelektrischen Absorption, $\sigma^{ph}(E, Z)$, kohärenten Streuung, $\sigma^{coh}(E, Z)$, und inkohärenten Streuung, $\sigma^{incoh}(E, Z)$ zusammen. Keines der WQS kann als Produkt $\sigma^e(E, Z_i) = K^e(E) F^e(Z_i)$ geschrieben werden, wobei e eines der physikalischen Prozesse repräsentiert. Wird Z auf die Umgebung eines Referenzelementes beschränkt, ist eine Taylor-Entwicklung von $F^e(Z_i)$ mit einer gewissen Genauigkeit möglich [3]. $\hat{\mu}(S, Z_i)$ kann so durch den Koeffizienten $\bar{K}^e(S)$ parametrisiert werden. Reduziert man die Taylor-Entwicklung zusätzlich auf nur eine Potenz s , d. h. $F^e(Z_i) \propto Z_i^s$, erhält man die Parametrisierung für sauerstoffnahe Elemente und Spektren des EMI-Scanners bei 60 keV und 80 keV [4]. Dabei setzt sich $\sigma_i^e(E, Z_i)$ aus der Summe von $K^{ph} Z_i^{p-1}$, $K^{coh} Z_i^{q-1}$ und $K^{incoh} Z_i^{r-1}$ zusammen. Der Koeffizient K^e ist energieabhängig, d. h. $K^e = K^e(E)$, die

Exponenten $p=4,62$, $q=2,86$ wurden aus den tabellierten Wirkungsquerschnitten ermittelt; für die Compton-Streuung mit $E \gg 1$ MeV ist $r=1$. Daraus folgt:

$$\hat{\mu}(S, Z_i) = \rho^e (\bar{K}^{ph} \bar{Z}^{p-1} + \bar{K}^{coh} \bar{Z}^{q-1} + \bar{K}^{incoh} \bar{Z}^{r-1}),$$

wobei $\bar{Z} = (\sum_i (\rho_i^e / \rho^e) Z_i^s)^{1/s}$ die gewichtete Ordnungszahl ist und für die Koeffizienten $\bar{K}^e = \bar{K}^e(S)$ gilt. Diese werden durch nichtlineare Regression an HU-Werte der Kalibriermaterialien bestimmt, nachdem sie mit \bar{K}_w^{incoh} von Wasser normiert wurden, d. h. aus $\frac{\bar{\mu}}{\bar{\rho}_w} (\bar{K}^{ph}, \bar{K}^{coh})$ werden $\bar{K}^e(S) = \bar{K}^e / \bar{K}_w^{incoh}$ ermittelt. Danach wird die relative Elektronendichte $\rho_{rel} = \rho^e / \rho_w^e$ anderer Stoffgemische bekannter elementarer Zusammensetzung berechnet und die Referenz-Tabellen für die Photonentherapie generiert.

CT-Kalibrierung

CT-Bilder eines Gammex-Tomo-467-Kalibrierphantoms mit eingelegten gewebe-äquivalenten Materialien und reinen metallischen Proben im Wasserphantom, wurden bei $E=120$ kV akquiriert, siehe Abb. 1, und die mittleren HU-Werte samt Fehler auf der erweiterten HU-Skala bestimmt. Die Gesamtheit der Materialien wurde in zwei Segmente unterteilt, jeweils unterhalb und oberhalb der relativen Elektronendichte ρ_{rel}^e . Die Methode der kleinsten Quadrate wurde für jedes Segment separat ausgeführt. In Abb. 2 sind die Ergebnisse für zwei Separierungspunkte gegenübergestellt.

Fazit

Die Anwendbarkeit der stöchiometrischen Kalibrierung, auf Grundlage der Parametrisierung aus [4], ist bei Vorhandensein metallischer Materialien eingeschränkt. Die Genauigkeit und Robustheit hängt u. a. von der Unterteilung der Materialien in Segmente und der Kenntnis der Röntgenphotonenspektren ab. Eine Potenzgesetz-Parametrisierung für weite Z -Bereiche, insbesondere jenseits der Gewebe, ist eine Approximation, die im Widerspruch zur Physik steht und durch eine geeignetere Parametrisierung ersetzt werden muss.

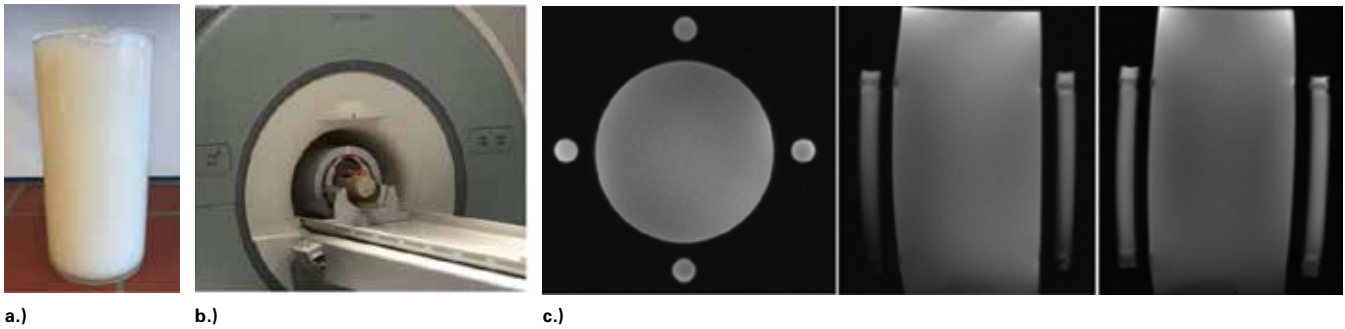


Abb. 1:

a.) Das erstellte homogene muskelähnliche Gewebephantom. b.) Messungen im 7T-MRT im PISA (imaging platforms in the autopsy room) in Sao Paulo, Brasilien. c.) MRT-Bilder des Phantoms zeigen dessen Homogenität. Von links nach rechts sind die axiale, sagittale und koronale Ansicht des Phantoms dargestellt. Außerhalb des Phantoms sind die vier Öl-Röhren.

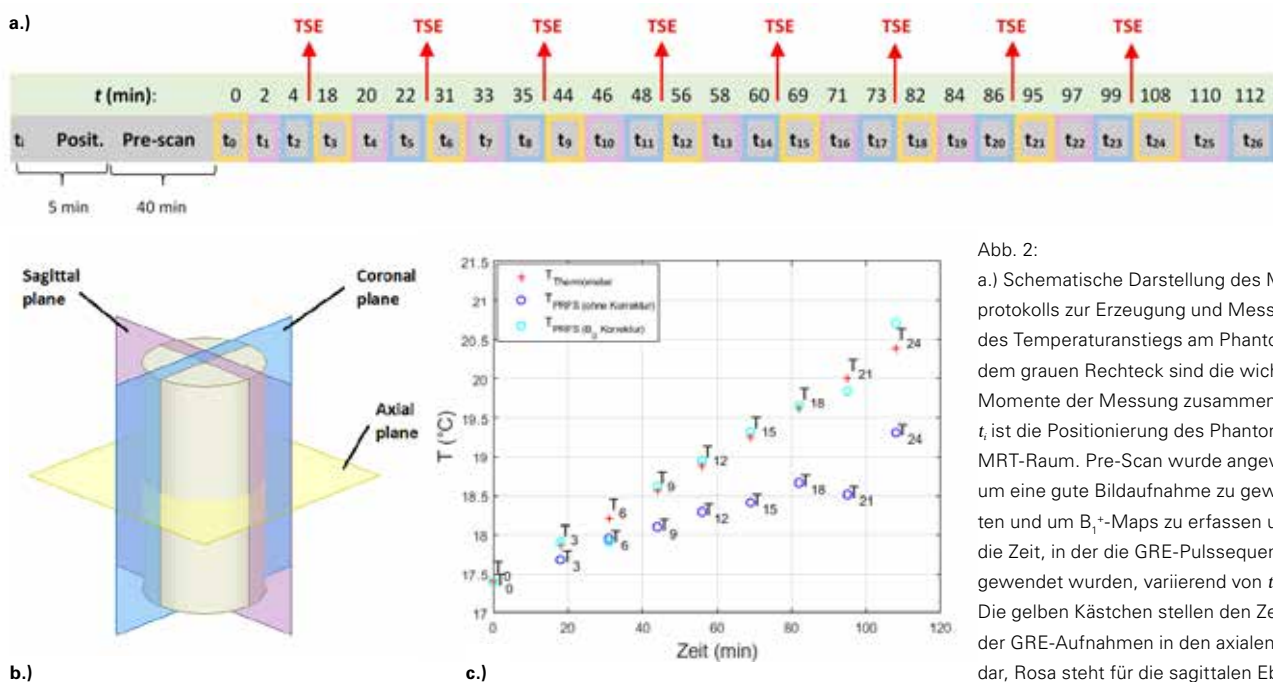


Abb. 2:

a.) Schematische Darstellung des Messprotokolls zur Erzeugung und Messung des Temperaturanstiegs am Phantom. In dem grauen Rechteck sind die wichtigsten Momente der Messung zusammengefasst. t_i ist die Positionierung des Phantoms im MRT-Raum. Pre-Scan wurde angewandt, um eine gute Bildaufnahme zu gewährleisten und um B_+ -Maps zu erfassen und t_i die Zeit, in der die GRE-Pulssequenzen angewendet wurden, variierend von t_0 bis t_{26} . Die gelben Kästchen stellen den Zeitpunkt der GRE-Aufnahmen in den axialen Ebenen dar, Rosa steht für die sagittalen Ebenen

und in Blau sind die koronalen Ebenen. Die Momente, in denen TSE-Pulssequenzen angewandt wurden, sind in Rot dargestellt.

b.) Die Ebenen im MRT (axial, sagittal und koronal).

c.) Dargestellt sind die mit einem digitalen Thermometer gemessenen Temperaturen des Phantoms zu Beginn und am Ende der Messung (die Werte dazwischen wurden interpoliert, da unser Thermometer metallische Teile hatte). Die mit PRFS kalibrierte Temperatur für dieselbe Region, in der das Thermometer platziert wurde, wird für beide Fälle gezeigt: ohne Korrektur und nach B_0 -Korrektur. Die Temperaturerfassung wird für die axiale Ebene dargestellt.

Quellen und aktuelle Publikationen zum Thema //

- [1] DE ZANCHE, N., C. VAN DEN BERG, D. BRUNNER, J. MURPHY-BOESCH et al. ISMRM Best Practices for Safety Testing of Experimental RF Hardware. *ISMRM RF Hardware recommendations*, 2022.
- [2] GARCIA, M. M., W. ZYLKA. Entwicklung von Radiofrequenzspulen für 7Tesla-Magnetresonanztomographie. *Forschung und Entwicklung an der Westfälischen Hochschule: Forschungsbericht 2020/64-65*, 2020.
- [3] GARCIA, M. M., T. O. OLIVEIRA, D. PAPOTI, K. T. CHAIM, M.C.G. OTADUY, D. ERNI and W. ZYLKA. Experimental and numerical investigations of a small animal coil for ultra-high field magnetic resonance imaging (7T). *Current Directions in Biomedical Engineering*; 5(1):525-528, 2019.
- [4] GARCIA, M. M., M. VATANCHI, K. T. CHAIM, M. C. G. OTADUY, A. RENNINGS, D. ERNI and W. ZYLKA. Investigating the influence of dielectric pads in 7T magnetic resonance imaging – simulated and experimental assessment. *Current Directions in Biomedical Engineering*; 6(3):20203007, 2020.
- [5] YUAN, Y., C. WYATT, P. MACCARINI, P. STAUFFER et al. A heterogeneous human tissue mimicking phantom for RF heating and MRI thermal monitoring verification. *Physics in Medicine and Biology*. 57(1):2021-2037, 2020.

- [6] HASGALL, P. A., F. DI GENNARO, C. BAUMGARTNER, E. NEUFELD et al. IT'IS Database for thermal and electromagnetic parameters of biological tissues, 4.1, 2022.

Projektinformationen //

Die Forschung wird von der brasilianischen Forschungsinstitution CAPES unter dem „Full PhD Program Abroad (Programa de Doutorado Pleno no Exterior) – Prozess n. 88881.173609/2018-01“ und im Jahr 2023 von der Westfälischen Hochschule gefördert.



Danksagungen //

An die Kollegen der WH: Halle 1, Ewald Bonberg, Martin Pliete, Peter Bremer, Oliver Gießelmann; der UDE: Jan T. Svejda, Daniel Erni; der Otto von Guericke Universität Magdeburg: Johannes Bernarding, Christian Bruns, Markus Plaumann; der University of Sao Paulo, Brasilien: Maria C. G. Otaduy, Khallil T. Chaim; der Federal University of ABC, Brasilien: Tiago R. Oliveira; und der Federal University of Sao Carlos, Brasilien: Gustavo D. Maia.

Erstellung von gewebe- ähnlichen Phantomen und Protokollen zur Analyse der Temperaturerhöhung bei der Ultrahochfeld-Magnetreso- nanztomographie (7T-MRT)

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist eines der leistungsfähigsten diagnostischen Bildgebungsverfahren. Die MRT-Scanner wurden aufgrund technologischer Fortschritte ständig verbessert und es werden höhere Magnetfelder verwendet. Scanner, die ultrahohe Magnetfelder verwenden (7T und höher), sind meist auf Forschungszwecke beschränkt. Die meisten klinischen Scanner arbeiten mit 1,5T und 3T.

MRT-Verfahren unterliegen regulatorischen Richtlinien, die sichere Betriebsgrenzen festlegen, um gesundheitsschädliche Auswirkungen zu vermeiden. Dazu gehören die Grenzwerte für die spezifische Absorptionsrate (SAR) von Radiofrequenz(RF)-Energie und die Grenzwerte für die Gewebetemperatur [1].

Die Patientensicherheit während eines MRT-Verfahrens kann durch Simulationen und Messungen analysiert werden. Mit Simulationen kann man die elektromagnetischen und thermischen Gleichungen lösen. Temperaturschwankungen können mit speziellen Thermometern und bildgebenden Verfahren gemessen werden. Direkte SAR-Messungen sind unmöglich zu realisieren. Da Temperaturmessungen im menschlichen Körper invasiv und komplex sind, kann man für einige Studien Proben (Phantome) verwenden, die den menschlichen Körper und sein Gewebe repräsentieren.

In unseren letzten Projekten haben wir die Patientensicherheit mit Hilfe von elektromagnetischen und thermischen Simulationen für 7T-MRT untersucht [2,3,4]. Es wurden verschiedene Phantome entwickelt und zur Analyse von Temperaturerhöhungen während der MRT-Verfahren verwendet. Zur Messung der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Temperatur haben wir Temperatursensoren und die PRFS-Methode (Protonenresonanzfrequenzverschiebung) eingesetzt [1]. Hier wird die neueste Entwicklung beschrieben.



