



**FORSCHUNGS-  
BERICHT 2022 / 23  
DER THA**

**GENEINSAM  
GESTALTEN WIR  
DIE WELT**

# Inhalt

- 6 Projekte**
- 6 Exoskelett für das Kniegelenk**  
Carolin Sprenger, M. Eng., Projektleitung,  
Prof. Dr.-Ing. André Baeten
- 8 Ablenkung beim Autofahren**  
Evaluierung der Bedienkonzepte Haptik  
versus Touch im PKW  
Prof. KP Ludwig John
- 10 Additive Fertigung im Bauwesen**  
Basaltfaserverstärkter Beton-3D-Druck  
von Aussparungen  
Prof. Dr. Florian Kerber
- 12 KIraF – KI-basierte Roboterautomatisierung  
für Fügeprozesse**  
Prof. Dr.-Ing. Simon Dietrich
- 14 Paradigmenwechsel durch eHealth?**  
Ethische Aspekte des Software-Einsatzes  
in der Nachsorge  
Prof. Dr. László Kovács
- 16 Sichere Software für KMU**  
Prof. Dr. Dominik Merli
- 18 Stromversorgung in Krisensituationen**  
Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel, MBA
- 20 Wir sehen was, was Du nicht siehst**  
Infrastruktursensorik zur Unterstützung  
automatisierter Fahrzeuge  
Prof. Dr.-Ing. Carsten Markgraf
- 22 Das HSA-Normalverfahren**  
Neu entwickeltes Prüfverfahren  
für Abwasserdruckleitungen im Betrieb  
Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges
- 24 Zukünftiger Umgang mit Dränwasser**  
Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges
- 26 Umweltbewusstes Konsumverhalten**  
Eine Analyse auf der Basis europaweiter  
Haushaltsbefragungen  
Prof. Dr. Jens Horbach
- 28 Local-First Cooperation**  
Neuer Schwung für das Industrial  
Internet of Things  
Prof. Dr.-Ing. Honorary Doctor of ONPU  
Thorsten Schöler
- 30 KI in der Produktionsplanung**  
Prof. Dr. Björn Häckel
- 32 Multi-Gigabit-Drehübertrager**  
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Stolle
- 34 Emotionen im Fokus**  
User Experience individuell optimieren  
Prof. Dr.-Ing. Christian Märtin
- 36 Hochschulleben digital**  
Mit gP cycle zu neuer Campus-App und Badges  
Prof. Dr. Michael Kipp
- 38 Netzwerk digitale Supply Chains**  
Bausteine für die sichere Digitalisierung  
von Prozessketten in KMU  
Prof. Dr. Michael Krupp
- 40 Vereint durch Neugierde  
und Schaffensfreude**  
Warum Gründen und Forschen  
bestens zusammenpassen  
Prof. Dr. Norbert Gerth
- 42 MAI ACoSaLUS**  
Automated Composite Sandwich Lay-Up System  
– Automatisierte Composites-Fertigung für die  
Luftfahrtindustrie  
Prof. Dr.-Ing. Neven Majić
- 44 FPP-Strukturverhalten**  
Analyse des Strukturverhaltens  
von Fiber-Patch-Placement-Laminaten  
Prof. Dr.-Ing. André Baeten,  
Prof. Dr.-Ing. Neven Majić
- 46 PAS4PCM**  
Predictive Maintenance für Großküchengeräte  
mit Deep Learning  
Prof. Dr.-Ing. Honorary Doctor of ONPU  
Thorsten Schöler
- 48 SPIKe**  
Smarte Produkt- und Prozessinnovationen  
durch KI-Pipelines  
Prof. Dr.-Ing. Honorary Doctor of ONPU  
Thorsten Schöler,  
Prof. Dr. Björn Häckel
- 50 KI-gestützte Leichtbau-Optimierung**  
Prof. Dr.-Ing. André Baeten
- 52 ROS Scenario Simulation**  
Open Source Framework für Softwaretests  
beim automatisierten Fahren  
Armin Straller, Projektleitung,  
Prof. Dr.-Ing. Carsten Margraf
- 54 Möglichkeiten einer  
Kooperation im Überblick**
- 55 Impressum & Kontakt**

# Exoskelett für das Kniegelenk

Entwicklung eines Energiespeichersystems zur Unterstützung der Steifigkeitsfluktuationen

> Die Unterstützung von Patient:innen mit Lähmungserscheinungen in der Beinmuskulatur mittels passiver Beinorthesen findet bereits seit den 1950er Jahren statt. Die in den heutigen Orthesen verwendeten Kniegelenke werden auf zwei unterschiedliche Weisen realisiert: mechanisch oder mechatronisch. Jedoch ist keine Variante in der Lage, das menschliche Kniegelenk optimal zu imitieren und zielgerichtet zu unterstützen. Im Rahmen des Projektes wird deshalb ein passives minimal-invasives mechanisches Energiespeichermodul entwickelt, das in der Lage ist, den menschlichen Gang optimal zu unterstützen.

## Gesellschaftliche Relevanz

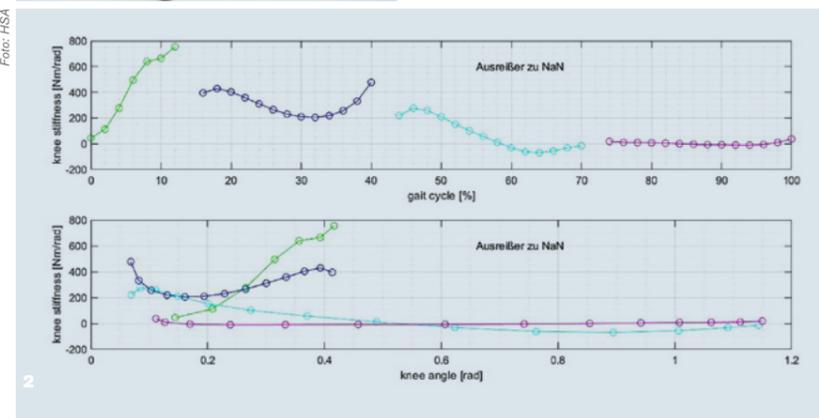
Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) führen in Deutschland zu rund einem Viertel aller Arbeitsunfähigkeitstage und zählen außerdem zu der zweithäufigsten Ursache für eine Frühverrentung. 20 Prozent all dieser Erkrankungen sind auf Gelenkleiden, vor allem Kniegelenkleiden, zurückzuführen. Zu den besonders Gelenk strapazierenden beruflichen Tätigkeiten gehören unter anderem das Bewegen von schweren Lasten, eine erzwungene Körperhaltung, Tätigkeiten mit hoher Kräfteinwirkung und sich wiederholende Tätigkeiten.

Nicht nur MSE, sondern auch zentrale Lähmungen und miteinhergehend motorische Defizite, sind in Deutschland häufig vorkommende Erkrankungen. Die beiden letzteren entstehen mitunter durch Multiple Sklerose (MS) oder Schlaganfälle. MS betrifft in Deutschland rund 223.000 gesetzlich versicherte Patient:innen (Stand: 2015) und rund 260.000 Menschen erleiden jährlich einen Schlaganfall. Insgesamt ist durch diese Erkrankungen mit rund 40.000 bis 60.000 Patient:innen jährlich zu rechnen, die eine wesentliche Behinderung erleiden werden. Betroffene leiden an Mobilitätsverlusten und Einbußen ihrer Lebensqualität, sowie Selbstständigkeit. Erst passive und aktive Orthesen verbessern die Lebensqualität der betroffenen Personen, aber auch Exoskelette haben eine immer höhere Relevanz. [1][2][3]



1 Beispielhafte Darstellung eines Verbindungsmoduls zwischen Ober- und Unterschenkelaufnahme.

2 Steifigkeitsverläufe in Abhängigkeit des Gangzyklus in Prozent.



## Herausforderung

In der Orthopädietechnik ist vor allem die repräsentative Abbildung von Kniegelenken – eines der komplexesten Gelenke des menschlichen Körpers – herausfordernd. Grund hierfür ist die kontinuierliche Steifigkeitsfluktuation des Gelenks während des Gangzyklus.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist die Entwicklung eines Verbindungsmoduls zwischen einer Ober- und Unterschenkelaufnahme, welches ein menschliches Kniegelenk mit Hilfe einer Steifigkeitsadaption und Energiespeicherung unterstützt. Abbildung 1 zeigt eine beispielhafte Darstellung eines solchen Moduls. Die Realisierung der situativ anpassbaren Steifigkeit soll durch eine quasi-passive Struktur aus Hybridmaterialien und formflexiblen Faserverbundwerkstoffen ermöglicht werden. Des Weiteren wird eine Minimierung von Aktuatorik-Elementen angestrebt, um das System schlanker, unauffälliger und leichter zu gestalten als vergleichbare existierende Produkte. Um dieses Ziel zu erreichen, ist neben einer adaptiven Steifigkeit auch eine dezentrale Energiespeicherung und -freisetzung auf kleinstem Raum erforderlich. Die Unterstützungsfunktion des menschlichen Kniegelenks ermöglicht die Anwendung in diversen Sektoren – zum Beispiel in der Rehabilitation, der Prävention oder der Implementierung in Exoskelette.