**Maira Martins Garcia,
M.Sc.**

Kooperative Doktorandin, Westfälische Hochschule, Universität Duisburg-Essen, Prof. Dr. Daniel Erni, CAPES-Stipendiatin
maira.b.garcia@studmail.w-hs.de



**Prof. Dr.
Waldemar Zylka**

Forschungsgebiet Physik, Medizinphysik, Systembiologie
waldemar.zylka@w-hs.de

Design und Erzeugung eines Phantoms

Phantome für MR-Untersuchungen müssen die dielektrischen Eigenschaften des zu untersuchenden Gewebes und, wenn möglich, auch den thermischen Eigenschaften relativ ähnlich sein [1]. In der Literatur gibt es verschiedene Rezepte für die Herstellung eines Phantoms. Wir haben eine Wasser-Gelatine-Öl-Salz-Mischung gewählt, die auf den Rezepten in [5] basiert. Die Gelatine dient als Gelmittel zur Vermeidung von Strömungen und thermischer Konvektion, NaCl und Öl werden verwendet, um die Leitfähigkeit bzw. Permittivität des Phantoms zu steuern. Zusätzlich verwenden wir auch ein Tensid und Formaldehyd. Die Rezepte wurden für die gewebeähnlichen Muskeln, cerebrospinale Flüssigkeit (CSF), Gehirn und Fett angepasst und weiterentwickelt. Abbildung 1a zeigt ein homogenes muskelähnliches Gewebe in einem zylindrischen Behälter aus Plexiglas. Die Studie, um die optimale Mischung für alle Rezepte zu finden, umfasste chemische Tests und

die Messung der Leitfähigkeit und Permittivität mit dem Dielectric Assessment Kit (DAK, Speag, Schweiz), installiert an der Universität Duisburg-Essen (UDE). Die gemessene Leitfähigkeit und Permittivität des Phantoms in Abbildung 1a waren:

$\sigma_p = 0.75$ S/m bzw. $\epsilon_p = 56.5$, ähnlich den Werten aus der Literatur: $\sigma_p = 0.771$ S/m und $\epsilon_p = 58.2$ [6].

7T-MRT-Messungen für EM und thermische Studien

Wir haben ein Messprotokoll für die Temperaturmessung im MRT erstellt. Es umfasst eine Strategie zur Erzeugung eines starken Temperaturanstiegs und zur Erfassung anderer wichtiger Informationen, die später analysiert werden sollen. Wir verwendeten die RF-Spule für die MRT-Bildgebung in Kombination mit Pulssequenzen (Turbo-Spin-Echo – TSE), um einen starken Temperaturanstieg zu erzeugen. Vor dem Erwärmungsprozess wurde für die Validierung der elektromagnetischen Simulationen die B_1^+ -Magnetfeldverteilung im Phantom gemessen [3,4]. Vor, zwischen und nach dem Erwärmungsprozess wurde die Gradienten-Echo-Pulssequenz (GRE) (für die PRFS-Methode) angewandt. Mit der PRFS-Methode kann man relative Temperaturänderungen zu zwei Zeitpunkten messen und die räumliche Veränderung in einer ausgewählten Region von Interesse sehen, während ein Thermometer nur die absolute lokale Temperatur angeben kann. Die Anfangstemperatur des Thermometers wird zur Kalibrierung des PRFS-Anfangswertes verwendet. Die Temperaturmessungen im Zentrum des muskelähnlichen Phantoms sind in Abbildung 2 dargestellt. Um die PRFS-Genauigkeit zu verbessern, haben wir einige Korrekturstrategien für PRFS-Fehler angewandt, z. B. die Verwendung von Öl-Röhren zur Bestimmung der Magnetfeldschwankungen, die nicht mit der Erwärmung zusammenhängen [1]. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2c dargestellt.

Fazit und Vision

Das Wissen um die Erstellung unserer Phantome und die Entwicklung eines Protokolls für die MRT-Thermometrie ist zusammen mit unserem elektromagnetischen und thermischen Simulationen als Fachwissen für zahlreiche Studien im Bereich der MRT von Vorteil. Unser Ziel ist die Verbesserung der beschriebenen Techniken und die weitere Analyse der Erwärmungsprozesse bei MRT-Messungen.

MRT: Magnetresonanztomographie; SAR: spezifische Absorptionsrate; RF: Radiofrequenz; PRFS: Protonenresonanzfrequenzverschiebung; CSF: cerebrospinale Flüssigkeit; TSE: Turbo-Spin-Echo; GRE: Gradienten-Echo-Pulssequenz

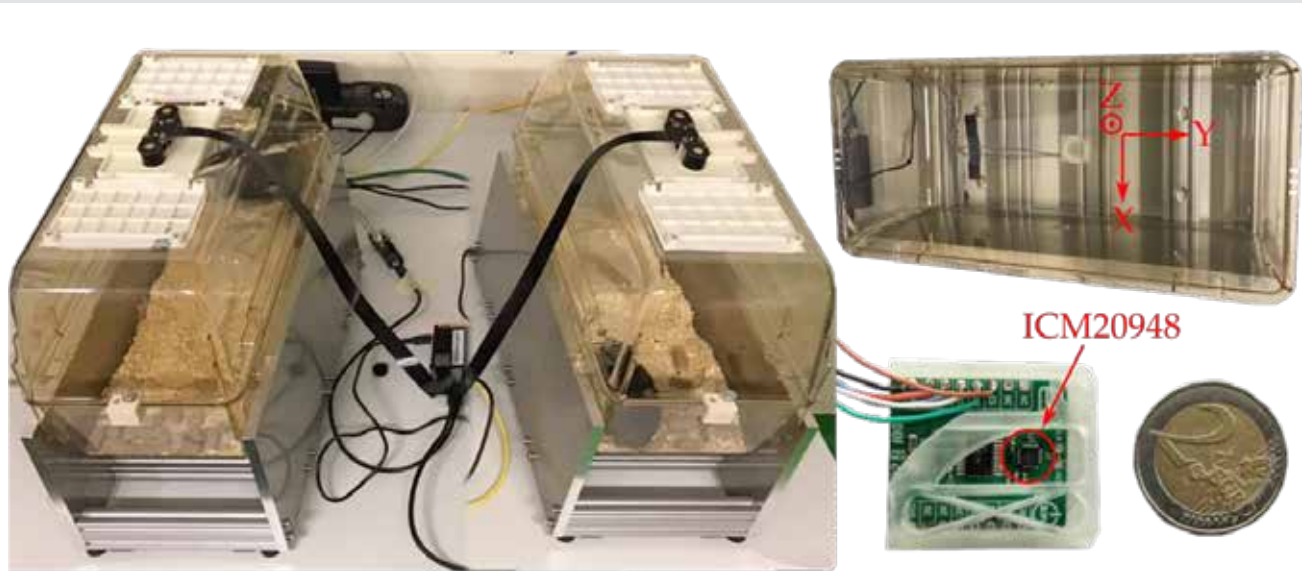


Abb. 1:
Experimenteller Versuchsaufbau

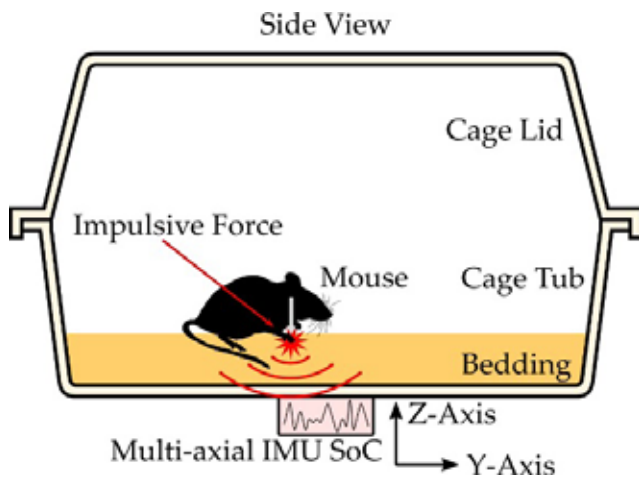


Abb. 2:
Konzeptuelle Zeichnung

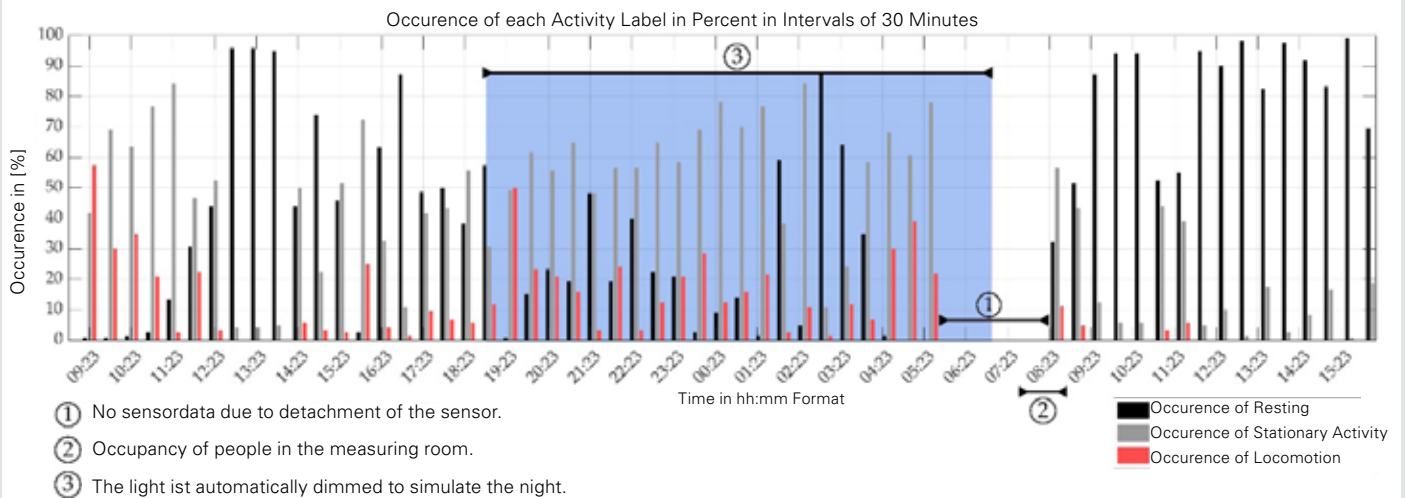


Abb. 3:
Ergebnis der schwingungsbasierten Aktivitätsüberwachung

Aktivitätsmonitoring über strukturelle Schwingungen

Die Messung der körperlichen Aktivität ist ein weitverbreitetes Instrument zur Bewertung der Gesundheit von Menschen und Tieren. Eine körperliche Aktivität ist z. B. gehen, rennen oder sitzen. Diese unterscheiden sich unter anderem im Bewegungsmuster, der Intensität und der Dauer. Stand der Technik zur Messung von körperlicher Aktivität sind Wearables. Das sind kleine eigenständige Geräte, die am Körper getragen werden und Aktivitätsparameter wie z. B. Schritte, gelaufene Distanz und Intensität messen. Allerdings gibt es einige Anwendungen, in denen Wearables nicht eingesetzt werden können, da sie regelmäßig geladen und vom Nutzer angelegt werden müssen. Außerdem sind Wearables zu groß für kleinere Lebewesen. Bei diesen Zielgruppen werden berührungslose Methoden, wie z. B. Kameras, eingesetzt. Diese Methoden haben allerdings ihrerseits Nachteile, wie hohe Komplexität und Kosten.

Bestehende Methoden

Ein wichtiger potenzieller Anwendungsfall für eine berührungslose Methode zur Aktivitätsüberwachung, welche sich effizient in großen Zahlen anwenden lässt, liegt in der Haltung von Labormäusen. Das Institut für Versuchstierkunde Aachen (VTK) hält beispielsweise über 22.000 Mäuse und beschäftigt über 80 Mitarbeiter mit der Pflege. Zur breiten automatischen Überwachung des Tierwohls gibt es zurzeit keine geeignete Methode. Bestehende Methoden sind sehr teuer und benötigen viel Platz, wodurch Kosten von mehreren Tausend Euro pro Käfig entstehen können. Daher werden die Tiere täglich von den Mitarbeitern inspiziert. Dies ist nicht nur eine zeitaufwändige und subjektive Methode, sondern stresst die Tiere zusätzlich durch die Präsenz von Menschen.



Pieter Try, M.Sc.
pieter.try@w-hs.de



**Prof. Dr.
Marion Gebhard**
marion.gebhard@
w-hs.de

Methode zur berührungslosen Aktivitätsmessung

In diesem Forschungsprojekt wird eine Methode zur berührungslosen Aktivitätsmessung mit mehrachsigen MEMS-basierten Beschleunigungssensoren erforscht. Das Konzept sieht vor, die Schwingungen von Umgebungsobjekten zu messen und über diese Informationen die Aktivität von Lebewesen zu erfassen. Die Schwingung eines Umgebungsobjekts wird durch Kraftimpulse ausgelöst, welche bei körperlicher Aktivität auftreten. Durch die Nutzung von MEMS-Beschleunigungssensoren ist das Messsystem besonders klein und kosteneffektiv. Weiterhin erlauben diese Sensoren die Messung von Schwingungen in mehreren Raumachsen, wodurch zusätzliche Informationen zur Bewertung der Aktivität zur Verfügung stehen. Die Hauptprobleme bestehen in der Messung der aktivitätsbe-

dingten Schwingungen, welche sehr kleine Amplituden haben, und die Interpretation der Schwingungsdaten zur Aktivitätserfassung. Zur Schwingungsmessung werden ausgeklügelte Signalverarbeitungsalgorithmen eingesetzt, um die aktivitätsbedingten Schwingungen vom Sensorrauschen zu extrahieren. Diese Daten werden weiterverarbeitet und mittels Fourier- und Wavelet-Transformation analysiert. Die daraus gewonnenen Informationen werden anschließend mit einem Machine Learning Algorithmus ausgewertet, um die Aktivität zu bestimmen. Mit dieser Methode lassen sich bei Mäusen drei Aktivitätsklassen erkennen.

Evaluation

Zur Evaluation der Methode wurde der besagte MEMS-Sensor am Boden eines Mäusekäfigs montiert und Käfigschwingungen aufgezeichnet. Als Referenz dient eine Kamera und ein automatisierter Computer Vision Algorithmus, der die Aktivität der Maus quantifiziert. Der Aufbau ist in Abbildung 1 und schematisch in Abbildung 2 dargestellt. Mit diesem Aufbau wurden Daten über einen Zeitraum von 30 Stunden aufgenommen. Anschließend wurden die Schwingungsdaten verarbeitet und die Aktivität der Maus damit bestimmt. In Abbildung 3 ist die Aktivität der Maus im Käfig über den besagten Messzeitraum dargestellt. Anhand des Graphen sind Verhaltensweisen wie der zirkadiane Rhythmus, anfängliche Aufregung durch die neue Umgebung und Aufregung durch Menschen im Raum klar zu erkennen.

Ausblick

In Zukunft soll die Methode weiterentwickelt werden, um die Genauigkeit der Methode zu steigern und ggf. die Menge der unterscheidbaren Klassen zu erhöhen. Hierzu sollen mechanische Strukturen verwendet werden, um Schwingungen zu verstärken. Weiterhin werden neue Algorithmen auf Basis neuronaler Netzwerke entwickelt. Des Weiteren soll die Methode auch in anderen Anwendungsfällen demonstriert werden, wie z. B. der Aktivitätsüberwachung bei Personen.

Aktuelle Publikation //

TRY, P., M. GEBHARD. Non-Contact Activity Monitoring Using a Multi-Axial Inertial Measurement Unit in Animal Husbandry. In: *Sensors* 2022, 22, 4367. <https://doi.org/10.3390/s22124367>.