## Vorarbeiten

Der Gangzyklus eines Menschen hängt von diversen Faktoren wie dem Gewicht, der Kadenz (Anzahl der Schritte pro Minute), der Gehgeschwindigkeit und der Größe des:der Proband:in ab. Basierend auf den Gangdaten von Everett Harmann wurde ein Diagramm erstellt, in dem der Steifigkeitsverlauf eines menschlichen Kniegelenks über den Gangzyklus dargestellt wurde (siehe Abbildung 2). Das Diagramm verdeutlicht die unterschiedlichen

Steifigkeitsverläufe zu verschiedenen Flexions- bzw. Extensionswinkeln. Hierbei wird deutlich, dass das menschliche Kniegelenk bei einem Beugewinkel von 0,4 Grad vier unterschiedliche Steifigkeiten aufweisen kann. Um weitere Randbedingungen abzuklären, wird eine Anforderungsanalyse mit den Projektpartner:innen durchgeführt. Es wurden bereits verschiedene Möglichkeiten zur Steifigkeitsadaption entwickelt und bewertet, um auf diese Weise eine Vorauswahl an möglichen Umsetzungsvarianten zu treffen.

## Fazit und Ausblick

Diverse Varianten wurden bereits virtuell erstellt und numerisch mit Hilfe des Finite-Elemente-Verfahrens berechnet. Wegen des starken nichtlinearen Verhaltens bringt das große Herausforderungen für die Berechnung der Steifigkeitsadaptivität mit sich. Die Varianten werden im weiteren Projektverlauf miteinander verglichen und bewertet. Im Anschluss wird die Umsetzungsmöglichkeit mit dem höchsten Potential weiter ausdetailliert und als Funktionsmuster gefertigt. Der Demonstrator soll dann in ein von der Ludwig-Maximilians-Universität München entwickeltes Exoskelett implementiert und getestet werden. <

## LITERATUR

- [1] M.A. Busch und R. Kuhnert, „12-Monats-Prävalenz von Schlaganfall oder chronischen Beschwerden infolge eines Schlaganfalls in Deutschland“, Journal of Health Monitoring 2(1), pp. 70-76, 2017.
- [2] S. Bundesamt, „DESTATIS“, [Online]. Available: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft/Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/liste-altergruppen.html>. [Zugriff am 02 12 2021].
- [3] DSG, „Deutsche Schlaganfall-Gesellschaft“, September 2021. [Online]. Available: <https://www.dsg-info.de/presse/pressemeldungen/585-forschen-foerdern-umsetzen-dsg-treibt-seit-20-jahren-klinische-schlaganfall-forschung-und-weiterbildung-voran.html>. [Zugriff am 06 12 2021].



CAROLIN SPRENGER, M. ENG.  
Projektleitung

Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
HSA\_comp  
carolin.sprenger@heidenhain.com

Weitere Beteiligte  
PROF. DR.-ING. ANDRÉ BAETEN  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Leiter HSA\_comp  
andre.baeten@hs-augsburg.de

Partner  
PD DR. MED. DIPL.-ING.  
JOHANN SZECSI  
LMU – Neurologische Klinik und  
Poliklinik mit Friedrich-Baur-Institut  
München

Laufzeit  
2022 – 2024

Website des Projekts  
[www.hs-augsburg.de/fmv/Exoskelett-Kniegelenk](http://www.hs-augsburg.de/fmv/Exoskelett-Kniegelenk)

# Ablenkung beim Autofahren

## Evaluierung der Bedienkonzepte Haptik versus Touch im PKW

> Das UX-Lab der Technischen Hochschule Augsburg verfügt über umfangreiche Erfahrungen mit Nutzungsstudien insbesondere in realen Anwendungssituationen. Dokumentiert mittels Eye Tracking oder Videoaufzeichnung bearbeiten dabei Testpersonen vordefinierte Aufgaben in möglichst praxisnahen Umgebungen. In der Beobachtung wird schnell deutlich, wo Nutzende offensichtlich Probleme bei der Bedienung haben und welche Elemente des Interfaces schlecht verständlich sind. Im März 2022 brachte das UX-Lab diese Expertise ein in eine Studie des ADAC zum Thema Ablenkungspotential in Kraftfahrzeugen.