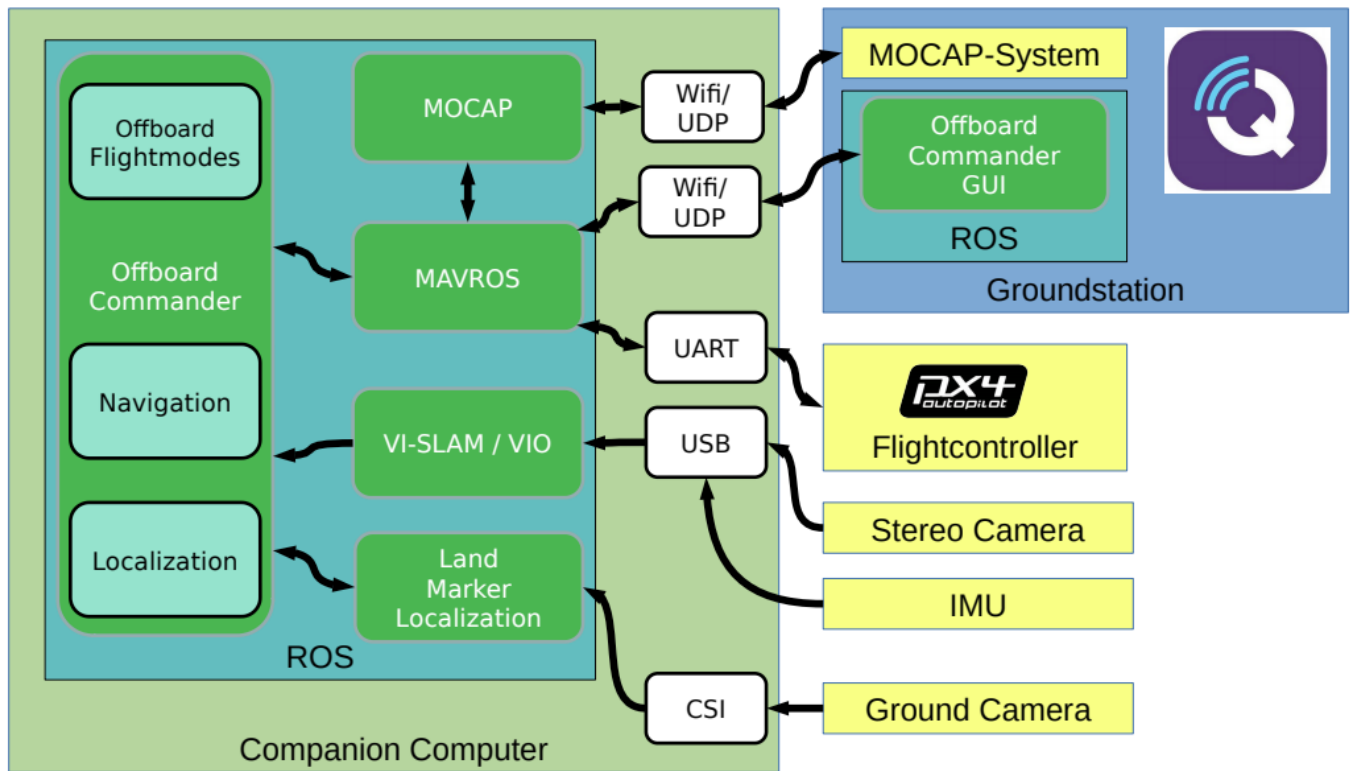


Abb. 1:
Systemschaubild VIO/VI-SLAM Demonstratorsystem

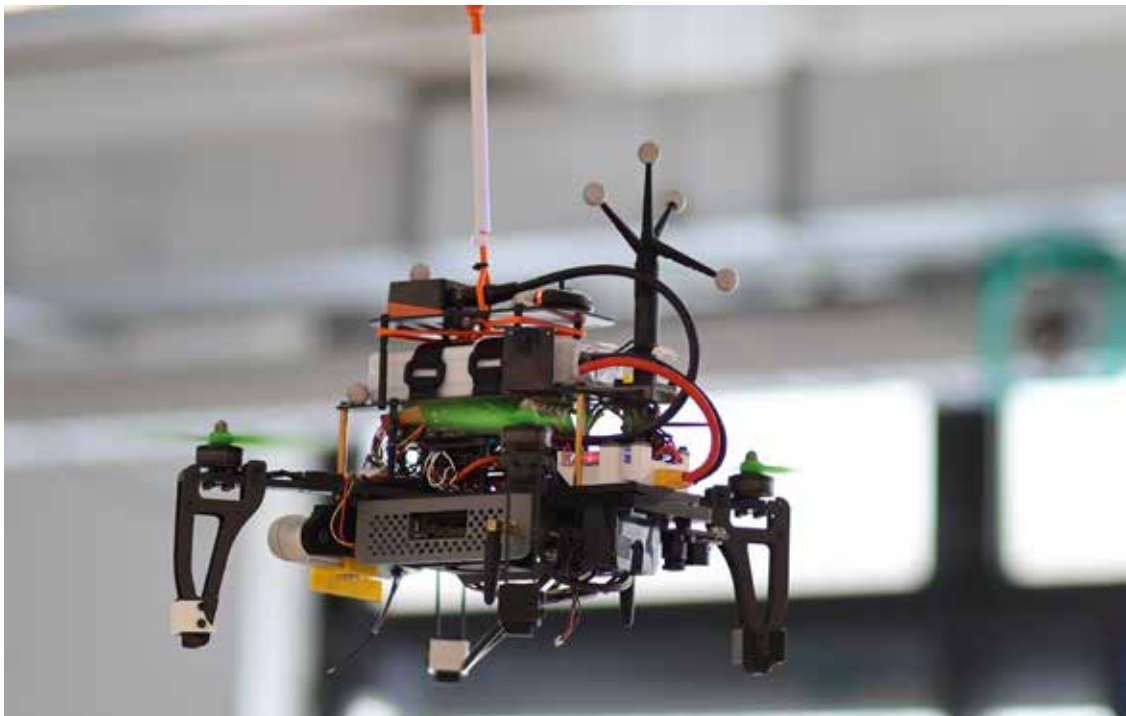


Abb. 2:
Foto der
Transportdrohne
(Foto Lorenz)

Lokalisations- und Navigationskonzept einer innerbetrieblichen Logistikdrohne

Im Kontext eines im Rahmen von EFRE geförderten Projekts wurde ein autonomes Drohnensystem entwickelt. Hierbei werden zeitkritische Güter innerhalb von Produktionsanlagen über den kürzesten Weg mit relativ hoher Geschwindigkeit transportiert.

Zielsetzung und Problematik

Ziel der Forschungsarbeit an der Westfälischen Hochschule, Campus Gelsenkirchen, war es, eine referenzfreie Navigationslösung zu liefern, welche unabhängig von externer Infrastruktur eine Selbstlokalisierung des Logistikdrohnensystems ermöglicht. Hierbei wurde insbesondere die Anwendbarkeit bestehender Systemansätze untersucht.

Wesentliche Herausforderungen bei der Entwicklung waren: die Konzipierung eines Systems, welches eine planbare Navigation in einer ortsfesten Lokalisation liefert, die Referenzfreiheit, also Unabhängigkeit von Infrastruktur und Markern, der Indoor-Einsatz (GPS-denied) sowie Selbstlokalisierung und hohe Fluggeschwindigkeit.

Lösungsansätze

Um eine referenzfreie Lokalisation zu erreichen, existieren diverse Lösungsansätze. Im Wesentlichen wurden visuelle Ansätze untersucht. VIO (Visual-Inertial Odometry) beschreibt den Prozess der Schätzung der Eigenbewegung unter Verwendung des Inputs einer einzelnen oder mehrerer an ihm angebrachter Kameras in Kombination mit einem Inertial-Sensor. Dies liefert hierbei immer nur eine lokale, zum Startpunkt referenzierte Lokalisationslösung. Lokalisationsfehler summieren sich in diesen Systemen auf und führen zu einem Positionsdrift.

VI-SLAM (Visual Inertial Simultaneous Localization And Mapping) beschreibt die Lokalisationsbestimmung und Kartenerstellung mithilfe von Kamerasystem und Inertial-Sensor. Hierbei wird die Eigenbewegung mithilfe der Sensoren bestimmt und zusätzlich visuell detektierte Umgebungsmerkmale in einer Karte abgespeichert. Diese Systeme ermöglichen zudem eine rückwirkende Korrektur von Karte und Ort. VI-SLAM-Systeme liefern somit eine konsistente Karte als Positionsreferenz, welche speicherbar und reproduzierbar ist.

Nachteil dieser Systeme ist die mit der Kartenerstellung und Korrektur einhergehende benötigte Rechenkapazität. Auch die Skalierbarkeit ist problematisch, da mit zunehmendem Volumen Rechenzeit und Speicherbedarf skalieren.

Es wurden verschiedene Lokalisationsysteme hinsichtlich ihrer Stabilität, Limitationen und Anwendbarkeit im Kontext eines Transportdrohnensystems untersucht. Hierzu wurde ein Demonstrator-System gebaut, welches den Systemtest im Laborkontext ermöglicht. Motion-Capture(MOCAP)-gestützt kann das Quadrocopter-Drohnensystem autonom fliegen und hierbei die Lokalisation der Subsysteme getestet werden.

Eine Flugablaufsteuerung ermöglicht das automatisierte Anfliegen von Zielpunkten und damit Lokalisationsysteme geschützt unter Realbedingungen zu testen. Die Erprobung eines VIO-Systems zeigte, dass

der Positionsdrift durch die Rotorvibrationen wesentlich vergrößert wurde und es zu Lokalisationsausfällen kommt. Ohne zusätzliche Relokalisationsverfahren ist ein sicherer Flug nicht möglich.

Im Test des VI-SLAM konnte eine gute Lokalisationsleistung bei geringer Positionsabweichung nur bei wenig dynamischem Flugverhalten erzielt werden. Bei schnellem dynamischen Flug kommt es zum Lokalisationsverlust. Beide Verfahren sind zudem auf eine starke Strukturierung der Umgebung angewiesen. Einfarbige Flächen, wie ein Betonfußboden, führen dazu, dass keine oder zu wenige Umgebungsmerkmale referenzierbar sind, was das Driftverhalten beider Systeme begünstigt oder zum Lokalisationsverlust führt.

Ziel war die kostengünstige Integration eines aktiven Lokalisationsverfahrens. Hierbei scheitern VSLAM/VISLAM-Verfahren an der erforderlichen Rechenleistung, teilweise instabilem Verhalten in schwach strukturierten Bereichen und unzuverlässiger Relokalisation bei Lokalisationsausfall.

Die getesteten VIO-Verfahren unterliegen einem Positionsdrift und verfügen über keine geostationäre interne Referenz, was den Sicherheitsanforderungen sowie der planbaren Navigation mit festen Start- und Zielpunkten nicht gerecht wird.

Die Integration einer zusätzlichen inertialen Lösung beider Systeme hat zum Ziel, die Verfahren zu stabilisieren. Herausforderung bleibt dabei das Driftverhalten der Inertialsensoren. Daher wurde ein KI-gestütztes Lokalisationsverfahren konzipiert. Hierbei soll aus den Daten der Inertialsensoren ein rekurrentes neuronales Netz (RNN) trainiert werden, um eine zuverlässige Schätzung der Position und Geschwindigkeit einer Drohne bei fehlendem GPS-Signal zu ermöglichen. Als Referenz und Korrekturgröße wird hierbei das MOCAP-System als Ground Truths eingesetzt.

Projektinformation //

Das Forschungsprojekt „ProLAND2“ wird durch die Europäische Union im „Europäischen Fond für Regionale Entwicklung“ gefördert. Die Projektlaufzeit beträgt 3,5 Jahre.



Joscha Siewert, M. Sc.



Prof. Dr.
Marion Gebhard
marion.gebhard@
w-hs.de

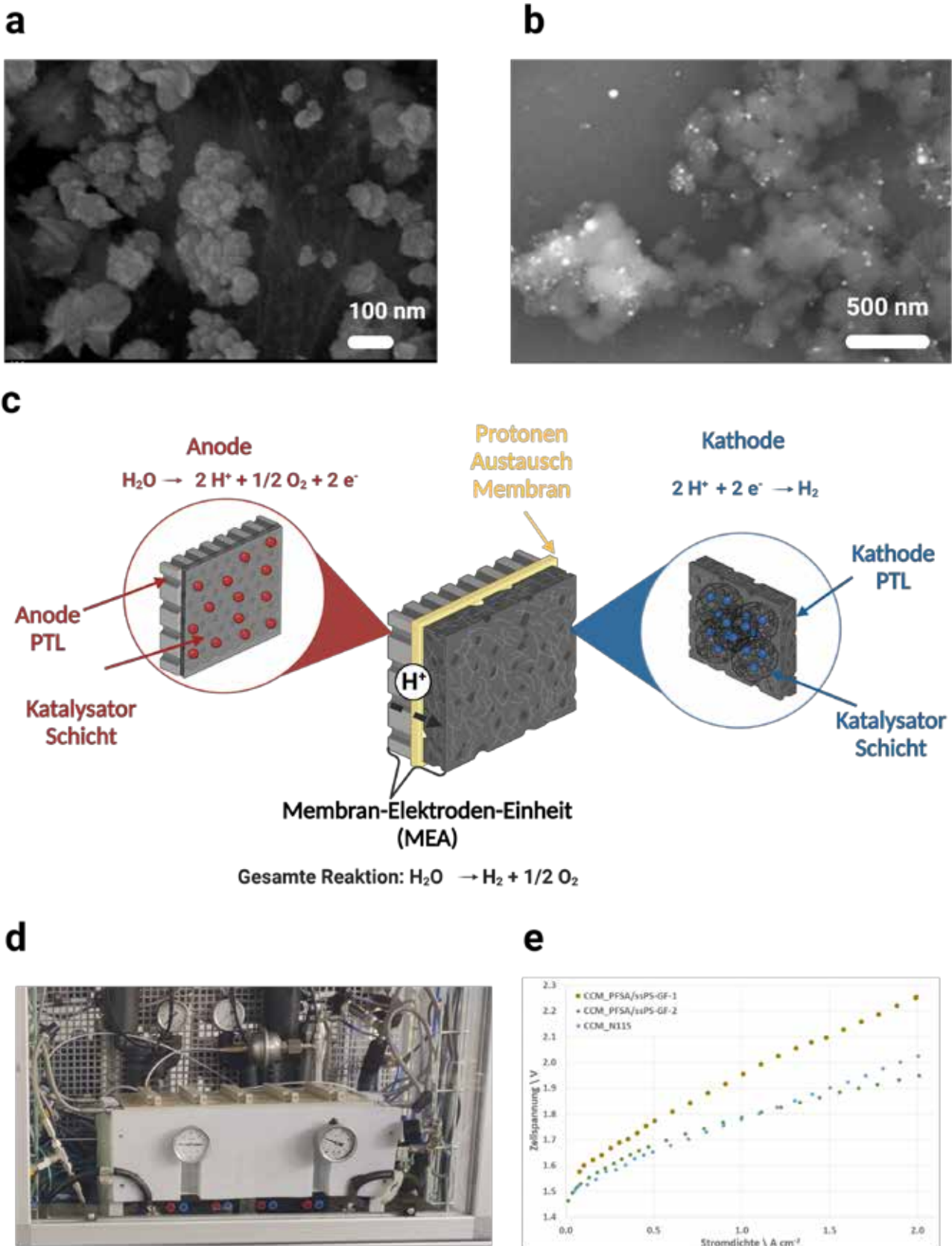


Abb. 1:

Beispielhafte Darstellungen von Entwicklungen im Elektrodenbereich am Westfälischen Energieinstitut: (a) galvanisch abgeschiedene Pt-Nanopartikel auf Kohlenstoffnanofasern (UP-MEA-Projekt Förderkennz.: 21668 N) als Kathode in PEMWE, (b) ultraschallgesprühte Katalysatornanopartikel auf Ti-Substrat (im Bild: Si:B-Ir-Nanopartikel aus dem LIKELY-Projekt, Förderkennz.: EFRE-0801480) als Anode für PEMWE, (c) schematische Darstellung einer der häufig verwendeten Membran-Elektroden-Aufbau-Architekturen, (d) im LIKELY-Projekt entwickelter und vom Industriepartner (Firma ProPuls) gebauter Elektrolyseur-Stack, (e) Polarisationskurven, aufgenommen mit neu entwickelten Membran-Materialien in einem Elektrolyseur im Labormaßstab (im Rahmen des HyPresMEA-Projekts (2019–2021, Förderkennz.: 13FH257PA6)).

Elektrodenentwicklung für grüne Wasserstofftechnologien am Westfälischen Energieinstitut

Die Wasserelektrolyse aus regenerativen Quellen, obwohl sie auf einer einfachen elektrochemischen Wasserspaltungsreaktion basiert, repräsentiert nur 4 % der Wasserstoffproduktion mit etwa 65 Millionen Tonnen pro Jahr. Bei der Protonenaustauschmembran-Wasserelektrolyse (PEMWE) werden H^+ -Wasserstoff-Ionen durch eine protonenleitende, elektrisch isolierende und gasdichte Membran transportiert. Auf diese Weise wird hochreiner Sauerstoff und Wasserstoff in einem sicheren und nachhaltigen Prozess erzeugt. Eine der größten Herausforderungen im Zusammenhang mit PEMWE sind die hohen Kosten der Edelmetallkatalysatoren (in der Regel auf Ir/Ru- und Pt-Basis). Die Verringerung des Edelmetallanteils in den Elektrolyseuren ist von entscheidender Bedeutung, um die Technologie wirtschaftlich tragfähig und industriell skalierbar zu machen.

Die Forschungsaktivitäten in diesem Bereich am Westfälischen Energieinstitut konzentrieren sich auf die Reduktion des Edelmetallkatalysators auf den Elektroden in der sogenannten Membran-Elektroden-Einheit (MEA) des Elektrolyseurs. Die MEA, das Herzstück des Elektrolyseurs, ist ein „Sandwich“, bestehend aus zwei Elektroden (Anode und Kathode) und einer protonenleitenden Membran.

Anodische Sauerstoffentwicklung

Die Arbeiten konzentrieren sich auf den Aufbau einer gradiert porösen Struktur, die aus einem offenporigen titanbasierten Substrat, einer darauf applizierten mikroporösen Trägerstruktur und einer abschließenden Schicht von Nanokatalysatoren besteht. Das Design bietet eine große geometrische Oberfläche für die anodische Reaktion, während

die hierarchische poröse Architektur einen guten Gas- und Wassertransport durch die Elektrode gewährleistet. Im Rahmen des IT-PEM 2.0-Projekts (2020–2024, Förderkennz.: 21312 BG) wurde ein Lasersystem angeschafft, um die Oberfläche der Trägerstruktur vor der Katalysatorabscheidung zu bearbeiten und so die geometrische und damit die elektrochemische Oberfläche der Elektrode zu vergrößern. Im Rahmen des LIKELY-Projekts (2019–2022, Förderkennz.: EFRE-0801480) wurde eine Glovebox-Anlage mit einem integrierten Ultraschall-Sprühsystem, das mit einem Plasmaofen gekoppelt ist, auf Basis der vorherigen Projekte erweitert. Eine Plasmareinigung von Ti-Substraten unter Argon-Atmosphäre vor der Katalysator-Aufbringung, sorgt für eine elektrisch leitfähige Bindung der Katalysatoren an das Substrat und verhindert so die Oberflächenoxidation. Das Aufbringen des Katalysators auf die Elektrodenoberfläche mittels Ultraschallsprühen ermöglicht eine nahezu homogene Materialverteilung, wodurch Agglomerate vermieden werden und somit die elektrochemische Ausnutzung des Katalysators erhöht wird.

Kathodische Wasserstoffentwicklung

In der Arbeitsgruppe hat sich die elektrochemische Abscheidung als vielversprechende Lösung etabliert, da sie sich leicht anwenden und skalieren lässt. Hier wird Pt

aus einem Elektrolyt auf ein Kohlenstoff-nanofaserbasiertes Substrat nanoskalig abgeschieden.

Im LOCOPEM-Projekt (2016–2019, Förderkennz.: EFRE-0800111) und später im HyPresMEA-Projekt (2019–2021, Förderkennz.: 13FH257PA6) wurde die galvanische Abscheidung erfolgreich als Methode zur Katalysatorabscheidung eingesetzt. Das UP-MEA-Projekt (2021–2023, Förderkennz.: 21668 N) zielt darauf aufbauend auf die Herstellung von Elektroden in industrieller Größe und die Entwicklung einer Rolle-zu-Rolle-Herstellungstechnik ab, die eine einfache und skalierbare Produktion der Materialien ermöglichen wird.

Die entwickelten Materialien können nicht nur physikalisch und (elektro-)chemisch charakterisiert werden, sondern auch in realen Arbeitsumgebungen in eigens entwickelten und patentierten Elektrolyseuren auf Basis der hydraulischen Einzelzell-Verpressung des Westfälischen Energieinstituts getestet werden. Die in den Forschungseinrichtungen des Instituts vorhandenen Stacks erlauben die Materialprüfung und die Aufnahme von Polarisationskurven sowohl im Labor- als auch im Industriemaßstab und unter Variation einer Vielzahl von Arbeitsparametern, wie z. B. Temperatur oder Druck.

Ausblick

Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse im Bereich der PEM-Elektrodenentwicklung wird aktuell daran gearbeitet, die Abscheidungstechniken in der Anionenaustauschmembran-Elektrolyse (AEMEL) anzuwenden und zu erproben. Eine Technologie, die hohe Stromdichten in den Zellen ermöglicht, ohne auf Edelmetallkatalysatoren angewiesen zu sein. Die Arbeiten im Rahmen des Projekts ME(G)AEM (2023–2026, Förderkennz.: 22812 N) werden sich auf die Entwicklung eines galvanisch abgeschiedenen Ni-Mo-Katalysators auf Kohlenstoff-Nanofasern als Kathode in der AEM-Elektrolyse konzentrieren.

Publikationen //

CIELUCH, M., P.-Y. PODLESCHNY, N. KAZAMER, F.-J. WIRKERT, U.-W. ROST, M. BRODMANN. Development of a Bifunctional Ti-Based Gas Diffusion Electrode for ORR and OER by One- and Two-Step Pt-Ir Electrodeposition, 2022. In: *Nanomaterials* 12 (7), 1233. <https://doi.org/10.3390/nano12071233>

BÖHM, L., J. NÄTHER, M. UNDERBERG, N. KAZAMER, L. HOLTLOTTE, U. ROST, G. MARGINEAN, F. J. WIRKERT, M. BRODMANN, T. HÜLSER, F. KÖSTER. Pulsed electrodeposition of iridium catalyst nanoparticles on titanium suboxide supports for application in PEM electrolysis. In: *Materials Today: Proceedings* 2021; 45(5), 4254-4259. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.507>



Dr. Norbert Kazamer
norbert.kazamer@w-hs.de



Dr. Florian Josef Wirkert
florian.wirkert@w-hs.de



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

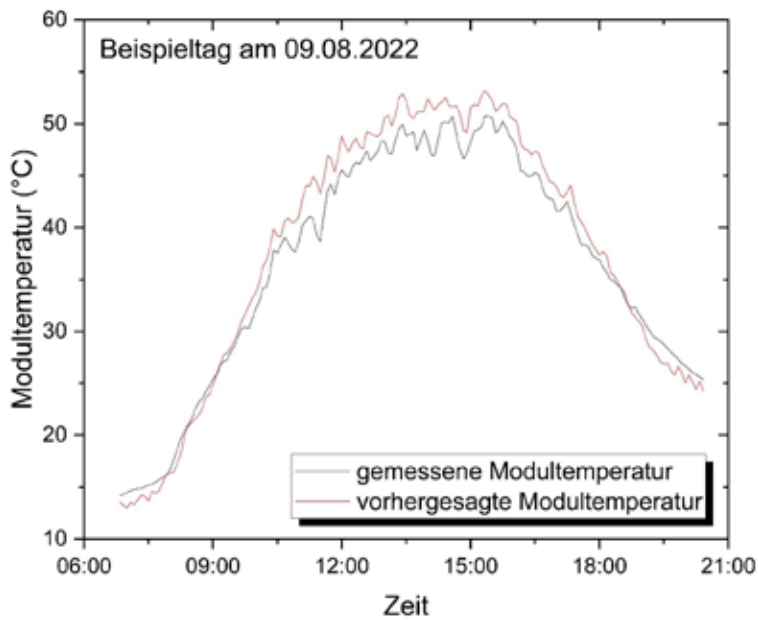


Abb. 1:
Vorhergesagte und tatsächlich gemessene
Solarmodultemperatur am Beispieltag 09.08.2022.

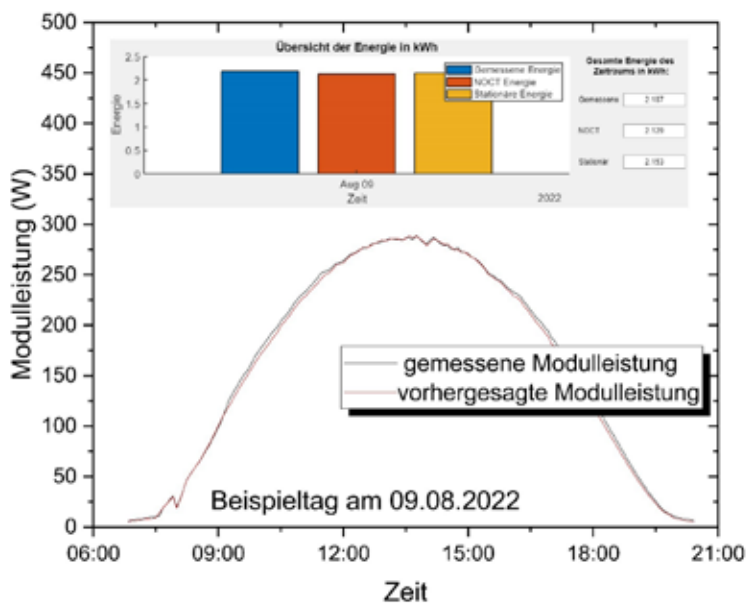


Abb. 2:
Vorhergesagte und tatsächlich gemessene Leistung eines Solarmoduls am Beispieltag 09.08.2022. Ebenso ist die tatsächlich eingespeiste Tagesenergie in Bezug zu der vorhergesagten Energie für die beiden Temperaturmodelle aufgezeigt.

AmBiPV – Entwicklung neuer Modul- technologien für bifaziale Solarzellen

Vom 01.10.2019 – 31.01.2023 wurde – mit einer Unterbrechung von 8 Monaten aufgrund des unerwarteten Ausstiegs eines schweizerischen Projektpartners – das Solar-Era-Net-Projekt *AmBiPV* durchgeführt. An diesem waren neben der Westfälischen Hochschule (Projekträger: PT-ETN Jülich, FKZ EFO0007), das PCCL in Österreich, die ZHAW in der Schweiz, SolAround Ltd in Israel und das ISC-Konstanz beteiligt. Das übergeordnete Projektziel war die Entwicklung von neuartigen elektrischen Verbindungstechnologien für bifaziale Solarzellen in Solarmodulen. Aufgrund der hohen Ströme in bifazialen Solarzellen sind niederohmige Verbindungen notwendig, um den auf Solarzellebene hohen Wirkungsgrad auch tatsächlich ins Solarmodul zu übertragen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden moderne Zellverbindertechnologien, wie das Smart Wire Concept, geschindelte Zellen oder der Modulaufbau durch Kleinstzellenansätze realisiert. Auf der Materialseite wurden diese technologischen Ansätze durch die Weiterentwicklung von Laminationsmaterialien begleitet. Auf Zellseite standen für das Projekt moderne Zelltechnologien, wie die p- und n-PERC, p-PERC, HJT und die IBC-Zelle zur Verfügung, welche allesamt mit einem maximalen Wirkungsgradpotenzial jenseits der 23 % aufwarten.

Projektaufgaben der WH

Die Aufgaben der Westfälischen Hochschule bestanden hierbei in:

- der Weiterentwicklung eines Ein-Achsentrackers und dessen Anwendung auf die entwickelten Module im Projekt,
- der hardwareseitigen Modifikation des existierenden Zwei-Achsentrackers zur gezielten Sonnenstandsnachführung, um das energetische Potenzial der im Projekt entwickelten Solarmodule zu bestimmen,
- dem Aufsetzen einer Simulationsumgebung, in welcher zwei unterschiedliche mathematische Ansätze von Temperaturmodellen für Solarmodule umgesetzt wurden, welche die Berechnung der Solarmodultemperatur basierend allein auf Umweltmessdaten und spezifischen Datenblatt-Informationen zu den Solarmodulen erlaubte,
- der Erweiterung der Simulationsumgebung für die Berechnung von Modultemperaturen auf die langfristige Vorhersage von Solarmodulleistungen und -erträgen und der erweiterten Bestimmung der Temperaturkoeffizienten dieser, basierend auf den Messdaten.



Prof. Dr. Andreas Schneider-
Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften
andreas.schneider@w-hs.de

Hervorzuhebende erreichte Projektergebnisse

Die Simulationsumgebung wurde von der Studierenden Frau Julia Chochollek in Matlab aufgesetzt und erfolgreich auf die über fast drei Jahre angesammelten Messdaten angewandt. Dabei konnte die Modultemperatur über einen mehrmonatigen Zeitraum mit einem RMSE < 2.5 K und der solare Energieertrag mit einem Fehler

von 0,5 % im Vergleich zu dem messtechnischen Ertrag vorhergesagt werden. Herr Tobias Stange führte als studentische und später als wissenschaftliche Hilfskraft die umfangreichen hardware- und softwareseitigen Änderungen am Zwei-Achsentracker durch, welcher im Anschluss eine „willkürliche“ Sonnenstandsnachführung der Einzelmodule erlaubte. Dadurch konnten wichtige Erkenntnisse für bifaziale Solarmodule in Bezug auf deren vorderseitigen- und rückseitigen energetischen Ertrag gewonnen werden. Diese ermöglichten eine Aussage zu der bestmöglichen Trajektorie. Vor allem der rückseitige Ertrag zeigte hierbei deutliche Abweichungen in Bezug auf die bestmögliche Tagestrajektorie, welcher kombiniert mit dem vorderseitigen Ertrag, je nach Jahreszeit, zu deutlichen Unterschieden zu der idealen Sonnenstandsnachführung führen kann.

Projektinformationen //

Das Projekt wurde von Prof. Dr. Andreas Schneider über die Laufzeit als Projektverantwortlicher an der WH koordiniert und betreut. Ebenso arbeiteten fünf Studierende als Hilfskräfte mit am Projekt.

Publikationen //

Auf der SiliconPV-Konferenz in Delft wurden die Forschungsergebnisse in Form eines Vortrages und eines Posters der Fachwelt im April 2023 vorgestellt. Die Publikationen, welche sich gegenwärtig im letzten Stadium des peer-review-Prozesses befinden, tragen den Namen:

- A Simple Approach for Module Temperature and Power Prediction
- Advanced Determination of Temperature Coefficients of Photovoltaic Modules by Field Measurements



Abb. 1:
Cover der Nature
Machine Intelligence



Abb. 2:
Video-Screenshot



Abb. 3:
Optisches Strömungs-
feld (blaue Pfeile) beim
Geradeausflug. In der
Flugrichtung ist die Strö-
mung am geringsten, so
dass der Baum im Weg
der Drohne am schwie-
rigsten zu erkennen ist.
(Bild: MAVLab TU Delft)

Von Bienen lernen

Wie Mini-Drohnen besser landen

Honigbienen fliegen elegant von Blüte zu Blüte und weichen mühelos Hindernissen aus. Diese beinahe perfekten Fähigkeiten zur Pilotierung lassen sich teilweise durch das Konzept des optischen Flusses erklären: Sie nehmen die (Winkel-)Geschwindigkeit wahr, mit der sich Objekte durch ihr Sichtfeld bewegen. Robotikforscher haben über Jahrzehnte versucht, diese Strategien bei Flugrobotern nachzuahmen, allerdings mit begrenztem Erfolg. Das Team der TU Delft und der Westfälischen Hochschule stellt daher einen auf dem optischen Fluss basierenden Lernprozess vor, der es Robotern ermöglicht, Entfernungen anhand des visuellen Erscheinungsbildes (Form, Farbe, Textur) der Objekte im Sichtfeld zu schätzen. Diese auf künstlicher Intelligenz (KI) basierende Lernstrategie verbessert die Navigationsfähigkeiten von kleinen Flugdrohnen und führt zu einer neuen Hypothese über die Intelligenz von Insekten.