### Schalter oder Touchscreen?

„Bitte aktivieren Sie die Nebelschlussleuchte.“, lautete eine der Aufgaben im Test. Daciafahrende greifen dann zum Schalter neben der Lenksäule, im Tesla wendet man sich dagegen dem im Fahrzeug mittig angebrachten großen Touch-Display zu, um das Licht einzuschalten.

Daran sieht man: Bedienkonzepte in Kraftfahrzeugen sind im Umbruch und die zunehmende Funktionsvielfalt erfordert innovative Lösungen für deren Steuerung. Welche Funktionen gehören ins Software-Menü, welche sind besser und sicherer über fest verbaute Bedienelemente zu steuern?

Im ADAC-Test standen aktuelle Fahrzeugtypen von sechs Herstellern zur Verfügung, die diesbezüglich sehr unterschiedliche Designansätze verfolgen:

- BMW 1er
- Dacia Duster
- Mazda 3
- Mercedes Benz A-Klasse
- Tesla Model 3
- VW Golf 8

### Datenerhebung

Jedes Fahrzeug wurde von insgesamt acht Testpersonen gefahren. Keine der Testpersonen war mit den Fahrzeugen bereits vertraut. Mitarbeitende des UX-Lab stellten die Probanden vorab mit einer Eye-Tracking-Brille aus, die Blickverlauf und persönliche Kommentare während der Bedienung aufzeich-

nete. Im Anschluss erfolgte eine detaillierte Datenauswertung der insgesamt 48 Testfahrten im Labor der Technischen Hochschule Augsburg.

Vergleichend betrachtet wurden dabei folgende Kriterien:

- Wie präzise und schnell lassen sich Einstellungen unter Fahrbedingungen vornehmen?
- Wie hoch ist das Ablenkungspotential während des Fahrens?
- Werden sicherheitsrelevante Bedienelemente auch ohne lange Eingewöhnung im jeweiligen Fahrzeug gefunden?

### Testablauf

Der Test fand im März 2022 auf dem ADAC-Testgelände in Penzing statt. Zur Simulation realer Verkehrsbedingungen waren die Testpersonen angehalten, bei einer Geschwindigkeit von 40 bis 50 km/h den auf der Straße angebrachten engen Fahrbahnmarkierungen konsequent zu folgen. Währenddessen bekamen sie verschiedene Bedienungsaufgaben im Fahrzeug. Der Testablauf folgte einem festen Skript und war somit für alle Testfahrenden gleich.

Die zu bewältigenden Aufgaben betrafen typische Anforderungen während einer Autofahrt – zum Beispiel das Wechseln des Radiosenders oder die Nutzung der Freisprechanlage fürs Telefon. In beiden Fällen erfolgt die Bedienung in der Regel zwar während der Fahrt, unterliegt aber keinerlei Zeitdruck. Unter Sicherheitsgesichtspunkten höher priorisiert wurden Aufgaben, die die Klimatisierung betreffen, wie das Ändern der Gebläse, Einstellungen der Klimaanlage oder das Einschalten der Heckscheibenheizung. Aufgaben, die in möglichen

Stresssituationen schnell und zuverlässig zu erledigen sind, erhielten die höchste Priorisierung. Hierzu zählen das Aktivieren der Scheibenwischer, das Einschalten der Nebelschlussleuchte und das Betätigen der Warnblinkanlage.

Zu erwarten ist, dass bei häufiger zu bedienenden Geräten – zum Beispiel Radio oder Klimaanlage – relativ schnell ein Lerneffekt eintritt. Neue Interfacekonzepte können hier nach und nach erlernt und verinnerlicht werden. Um dies zu simulieren, starteten die Testfahrten jeweils mit einer Eingewöhnungsphase, in der wesentliche Bedienelemente gezeigt und ausprobiert wurden.