Optischer Fluss

Einer der wichtigsten Tricks im Ärmel des Insekts ist die umfangreiche Verwendung des „optischen Flusses“: die Art und Weise, wie sich Objekte in ihrem Sichtfeld bewegen. Sie benutzen es, um auf Blumen zu landen und Hindernissen oder Raubtieren auszuweichen. Insekten verwenden überraschend einfache und elegante optische Flusstaktiken, um komplexe Aufgaben zu bewältigen. Zum Beispiel nutzen Honigbienen für die Landung den optischen Fluss „Divergenz“, der erfasst, wie schnell die Dinge im Blick größer werden. Würde eine Honigbiene zu Boden fallen, würde diese Divergenz immer größer werden, wobei zum Beispiel das Gras immer schneller größer wird. Bei der Landung wenden Honigbienen jedoch eine Strategie an, um die Divergenz durch Verlangsamung konstant zu halten. Das Ergebnis ist, dass sie sanfte, weiche Landungen machen.

Grundlegende Einschränkungen

Der optische Fluss hat zwei grundlegende Einschränkungen, die in der wachsenden Literatur über bioinspirierte Robotik ausführlich beschrieben wurden. Der erste ist, dass der optische Fluss nur gemischte Informationen über Entfernungen und Geschwindigkeiten liefert – und nicht über Entfernung oder Geschwindigkeit getrennt. Zur Veranschaulichung: Wenn es zwei landende Drohnen gibt und eine von ihnen doppelt so hoch und doppelt so schnell fliegt wie die andere Drohne, dann erleben sie genau den gleichen optischen Fluss. Für eine gute Steuerung sollten diese beiden Drohnen jedoch tatsächlich unterschiedlich auf Abweichungen in der optischen Flusstaktik reagieren. Wenn eine Drohne ihre Reaktionen bei der Landung nicht an die Höhe anpasst, wird sie nie ankommen und über der Landefläche zu schwingen beginnen. Zweitens ist es für die Hindernisvermeidung sehr bedauerlich, dass in der Richtung, in die sich ein Roboter bewegt, der optische Fluss sehr klein ist. Dies bedeutet, dass optische Flussmessungen in dieser Richtung verlässlicher sind und daher nur geringe Informationen über das Vorhandensein von Hindernissen liefern. Daher sind die wichtigsten Hindernisse – diejenigen, auf die sich der Roboter zubewegt – tatsächlich die am schwersten zu erkennenden!



Prof. Dr. Tobias Seidl
Westfälisches Institut für Bionik
tobias.seidl@w-hs.de

Visuelles Erscheinungsbild als Lösung erlernen

Der Schlüssel zu dieser Frage lag in einer vom Kooperationspartner De Croon entwickelten Theorie, die besagte, dass Flugroboter aktiv optische Strömungsschwingungen induzieren können, um Entfernungen zu Objekten in der Szene wahrzunehmen. Die Roboter nutzen nun solche Oszillationen, um zu lernen, wie die Objekte in ihrer Umgebung in unterschiedlichen Entfernun-

gen aussehen. Auf diese Weise kann der Roboter zum Beispiel lernen, wie fein die Textur von Gras ist, wenn er es bei der Landung aus verschiedenen Höhen betrachtet, oder wie dick Baumrinde in unterschiedlichen Entfernungen ist, wenn er in einem Wald navigiert.

Relevanz für Robotik und Anwendungen

Mit dem Erkennen von Entfernungen durch deren visuelles Erscheinungsbild sind schnellere und sanftere Landungen als zuvor möglich. Außerdem konnten die Roboter zur Hindernisvermeidung nun auch Hindernisse in Flugrichtung sehr gut erkennen. Die vorgeschlagenen Methoden werden für Flugroboter mit begrenzten Ressourcen äußerst relevant sein, insbesondere wenn sie in einer eher beengten Umgebung arbeiten, z. B. beim Fliegen in Gewächshäusern zur Überwachung der Ernte oder beim Erfassen des Bestands in Lagerhäusern.

Relevanz für die Biologie

Die Ergebnisse sind nicht nur für die Robotik relevant, sondern liefern auch eine neue Hypothese für die Intelligenz von Insekten. Typische neurobiologische Verhaltensexperimente beginnen mit einer Trainingsphase, in der Honigbienen verschiedene Erkundungsverhalten zeigen, wenn sie sich mit einer neuen Umgebung und damit verbundenen neuartigen Signalen wie künstlichen Blumen vertraut machen. Die eigentlichen Experimente finden in der Regel nach Abschluss dieser Lernphase statt und konzentrieren sich hauptsächlich auf die Rolle des optischen Flusses. Der vorgestellte Lernprozess bildet eine neue Hypothese darüber, wie fliegende Insekten ihre Navigations- und Pilotierungsfähigkeiten, wie z. B. die Landung, im Laufe ihres Lebens verbessern.

Publikationen //

DE CROON, G.C.H.E., C. DE WAGTER, T. SEIDL. Enhancing optical-flow-based control by learning visual appearance cues for flying robots. *Nat Mach Intell* 3, 33–41 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42256-020-00279-7>

Projektinformationen //

Übersichtsvideo: https://www.youtube.com/watch?v=y_4MnWZVp2Y&feature=youtu.be

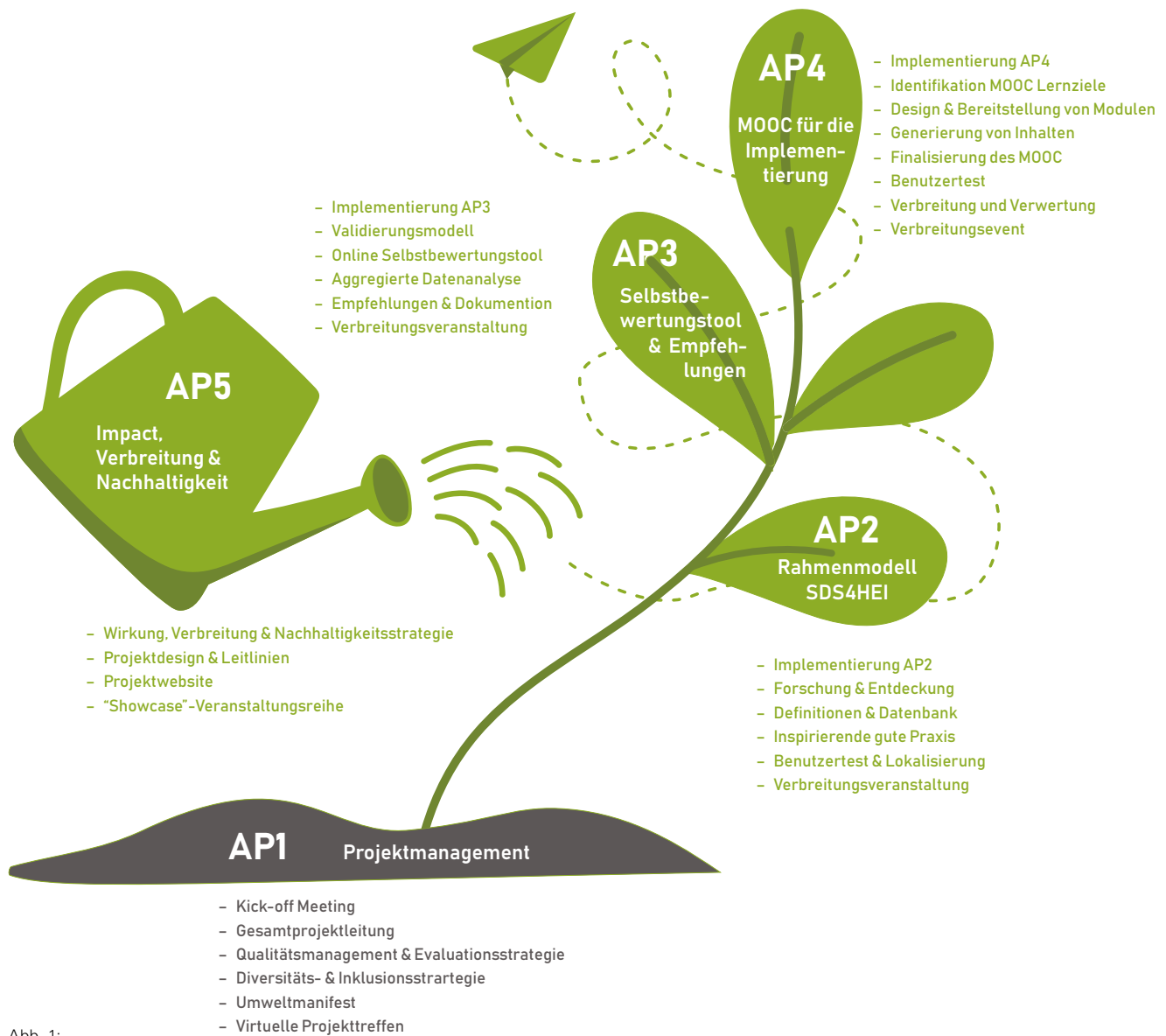


Abb. 1:
SDS4HEI-Arbeitsplan

Projektpartner



Gefördert durch:



**Co-funded by
the European Union**

SDS4HEI

Strategien für nachhaltige Entwicklung an Hochschulen

Ob Klimawandel, Energiekrise oder die Covid-19-Pandemie, europäische Gesellschaften stehen vor einer wachsenden Zahl globaler Herausforderungen, die es langfristig zu bewältigen gilt. Dabei spielt nachhaltige Entwicklung, in ihren drei Dimensionen ökologisch, ökonomisch und sozial, eine entscheidende Rolle. Sie soll sicherstellen, dass gegenwärtige Gesellschaften ihre Bedürfnisse befriedigen können, ohne die Bedürfniserfüllung künftiger Generationen zu gefährden. Die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs) dienen hierfür als globaler Rahmen. Hochschulen prägen durch ihre Hauptfunktionen „Bildung, Forschung und Transfer“ sowie durch ihre „Third Mission“ den Wandel entscheidend mit. Sie sind Impulsgeber für Innovationen, Lehrort künftiger Führungskräfte und wichtiger Akteur der regionalen und sozialen Entwicklung. Wie können Hochschulen in Europa dabei unterstützt werden, nachhaltige Entwicklung strategisch zu verankern?

SDS4HEI

Mit dem Erasmus+ Projekt „Sustainable Development Strategies for Higher Education Institutions / SDS4HEI“ hat sich das Institut Arbeit und Technik mit fünf europäischen Partnern, unter anderem aus dem Bereich Hochschule und digitale Pädagogik, zusammengeschlossen. Ziel ist es, gemeinsam in der Projektlaufzeit (01/09/2022 – 28/02/2025) europäischen Hochschulen Instrumente an die Hand zu geben, um die Entwicklung und Umsetzung von Nachhaltigkeitsstrategien sowie die Integration der SDGs zu fördern. Durch Sensibilisierung, das Aufzeigen von Möglichkeiten zur Anpassung von Curricula, die Bereitstellung neuer, innovativer Lehr- und Lernmethoden sowie anhand von Beispielen „guter Praxis“ sollen Wissen und „Nachhaltigkeitskompetenzen“ vermittelt werden. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf der Vermittlung „grüner“ Kompetenzen in wirtschaftsbezogenen Studiengängen und den MINT-Fächern, um langfristig einen Beitrag zur sozial-ökologischen Transformation der Wirtschaft zu leisten.



Dr. Judith Terstriep

Direktorin des FSP
»Innovation, Raum & Kultur«, Institut Arbeit und Technik
terstriep@iat.eu



Jessica Siegel

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
»Innovation, Raum & Kultur«, Institut Arbeit und Technik
siegel@iat.eu

Mit Strategie zu den Zielen

Das Projekt gliedert sich in fünf Arbeitspakete, wobei das erste das Projektmanagement betrifft und das letzte die Kommunikation nach außen. Im Arbeitspaket 2 dienen wissenschaftliche Literaturrecherche, Online-Befragung, Interviews mit Fokusgruppen und die Sammlung von Beispielen „guter Praxis“ der Bedarfsanalyse sowie der Erstellung eines praxisorientierten Handbuchs für Hochschulen. Erfolgreiche Strategien und Leitfäden aus anderen Sektoren werden analysiert und angepasst, inspirierende Beispiele als „Fallstudien“ veröffentlicht und eine Online-Datenbank mit Nachhaltigkeitsstrategien erstellt. Das Handbuch soll schließlich Hochschulen dabei helfen, Nachhaltigkeit strategisch weiterzuentwickeln, Stellschrauben zu identifizieren, und die UN-Nachhaltigkeitsziele als Eckpfeiler der Hochschulaktivitäten und -politik zu integrieren.

Selbstbewertung

SDS4HEI verfolgt einen „whole-of-campus“-Ansatz, bei dem Hochschulleitung, nicht-akademisches wie akademisches Personal, Studierende und Stakeholder gleichermaßen motiviert und einbezogen werden sollen. Im Arbeitspaket 3 stellt das Projekt Selbstbewertungstools („Self-Assessment-Tools“) für Hochschuleinrichtungen bereit. So soll Mitarbeitenden und Lehrenden die Möglichkeit gegeben werden, ihre bisherigen Nachhaltigkeitspraktiken zu validieren. Die Analyse dieser Daten ermöglicht die Identifikation von Trends und Mustern sowie die Formulierung weiterer Handlungsempfehlungen. Die ausgesprochenen Empfehlungen sollen sich vor allem auf den Einfluss von Hochschulen auf unternehmerische Tätigkeiten, die Region, die Gesellschaft und politische Entscheidungen konzentrieren.

Innovative Lern- und Lehrstrategien

Hochschulen stehen unter Druck, Studierenden sowie der Gesellschaft neue Fähigkeiten zu vermitteln. Neue Aktivitäten des „transformativen Lernens“, bei denen Interdisziplinarität, handlungsorientiertes Lernen und die Einbindung vielfältiger Akteure im Vordergrund stehen, werden nötig. Im 4. Arbeitspaket wird das bis dahin gesammelte Wissen genutzt, um digitale Lern- und Lehrangebote zu entwickeln. Herzstück der digitalen Arbeit ist die Erstellung studierendenorientierter, modularer und allgemein zugänglicher Massive-Open-Online-Courses (MOOCs). Multimediale, digitale Inhalte werden neues Wissen und Kompetenzen vermitteln und dazu motivieren, bestehende Strategien zu reflektieren. Außerdem werden Unterrichtsideen und -materialien bereitgestellt. Angedacht sind ebenfalls Kursdesigns mittels Künstlicher Intelligenz (KI) sowie virtuelle Lernumgebungen.

Fazit

Nachhaltige Entwicklung ist längst zu einem Schlagwort geworden, das Politik, Ökonomie und Gesellschaft gleichermaßen erfasst hat. SDS4HEI macht es sich zur Aufgabe, dieses vieldeutige Wort gemeinsam mit europäischen Hochschulen in konkrete Ideen, strategische Pläne und machbare Ziele zu übersetzen. Die Open-Access-Strategie stellt außerdem alle Ergebnisse sowie Lern- und Lehrmaterialien für die Öffentlichkeit bereit und fördert so aktiv solidarisch denkende und handelnde Bürgerinnen und Bürger.