Das Aktivieren von Warnblinkanlage oder Nebelschlussleuchte erfolgt im Fahralltag hingegen eher selten und in großen zeitlichen Abständen. Gleichzeitig sind beide sicherheitsrelevant. Von besonderem Interesse war, wo diese Bedienelemente spontan erwartet und ob sie schnell gefunden wurden.

### Analyse

Kritische Messgrößen im Test waren

- die Bearbeitungszeit pro Aufgabe,
- die Anzahl der Blickabwendungen vom Straßenverkehr,
- die Fahrgenauigkeit während der Bedienung und
- die Erledigung der Aufgabe mit bzw. ohne Hilfestellung.

Basierend auf den Eye-Tracking-Recordings erfolgte im Anschluss an der Technischen Hochschule Augsburg die Analyse und Systematisierung des Gefundenen. Einbezogen wurden sowohl gemessene Zeit- und Fehlerwerte als auch während der Fahrt festgehaltene Beobachtungen und persönliche Rückmeldungen der Testpersonen.

Die Interpretation dieser Ergebnisse, vorgenommen durch Fachleute des Automobilklubs, mündete im Bericht „Ablenkung im Auto“, veröffentlicht im Juli 2022 (s. Literatur). <

### LITERATUR

www.ux-lab.de  
www.adac.de/news/ablenkung-durch-bedienelemente



**PROF. KP LUDWIG JOHN**  
Projektleitung

Fakultät für Gestaltung  
UX-Lab  
john@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
**DIETER PLAIL**  
Fakultät für Gestaltung  
UX-Lab  
dieter.plail@hs-augsburg.de

Studierende  
**DANIEL HERMANN**  
**ANNIKA KREUZER**

Partner  
**ANDREAS PFEFFER**  
Projekt-Ingenieur Fahrzeugtest  
ADAC München

Förderung  
ADAC

Laufzeit  
2022



- 1 Testfahrzeuge.
- 2 Touchscreen im Tesla 3.
- 3 Während der Testfahrt.
- 4 Eine Testperson setzt die Eye-Tracking-Brille auf.

# Additive Fertigung im Bauwesen

## Basaltfaserverstärkter Beton-3D-Druck von Aussparungen

> **Gesamtziel des Forschungsprojekts ist es, ein Verfahren zu entwickeln, um statisch belastbare Betonfertigteile ohne Schalung mittels 3D-Drucktechnik herstellen zu können. Hierbei wird für ein bestehendes Drucksystem eine Düse entwickelt, die Basaltfasern als Armierungsmaterial während des Druckprozesses einbringt. Dadurch soll die Effizienz von Bauprojekten verbessert und beschleunigt werden. Gleichzeitig sollen die Produkte nachhaltiger und kostengünstiger industriell produziert werden.**

Der Bau von Gewerbeimmobilien ist aufgrund der nach wie vor niedrigen Zinsen für Baugeld äußerst attraktiv. Deshalb investieren Unternehmen aller Branchen vermehrt in den Ausbau oder die Modernisierung ihrer Standorte. Das Gleiche gilt für den Wohnungsbau, wobei hier der hohe Siedlungsdruck den Bedarf an neuem bezahlbarem Wohnraum in den letzten Jahren nochmals enorm nach oben getrieben hat. Vor diesem Hintergrund ist die deutsche und bayerische Bauwirtschaft bis an die Kapazitätsgrenzen ausgelastet. Zusätzlich stehen Fach- und Arbeitskräfte, selbst aus dem Ausland, nur noch

begrenzt zur Verfügung und auch Engpässe bei der Versorgung mit Baustoffen erschweren die Situation. Aufträge können folglich entweder gar nicht angenommen oder nur mit entsprechend langen Vorlaufzeiten abgewickelt werden. Beton spielt dabei im Hochbau eine stark wachsende Rolle. Heute werden rund 80 Prozent als Ortbeton direkt an der Baustelle verarbeitet und 20 Prozent als Betonfertigteile vorbereitet an die Baustelle gebracht. Künftig wird der Anteil der Betonfertigteile und der Vorfertigung im Werk deutlich steigen, um Bauzeiten und Kosten zu reduzieren.