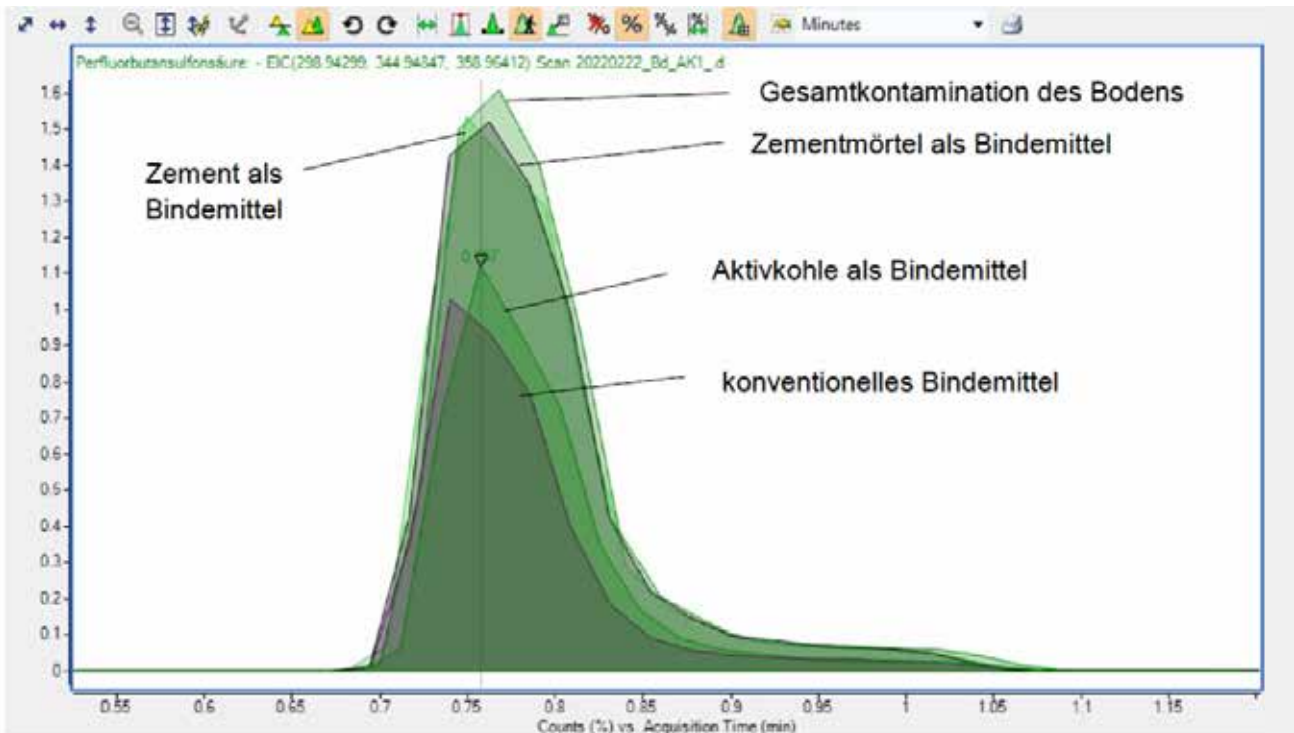


Abb. 1:

LC-MS-Ergebnisse für die Bewertung verschiedener Bindemittel bei der Fixierung von Perfluorbutansulfonsäure (PFBS). Zu erkennen ist eine Abnahme der Peakflächen beim Einsatz von Bindemitteln relativ zur Gesamtkontamination des Bodens. Diese Abnahme fällt jedoch weniger deutlich aus als bei PFOA (Abbildung 2). Die Wirksamkeit des konventionellen Bindemittels entspricht der von Aktivkohle.

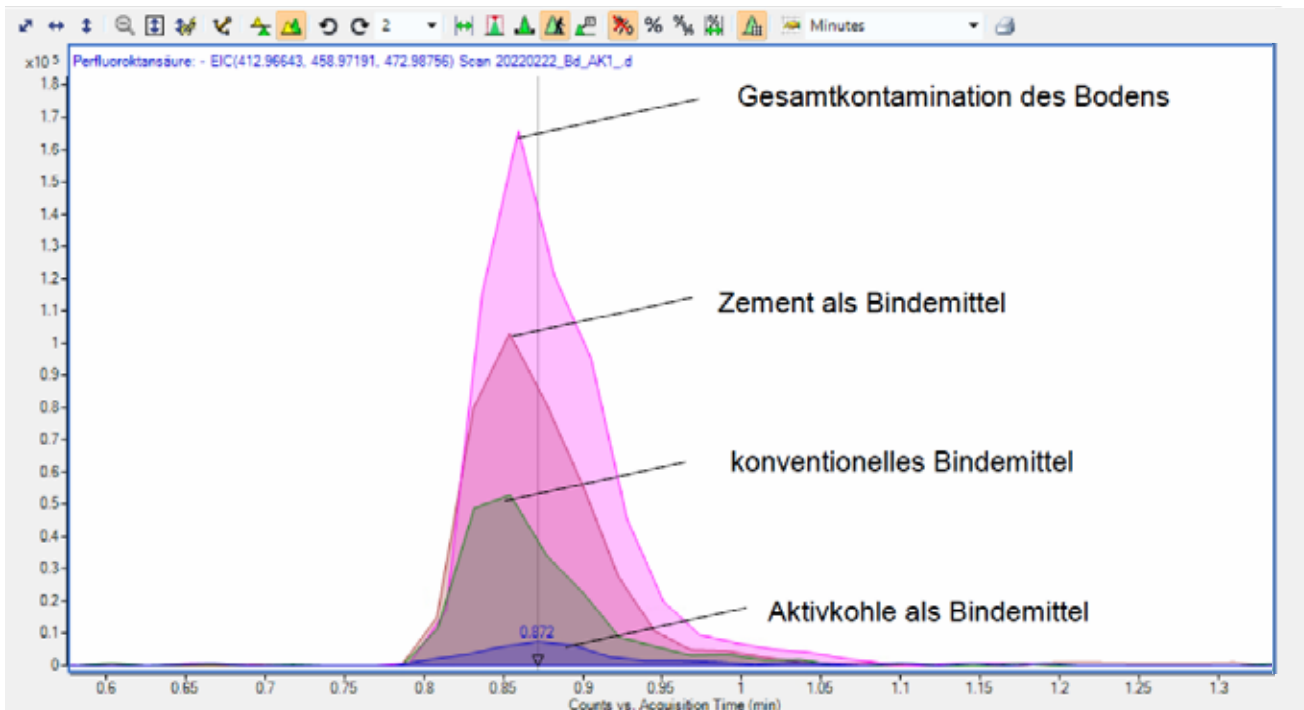


Abb. 2:

LC-MS-Ergebnisse für die Bewertung verschiedener Bindemittel bei der Fixierung von Perfluoroktansäure (PFOA). Zu erkennen ist eine deutliche Abnahme der Peakflächen beim Einsatz von Bindemitteln relativ zur Gesamtkontamination des Bodens. Bei Einsatz der Aktivkohle als Bindemittel wurde die geringste Konzentration an PFOA im Extrakt gefunden. Folglich wurde dieses PFAS wirksam von der Aktivkohle fixiert.

Projektinformationen //

Projektthema:

„Untersuchung der Fixierung von PFAS in belasteten Böden als Maßnahme zum Schutz von Süßwasserreserven für die Wasserversorgung“

Projektzeitraum: 1. April 2021 bis 31. März 2022

Fördervolumen der WH: 50.000 € – im Rahmen der Research Challenge Förderlinie 1 im Themengebiet „Wasserversorgung 2030“

Forschungsteam: Lars Schween, Janina Macri, Victoria Jendrejewski, Felix Becker, Christopher Flucke, Jan Blocki, Marcel Peichert, Patricia Czeresniowski, Benjamin Switon, Bianca Wiecezorek

PFAS – Chemikalien für die Ewigkeit

Schöpferisch tätig zu sein, ist eine der wesentlichen Eigenschaften, die den Menschen auszeichnet. Manche seiner Erzeugnisse überdauern mehrere Jahrhunderte und bleiben so vielen Generationen erhalten. Was bei Bauwerken ein wünschenswertes kulturelles Zeugnis menschlichen Wirkens darstellt, bildet bei vielen Industrieprodukten mitunter ein gefährliches Erbe. Hierzu zählen insbesondere die per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS), die seit den späten 1940er Jahren in einer Vielzahl von industriellen Prozessen und bei der Herstellung von Verbrauchsmaterialien Anwendung finden [1]. Zu den technologisch besonders wertvollen Eigenschaften dieser Industriechemikalien gehören zum einen ihre hohe thermische Stabilität und zum anderen ihre Fähigkeit, zugleich wasser-, fett- und schmutzabweisend zu sein. Aufgrund dieser Eigenschaften finden Vertreter dieser Stoffgruppe für wasserabweisende und atmungsaktive Funktionskleidung, fett- und wasserabweisende Papierverpackungen, in Kosmetika, antihafbeschichteten Küchenutensilien oder für hitzebeständige Löschsäume Anwendung [2, Seite 15–18].

Umweltrelevanz von PFAS

Die umwelt- und gesundheitsschädlichen Eigenschaften der PFAS waren in den ersten Jahrzehnten der Produktion nicht bekannt. Folglich wurden sie während der gesamten Produktlebenszyklen in die Umwelt emittiert. So konnten sie sich über Jahrzehnte aufgrund ihrer Abbauresistenz in der Umwelt verteilen und ansammeln. Behördliche Untersuchungen ergaben, dass vor allem Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA) sowohl auf die Umwelt als auch auf uns Menschen toxisch wirken. Steigende Fallzahlen von Krebs, Alzheimer, Diabetes und Parkinson konnten mit einer PFAS-Exposition der Patientinnen und Patienten in Verbindung gebracht werden [3] [4]. Der Nachweis toxischer Wirkung führte mit ganz wenigen Ausnahmen zu einem weltweiten Verbot von PFOS und PFOA. Dass Produktion und Verwendung dieser Verbindungen bereits stark eingeschränkt oder eingestellt wurden, ändert nichts mehr an der Tatsache, dass sie sich bereits vielerorts in gefährlichen Mengen angesammelt haben. Vor allem über kontaminierte Böden können PFAS in die Nahrungskette und den Wasserkreislauf gelangen. Nach aktuellem Stand ist eine vollständige Entfernung der PFAS nur durch Hochtemperaturbehandlung möglich, wobei der Boden seine biologische Funktion verliert. Zudem können PFAS-haltige Böden deponiert werden, was bei der Menge an kontaminierten Böden jedoch auch keine langfristige Lösung darstellt [5]. Um die Ausbreitung in den Wasserkreislauf dennoch zu verlangsamen bzw. zu verhindern, wurden verschiedene Bindemittel zur Immobilisierung der PFAS in kontaminierten Böden entwickelt [6].

Projektziel

Ziel dieser im Rahmen der Research Challenge zum Thema „Wasserversorgung 2030“ durchgeführten Untersuchung war es daher, einerseits die Effizienz eines auf dem Markt verfügbaren Bindemittels bei der Fixierung von PFAS in kontaminierten Böden zu untersuchen. Andererseits sollte versucht werden, alternative Bindemittel zu entwickeln, die sich durch hohe Bindeeffizienz, leichte Anwendbarkeit und einen günstigen Preis auszeichnen.

Untersuchung der Wirksamkeit von Bindemitteln

Zu diesem Zweck wurden im Labor Bodenproben definiert mit einer Mischung umweltrelevanter PFAS künstlich kontaminiert. Diese Bodenproben wurden sowohl unbehandelt als auch nach der Beimischung von einem Gewichtsprozent diverser Bindemittel einer automatischen Extraktion mit Wasser unterzogen. Die wässrigen Extrakte wurden dann mit Flüssigkeitschromatografie chromatografiert und die dadurch getrennten PFAS mit hochauflösender Flugzeitmassenspektrometrie (QTOF) qualifiziert und quantifiziert.



**Prof. Dr.
Ingo Tausendfreund**
ingo.tausendfreund@
w-hs.de
(Foto:
Dorothee Schumacher)

Ergebnisse

Im Extrakt des Bodens ohne Zugabe eines Bindemittels konnte mit der Analysetechnik die bei der Kontamination zugegebene Menge an PFAS wiedergefunden werden. Der unbehandelte Boden zeigte folglich keine Rückhaltefähigkeit für die perfluorierten Umweltchemikalien. Der Einsatz des auf dem Markt erhältlichen Bindemittels lieferte eine wirksame Fixierung der PFAS.

Kurzkettige PFAS wurden dabei deutlich weniger gebunden und gelangten so noch immer in großer Menge in das Extrakt. Der Test alternativer Bindemittel ergab ein ähnliches Bild. Als besonders effizient erwies sich Aktivkohle, die jedoch auch bei kurzkettigen PFAS wie Perfluorbutansäure (PFBA) und Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) eine deutlich geringere Bindungsfähigkeit aufwies (Abbildung 1). Bei Perfluorooctansäure (PFOA) übertraf die Wirksamkeit der Aktivkohle sogar die Leistungsfähigkeit des konventionellen Bindemittels (Abbildung 2). Da Aktivkohle jedoch in Böden verrottet, ist mit ihr keine dauerhafte Fixierung von PFAS möglich. Bei der Fortführung der Forschungsarbeiten soll versucht werden, die Aktivkohle mit einer anorganischen Hülle zu verkapseln, um eine langfristige Immobilisierung persistenter PFAS zu gewährleisten.

Publikationen //

- [1] CHEM Trust, 2019. *PFAS – Die 'ewigen Chemikalien': Unsichtbare Bedrohung durch persistente Chemikalien*. https://chemtrust.org/de/wp-content/uploads/sites/2/2020/02/CHEM-Trust-PFAS_Briefing_German_final.pdf.
- [2] KOWALCZYK, J., 2014. *Übergang von Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) aus kontaminierten Futtermitteln in ausgewählte Gewebe des Mastschweins und der Legehennen* [Dissertation]. Berlin. <https://www.bfr.bund.de/cm/350/uebergang-von-perfluorooctansaeure-pfoa-und-perfluorooctansulfonsaeure-pfos.pdf>.
- [3] MASTRANTONIO, M. et al. Drinking water contamination from perfluoroalkyl substances (PFAS): an ecological mortality study in the Veneto Region, Italy. In: *European Journal of Public Health*, Volume 28, Issue 1, February 2018, Pages 180–185.
- [4] LEWIS, R. C., L. E. Johns, J. D. Meeker. 2015. Serum Biomarkers of Exposure to Perfluoroalkyl Substances in Relation to Serum Testosterone and Measures of Thyroid Function among Adults and Adolescents from NHANES 2011–2012 In: *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12(6), 6098–6114. <https://doi.org/10.3390/ijerph120606098>.
- [5] PFAS. Gekommen um zu bleiben. *Das Magazin des Umweltbundesamtes*. 1/2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2020-pfas-gekommen-um-zu-bleiben>.
- [6] SCHWEEN, L., J. MACRI. Entwicklung und Optimierung einer automatisierten LC/Q-TOF-Methode zur Untersuchung der Wirksamkeit eines kommerziellen Bindemittels bei der Fixierung von PFAS in kontaminierten Böden (2021). Bachelorarbeit von Schween und Macri.

Projektunterstützung //

Das Forschungsprojekt wurde unterstützt durch Frau Dr. Verena Stenert von der Cornelsen Umwelttechnologie GmbH aus Essen.

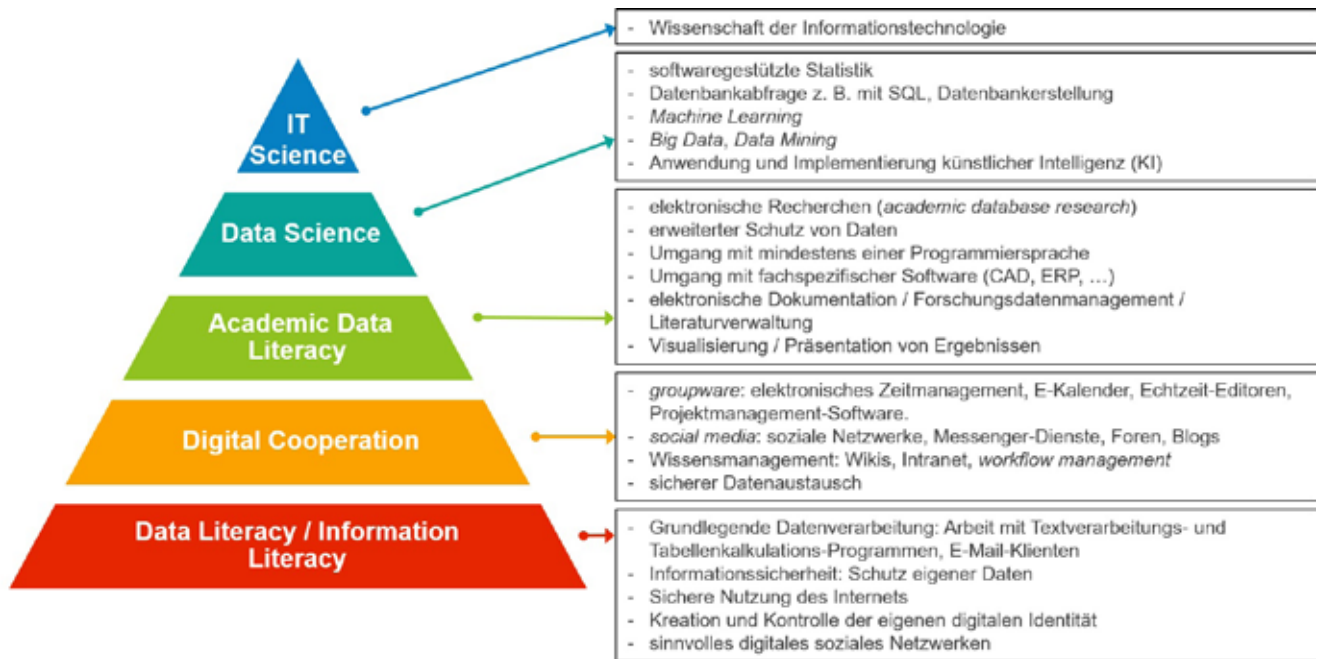


Abb. 1:

Hierarchische Ebenen der digitalen Kompetenzen, wie sie für dieses Projekt genutzt wurden.

Einordnung vorgenommen von M. Fischer und H. Beismann.

Projektförderung



Ministerium für
Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen



**Westfälische
Hochschule**

Maßnahmen zur Verankerung von Digitalisierung und Nachhaltigkeit im Studiengang „Sustainable Engineering and Management“ – digiSEM

Für den Studiengang „Sustainable Engineering and Management“ (SEM) wurde erarbeitet, wie die Zielgruppe junger engagierter Menschen – für die das Thema Nachhaltigkeit einen hohen Stellenwert im Leben einnimmt und die bereit sind, mit modernen digitalen Methoden, einen Beitrag zu einer nachhaltigen Zukunft zu leisten – am besten digital unterstützt werden kann. Dabei ging es zunächst darum einen Leitfaden zu entwickeln, der den Studierenden ermöglicht, ihre eigene digitale Identität zu kreieren und zu gestalten und diese bewusst vor Missbrauch zu schützen. Darüber hinaus wurden Vorschläge erstellt, wie die Studierenden fächerübergreifend digitale Kompetenzen erwerben können sowie Vorschläge für die Dozierenden, welche digitalen Werkzeuge geeignet erscheinen. Damit ein digitaler Kompetenzerwerb gelingen kann, wurden bereits bestehende Module weiterentwickelt, so dass Kompetenzen im Bereich digitale Kollaboration stärker verankert werden. Dies soll, nach einer kurzen Einführung in die entsprechende Software, durch die Anwendung bei einer Zusammenarbeit mit mittelständischen Unternehmen erfolgen. Dazu wurden auf die jeweiligen Bedürfnisse zugeschnittene digitale Angebote erarbeitet, die eine Ergänzung und Erweiterung der Module in Richtung „Anwendung digitaler Instrumente“ ermöglichen. Weiterhin wurden Vorschläge ausgearbeitet, wie die Studierenden an der Nachhaltigkeit des eigenen Studiengangs zukünftig aktiv mitwirken können.

Der digitale Kompetenzerwerb orientiert sich dabei an der erstellten digitalen Kompetenz-Pyramide (Abbildung 1).

Ergebnisse

Die Kreation und Kontrolle der eigenen digitalen Identität

Durch Informationen, die wir selbst und andere, z. B. über soziale Netzwerke, über uns in das Internet bringen, ergibt sich in der Gesamtheit unsere digitale Identität. Es wurde ein Leitfaden entwickelt, der Studierenden, aber auch den Dozierenden aufzeigt, welche Aspekte heute zu einer digitalen Identität gehören und wo die Risiken und Chancen liegen. Der Leitfaden erläutert die Hintergründe, aus denen möglicherweise Risiken bei der Nutzung von Social Media erwachsen und auf was geachtet werden muss, um diese Risiken zu vermeiden. Der Leitfaden erklärt darüber hinaus, wie eine vorteilhafte Darstellung gelingt und welche Netzwerkmitgliedschaften empfohlen werden.

Digitale Arbeitsorganisation durch virtuelle Kooperationen

Eine Übersicht über nicht-fachspezifische Online-Werkzeuge wurde erstellt, um Dozierenden und Studierenden die Auswahl von Tools zu erleichtern, die im gesamten Studiengang anwendbar sind. Dabei fanden Kriterien wie Sicherheit, Verfügbarkeit und Verwendung in mittelständischen Unternehmen Berücksichtigung. Die Übersicht wurde für die Westfälische Hochschule zusammengestellt und orientiert sich stark an den dortigen Möglichkeiten.



Prof. Dr. Heike Beismann
Westfälisches Institut für Bionik
heike.beismann@w-hs.de

Nachhaltigkeit des Studiengangs

In einem Workshop wurde erarbeitet, welche Aspekte den Studierenden für eine nachhaltige Gestaltung des Studiengangs besonders wichtig sind. Zudem wurde festgehalten, wie die Nachhaltigkeit des Studiengangs kontinuierlich weiterentwickelt werden kann.

Kompetenzerwerb der Absolventinnen und Absolventen

Die Ergebnisse des Projekts tragen dazu bei, dass die Studierenden flexibel und agil die notwendigen Plattformen zum Management von Projekten nutzen können, da sie in der Lage sind, digitale Instrumente für die Kommunikation zwischen verschiedenen Stakeholdern und Akteuren, die für die Umsetzung von Nachhaltigkeitsprojekten relevant sind, auszuwählen und zu bedienen. Dadurch können sie die Chancen und Risiken digitaler Werkzeuge besser einschätzen und besitzen eine größere Kontrolle über die eigene digitale Identität. Darüber hinaus soll eine Implementierung der digitalen Kompetenzvermittlung gemäß unserer Vorschläge die Studierenden befähigen, flexibel zwischen digitalen und analogen Werkzeugen zu wechseln und geeignete Methoden zur gemeinsamen Bearbeitung von Projekten auszuwählen.

Projektinformationen //

Förderprojekt digSEM im Rahmen des Wettbewerbs Curriculum 4.0.nrw

Projektleitung: Prof. Dr. Heike Beismann

Projektdurchführung: Matthias Fischer

Förderprojekt: „Curriculum 4.0.nrw“, Wettbewerb zur Weiterentwicklung der bestehenden Hochschulcurricula dahingehend, dass Medienkompetenz und fachspezifische digitale Kompetenz stärker verankert werden.

Förderer: Westfälische Hochschule gemeinsam mit MKW und DH.NRW

Fördersumme: ca. 80.000,- Euro

Projektzeitraum: 1.4.2022 bis 31.3.23

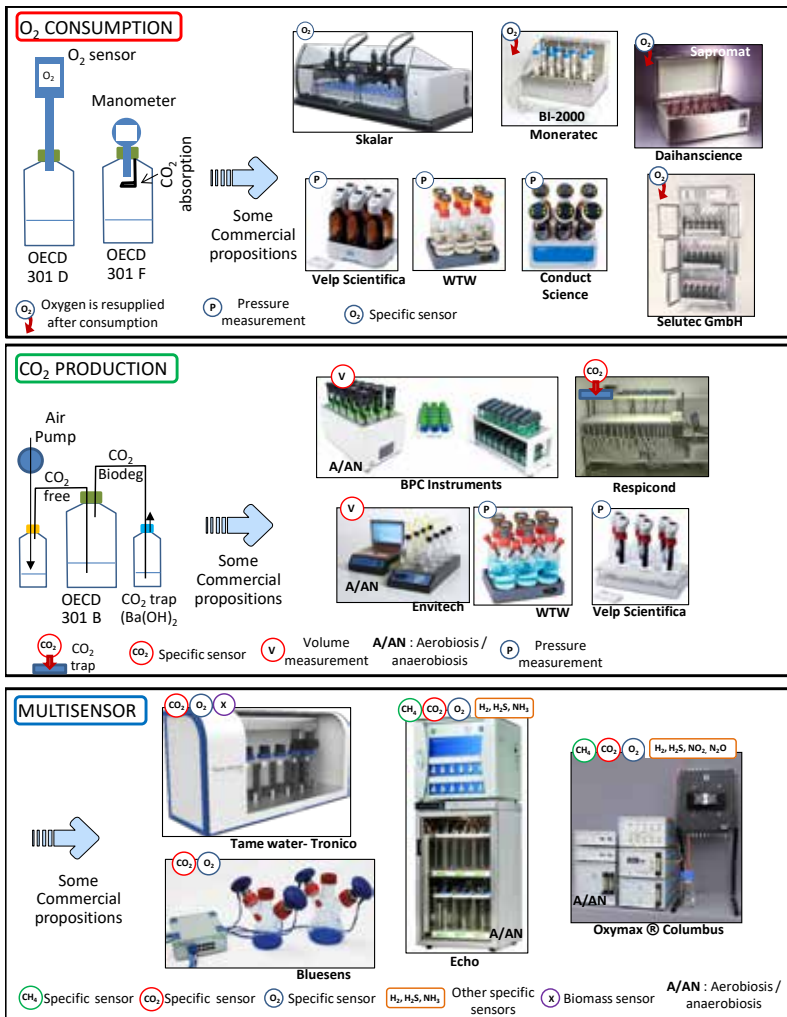


Abb. 1 (aus [1]):
Prinzip der OECD 301 D, F und B Testverfahren und deren kommerziell erhältliche Umsetzungen

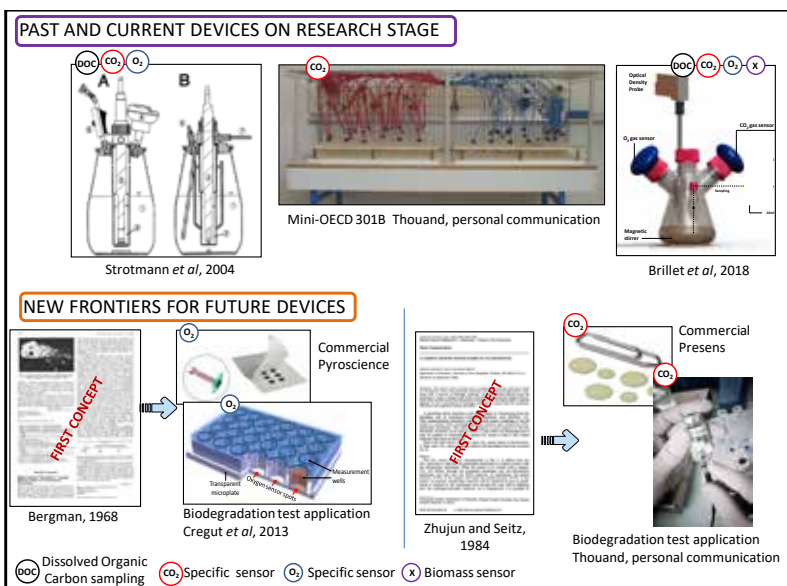


Abb. 2 (aus [1]):
Neue technische Modelle im Entwicklungsstadium, einschließlich neuer Opto-Sensoren für O₂ und CO₂. Die Miniaturisierung der Sensoren erlaubt einen hohen Probandendurchsatz bei Stoffprüfungen. Die ersten Publikationen verdeutlichen den Zeitraum zwischen der Entwicklung der Optoden und dem Gebrauch in Laboratorien.

Publikationen und Quellen //

- [1] STROTMANN, U., G. THOUAND, U. PAGGA, S. GARTISER, H. J. HEIPIEPER. (2023). Toward the future of OECD/ISO biodegradability testing-new approaches and developments. In: *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 107, 2073-2095.
- [2] GARTISER, S., A. BRUNSWIK-TITZE, F. FLACH, T. JUNKER. (2023). Further development of screening tests for the evaluation of potential PBT substances. Final report FKZ 3718 65 410 0 on behalf of the German Environment Agency, UBA Texte 10/2023, January 2023.
- [3] KOWALCZYK, A., T. J. MARTIN, O. R. PRICE, J. R. SNAPE, R. A. VAN EGMOND, C. J. FINNEGAN, H. SCHÄFER, R. J. DAVENPORT, G. D. BENDING. (2015). Refinement of biodegradation test methodologies and the proposed utility of new microbial ecology systems. In: *Ecotoxicol Environ Saf.* 111:9-22.
- [4] STROTMANN, U., S. ZAREMBA, W. R. BIAS. (1992). Rapid toxicity tests for the determination of substance toxicity to activated sludge. In: *Acta Hydrochim Hydrobiol* 20(3):136-142.
- [5] STROTMANN, U., D. PASTOR FLORES, O. KONRAD, C. GENDIG. (2020). Bacterial Toxicity Testing: Modification and Evaluation of the Luminescent Bacteria Test and the Respiration Inhibition Test. In: *Processes* 2020(8):1349.
- [6] STROTMANN, U., P. REUSCHENBACH, H. SCHWARZ, U. PAGGA. (2004). Development and evaluation of an online CO₂ evolution test and a multi-component biodegradation test system. In: *Appl Env Microbiol* 70:4621-4628.
- [7] BRILLET, F., M. CEGUT, M. J. DURAND, C. SWEETLOVE, J. C. CHENÈBLE, J. L'HARIDON, G. THOUAND. (2018). Biodegradability assessment of complex chemical mixtures using a carbon balance approach. In: *Green Chem.* 20(5):1031-1041.
- [8] THOUAND, G., M. J. DURAND, A. MAUL, C. GANCET, H. BLOK. (2011). New concept in the evaluation of biodegradation/persistence of chemical substances using a microbial inoculum. In: *Front Microbiol* 2:1-6.
- [9] PIZZO, F., A. LOMBARDO, A. MANGANARO, E. BENFENATI. (2013). In silico models for predicting ready biodegradability under REACH: a comparative study. In: *Sci Total Environ* 463-464:161-168.
- [10] MARTINEZ-LAVANCHY, P. M., Z. CHEN, V. LUENSMANN, V. MARIN-CEVADA, R. VILCHEZ-VARGAS, D. H. PIEPER, N. REICHE, U. KAPPELMEYER, V. IMPARATO, H. JUNCA, I. NIJENHUIS, J. A. MUELLER, P. KUSCHK, H. J. HEIPIEPER. (2015). Microbial toluene removal in hypoxic model constructed wetlands occurs predominantly via the ring monooxygenation pathway. In: *Appl Environ Microbiol* 81:6241-6252.

Neue Entwicklungen und Perspektiven zur biologischen Abbaubarkeit von Chemikalien insbesondere in OECD- und ISO-Tests

Die biologische Abbaubarkeit von Chemikalien ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung von Chemikalien. In diesem Zusammenhang sind Testverfahren von der OECD, ISO und CEN genormt worden, um einheitliche, weltweit akzeptierte Methoden an der Hand zu haben, die auch immer mehr in regulatorische Bereiche (REACH) hineinspielen. Die dabei gewonnenen Daten werden u.a. für die Beurteilung der Persistenz von Stoffen genutzt. Durch die aktuelle globale Nachhaltigkeitsdiskussion gewinnen insbesondere diese Daten eine besondere Bedeutung.

Testverfahren, deren Möglichkeiten und Optionen zur Weiterentwicklung

Die bisherigen Testverfahren wurden ab den späten 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelt und genormt. Dabei war es wichtig, die Verfahren laufend weiter zu entwickeln. Auf diese Weise wurde insbesondere von der OECD ein gestuftes System von Testverfahren etabliert, das eine sehr hohe Komplexität aufweist. Darin gibt es prinzipiell Verfahren zur Bestimmung der leichten biologischen Abbaubarkeit (ready biodegradability), der inherenten Abbaubarkeit (inherent biodegradability) und Simulationstests (simulation tests). Die stringentesten Tests sind dabei die Tests auf ready biodegradability, während die Simulationstests die höchste Abbildungsgenauigkeit zeigen, aber auch sehr kostenintensiv sind.

Der biologische Abbau wird durch ein Konsortium aus verschiedenen Mikroorganismen (Inokulum) geleistet, die organische Verbindungen zu Kohlendioxid und Wasser (aerobe Bedingungen) oder zu Methan und Kohlendioxid (anaerobe Bedingungen) abbauen. In Abbautests wird dieser Abbau unter Laborbedingungen nachgestellt (Abb. 1 und 2). Durch viele methodische Neuentwicklungen in den letzten Jahren ist es notwendig geworden, den „state of the art“ in einem Review darzustellen und auch kritische Punkte für weitere Verbesserungen und Neuentwicklungen zu benennen [1].



Prof. Dr. Uwe Strotmann
Westfälische Hochschule
uwe.strotmann@w-hs.de



Dr. Udo Pagga
Ludwigshafen
udo.pagga@t-online.de



Prof. Dr. Gerald Thouand
Universität Nantes, Frankreich
gerald.thouand@univ-nantes.fr



Dr. Stefan Gartiser
Hydrotox GmbH, Freiburg
gartiser@hydrotox.de

Dort werden u.a. folgende Punkte eingehend diskutiert, die für die Weiterentwicklung von genormten Testverfahren eine große Rolle spielen können:

- Bedeutung von „ready biodegradability“-Tests und deren Weiterentwicklung zu „modified“ und „enhanced biodegradability“-Tests [2, 3],
- Abbau von Polymeren,
- anaerobe Abbauprozesse,
- Bedeutung von Inokula und deren Charakterisierung,
- Entwicklung eines neuen Konzeptes zur Beurteilung der Adaptationsfähigkeit von Inokula (biodegradation adaptation potential),
- Bedeutung der Testkonzentrationen in den verschiedenen Testsystemen,
- Einfluss von toxischen Stoffen [4, 5],
- Optimierung von Testparametern (Volumen, pH-Wert, Analytik),
- Bedeutung von Referenzsubstanzen,
- begleitende chemische Analytik und deren Grenzen,
- Schwierigkeiten bei schwer wasserlöslichen und leichtflüchtigen Stoffen,
- Neuentwicklung von kombinierten Testverfahren [6, 7] zur Aufstellung von C-Bilanzen,
- Automatisierung von Testverfahren,
- Vorhersagbarkeit von Testergebnissen mit Hilfe von Rechenmodellen (QSAR, Probabio) [8, 9].

Ausblick

Ein Ausblick hinsichtlich der praktischen Anwendbarkeit dieses Methodenpakets wurde für die Bereiche der Bodensanierung [10] und des Abbaus von Polymeren (wasserlösliche und feste Polymere, Mikroplastik) gegeben. Ein weiteres expandierendes Themenfeld für die Zukunft wird vor allem den Abbau von UVCBs (Mischungen von chemischen Stoffen mit variabler Zusammensetzung) betreffen, da diese Stoffe in sehr vielen Produkten vorkommen, die direkt beim Konsumenten landen und für die erst noch neue oder modifizierte Abbauprozesse entwickelt werden müssen. Die weitere Entwicklung wird also auch in Zukunft sehr spannend bleiben.



Dr. Hermann J. Heipieper
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ
hermann.heipieper@ufz.de

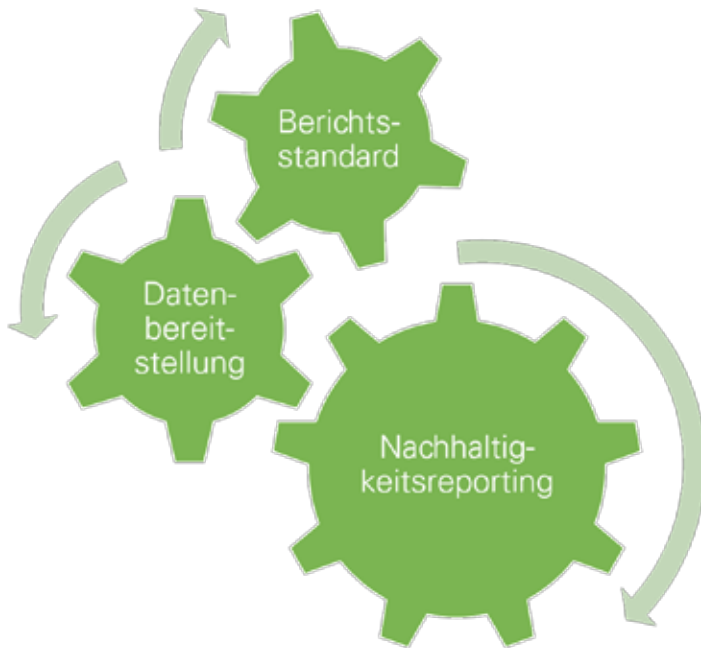


Abb. 1:
Methodisches Vorgehen bei den Interviews und Befragungen des Nachhaltigkeitsreportings in KMU des Westmünsterlands

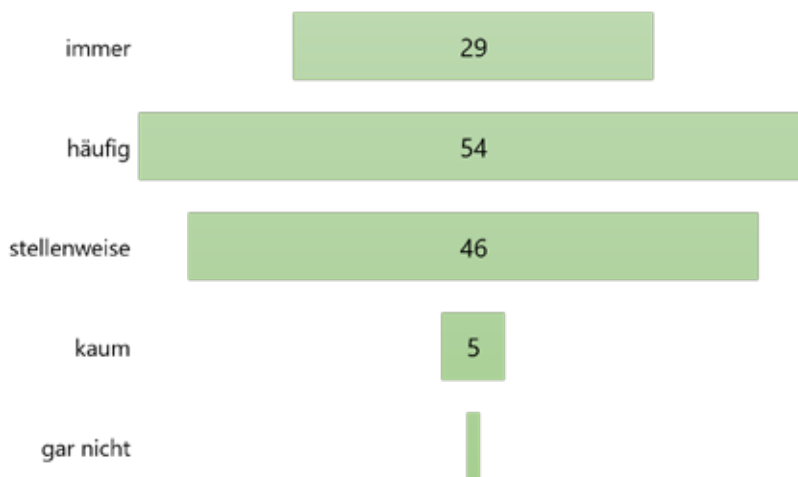


Abb. 2:
Befragung: Wie oft setzen sich Unternehmen mit Nachhaltigkeit auseinander (Eingegangene Antworten: 179)

Schwierigkeiten	N	%
Ressourcenaufwand	70	64,2%
Datenbereitstellung	65	59,6%
Erzielung eines Nutzens	46	42,2%
Berichtgenerierung	36	33,0%
Akzeptanz im Unternehmen	30	27,5%
Fehlende Kompetenz	25	22,9%
Kompatibilität mit gesetzlichen Vorgaben	22	20,2%
Kompatibilität Vorgaben aus der Supply Chain	10	9,2%
Weitere	4	3,7%
Keine Angabe	6	5,5%

Tab. 1:
Ergebnisse aus der Online-Befragung
(Eingegangene Antworten: 179)

Das Projekt und die Befragung wurde durch die interne Hochschulförderung gefördert.

Die Befragung wurde durch die IHK Nord Westfalen unterstützt.

Digitales Nachhaltigkeitsreporting für KMU – Bedarfsanalyse, Konzeption, prototypische Umsetzung

Motivation

Angesichts der wachsenden Bedeutung des Themas Nachhaltigkeit im gesellschaftlichen Diskurs, zeichnet sich auch aus unternehmerischer Sicht das Erfordernis zur Implementierung von Nachhaltigkeitsaspekten in bestehende Berichts- und Kontrollsysteme ab. Stakeholder wie insbesondere Kunden und Gesetzgeber formulieren zunehmend entsprechende Anforderungen, die sich auch auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in der Region des Westmünsterlands auswirken.

Ausgehend von einem im Sommersemester 2022 durchgeführten Studienprojekt zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsstrategien in Unternehmen untersucht ein Team der Westfälischen Hochschule um Prof. Dr. Urs Pietschmann und Prof. Dr. Christian Kruse den aktuellen regionalen Stand der unternehmerischen Aktivitäten zur Nachhaltigkeitsberichterstattung. Das im September 2022 gestartete Forschungsprojekt „Digitales Nachhaltigkeitsreporting für KMU“ erstreckt sich über 12 Monate. Ziel des Projektes ist der Erkenntnisgewinn über Best Practices im Umgang mit den sich abzeichnenden Berichtsanforderungen sowie die digitale Unterstützung von Nachhaltigkeitsberichten von KMUs mittels prototypischer Umsetzung eines Assistenzsystems. Hierdurch sollen Unternehmen der Region in der Transformation zum nachhaltigen Wirtschaften unterstützt werden.

Methodisches Vorgehen

Das Forschungsprojekt ist in zwei Teilbereiche gegliedert. Zunächst werden über Interviews und Befragungen Herausforderungen des Nachhaltigkeitsreportings in KMU des Westmünsterlands herausgearbeitet, um anschließend Handlungsempfehlungen und digitale Unterstützungsmöglichkeiten zu entwickeln.

Die in der ersten Projekthälfte durchgeführten Befragungen waren dreistufig angelegt. In der ersten Stufe wurden drei leitfadengestützte Experteninterviews vor Ort bei regionalen Unternehmen durchgeführt. Die Erkenntnisse aus den Interviews dienen als

Grundlage zur Erstellung eines Onlinefragebogens. Dieser wurde in der zweiten Stufe mit neun weiteren regionalen Unternehmen als Pretest online-gestützt durchgeführt. Weitergehende Hinweise und Anmerkungen wurden zur weiteren Ausgestaltung und Analyse genutzt. Im Rahmen der Pretest-Phase entstand ein Kontakt zur IHK Nord Westfalen, mit deren Unterstützung eine groß angelegte dritte Befragungsstufe bei ca. 2000 regionalen KMU mittels eines Onlinefragebogens durchgeführt wurde. Darauf aufbauend werden durch statistische Analysen Aussagen verdichtet, um Handlungsempfehlungen und -erfordernisse für das Nachhaltigkeitsreporting von KMU des Westmünsterlands zu generieren und einen digitalen Werkzeugkasten zu gestalten.

Erste Erkenntnisse

Insgesamt haben 179 Unternehmen an der Befragung teilgenommen. In der Mehr-

zahl der Unternehmen wird Nachhaltigkeit bislang als Zusatzaufgabe von einzelnen Mitarbeitenden bearbeitet, häufig aber auch in der Geschäftsleitung. Zwar wächst die Bedeutung des Themas stetig, jedoch planen bislang nur wenige Unternehmen feste personelle Ressourcen dafür ein. Nahezu alle Unternehmen sehen sich derzeit vereinzelt Anfragen im Nachhaltigkeitskontext ausgesetzt. Über 55% erstellen bereits einen oder mehrere Berichte. Etwas weniger als 90% planen, vor dem Hintergrund der zunehmenden Erwartung von Auskunftsfähigkeit bis 2026 ein umfassendes Nachhaltigkeitsreporting aufgesetzt zu haben. Dabei ist den meisten Unternehmen jedoch noch nicht klar, welche Reportingstandards hierbei zur Orientierung genutzt werden.

Als Ergebnisse erwarten die Betriebe von einem Nachhaltigkeitsreporting am ehesten die Erfüllung gesetzlicher Kriterien. Zwar werden bereits Ziele in Bezug auf die ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit formuliert, die Operationalisierung und Professionalisierung in deren Steuerung bedarf aber noch weiterer Schritte. In 60% der Unternehmen werden Nachhaltigkeits Themen nicht budgetiert, weniger als die Hälfte hat eine Nachhaltigkeitsstrategie formuliert und Anreizsysteme werden bisher weniger häufig (etwa 15%) in Bezug auf nachhaltigkeitsorientierte Zielkriterien genutzt.

Interessanterweise betrachten die Unternehmen die Datenverfügbarkeit dennoch als „(sehr) gut“, wenngleich sie sich der großen Angewiesenheit auf die Mitwirkung von Mitarbeitenden, Lieferanten und Kunden für die Datenerhebung bewusst sind. Die Datenaufbereitung für nachhaltigkeitsrelevante Informationen betrachten die KMU neben dem Ressourcenaufwand als größte Schwierigkeit. Ein Großteil der Informationen wird bislang manuell und unstrukturiert erhoben. Diese geringe Automatisierung ist möglicherweise auf Skepsis gegenüber entsprechenden CSR-Softwarelösungen und deren Kosten-Nutzen-Verhältnis, insbesondere für KMU, zurückzuführen.

Ausblick

Die internetbasierte Bereitstellung des Online-Fragebogens erfolgte Mitte Januar 2023. In den Projektaktivitäten bis Sommer 2023 sollen die Ergebnisse detailliert analysiert und themen- und branchenspezifisch in Form eines Nachhaltigkeitskatalogs ausgewertet werden. Zudem ist eine weitere Vertiefung der Untersuchungen in Bezug auf die Rolle von IT vorgesehen, im Rahmen derer die funktionale Spezifikation und prototypische Implementierung eines digitalen Assistenten angestrebt wird.



Prof. Dr.

Urs Pietschmann


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



Prof. Dr.

Christian Kruse

Professor für Wirtschaftsinformatik
FB Wirtschaft und Informationstechnik, Bocholt
christian.kruse@w-hs.de



Herausgeber //

Westfälische Hochschule
Neidenburger Straße 43
45897 Gelsenkirchen

Verantwortlich //

Prof. Dr. Michael Brodmann
Vizepräsident für Forschung und Entwicklung

Redaktion //

Westfälische Hochschule
Forschung und Transfer
Felicia Plantikow-Voßgätter
www.technologietransfer.w-hs.de

Lektorat //

Felicia Plantikow-Voßgätter
Dr. Anja Becker

Layout //

Felicia Plantikow-Voßgätter

Druck //

Druckerei Schneider GmbH, Gelsenkirchen

Fotos/Abbildungen //

Westfälische Hochschule