Es ist geplant, Aussparungen in Stahlbetondecken und -wänden mithilfe von sogenannten verlorenen Schalungen aus 3D-gedruckten Betonfertigteilen herzustellen. Aufgrund der Maßgabe, dass diese Aussparungen in den unterschiedlichsten Formen und Größen nachgefragt und benötigt werden, werden Aussparungen in Stahlbetonbauteilen heutzutage meist noch mithilfe von Schalbrettern ganz individuell zugeschnitten und zusammengenagelt. Durch die spezielle Oberflächenstruktur durch den 3D-Druck sollen die 3D-Betonteile einen festen Verbund mit dem in Ortbeton gegossenem Bauteil eingehen. Die hierbei entstehende monolithische Verbindung erhöht die Verbundwirkung zwischen Vergussbeton, der zum nachträglichen Schließen der Aussparung verwendet wird, und dem eigentlichen Stahlbetonbauteil.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wird ein innovatives 3D-Druckverfahren für faserverstärkte Betonteile entwickelt. Die Technische Hochschule Augsburg arbeitet hierzu fakultätsübergreifend in den Fachbereichen Automatisierungstechnik (Elektrotechnik), Produktionstechnik (Maschinenbau) und Baustoffkunde (Architektur und Bauwesen) zusammen und entwickelt interdisziplinär ein Werkzeug zum Auftrag von basaltfaserbewehrten Betonbauteilen. Das neue Verfahren zeichnet sich durch folgende Innovationen und Alleinstellungsmerkmale aus:

- Durch die nicht mehr notwendige Überdeckung der Stahlfarmierungen können die Bauteile im Voraus konstruktiv anders ausgelegt werden. Dies ermöglicht Architekt:innen und Bauingenieur:innen neue Freiheiten beim Design und der Auslegung der Bauten.
- Die additive Fertigung der Betonfertigteile erfolgt über einen automatischen und volldigitalisierten Prozess. So kann die Fertigung jedes Bauteils komplett überwacht und hinsichtlich Qualität etc. geprüft werden. Parameter – wie die verwendete Betonmischung, die herrschende Temperatur bei der Verarbeitung oder weitere Daten – können erhoben und dokumentiert werden. Diese Daten können zum Beispiel über einen mit dem Bauteil verbundenen RFID-Chip gespeichert und jederzeit ausgelesen werden. Somit sind Fragen zur Produkthaftung über eine hundertprozentige Rückverfolgbarkeit transparent nachvollziehbar.

Für den Auftrag von faserbewehrten Mörtelschichten wurde der Zusammenhang zwischen Druckgeschwindigkeit, Extrusion und Faserbewehrung untersucht und die Faser-Beton-Matrix optimiert. Hierfür wurde die Assemblierung von glatten Basaltrovings mit unterschiedlichen Verfahrensmethoden in Hinblick auf die Verarbeitungseigenschaften und Tragfähigkeit verbessert. Die produzierten Bauteile wurden an der Technischen Hochschule Augsburg auf ihre Tragfähigkeit hin untersucht. In Zugversuchen konnte gezeigt werden, dass die Basaltfaser-Bewehrung die Tragfähigkeit im Vergleich zu unbewehrten Bauteilen deutlich steigern kann.

In den ersten anwendungsorientierten Untersuchungen von additiv gefertigten und basaltfaserbewehrten Betonbauteilen konnten bereits die großen Fortschrittspotentiale für die Baubranche bestätigt werden. Daraus ergeben sich viele weitere Forschungsfragen – zum Beispiel in Bezug auf die Berechnungsverfahren oder die Dauerhaftigkeit der Bauteile. <



**PROF. DR. FLORIAN KERBER**  
Projektleitung

Fakultät für Elektrotechnik  
TTZ Flexible Automation Nördlingen  
florian.kerber@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
**PROF. DR.-ING. STEFAN BRAUNREUTHER**  
Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik  
stefan.braunreuther@hs-augsburg.de

**PROF. DR.-ING. CHRISTIAN BAURIEDEL**  
Fakultät für Architektur und Bauwesen  
christian.bauriedel@hs-augsburg.de

Partner  
**WOLFRAM UHL**  
Eigner Bauunternehmung GmbH  
Reutheweg 21  
86720 Nördlingen

Förderung  
Eigner Bauunternehmung GmbH  
86720 Nördlingen

Laufzeit  
01.01.2021 – 31.10.2023

Website des Projekts  
www.hs-augsburg.de/  
TTZ-Noerdlingen/Beton-3D-Druck



- 1 Drucksystem „Bauminator“ der Firma Baumit.
- 2 Zugversuch an 3D-gedruckter Aussparung mit Basaltfaserbewehrung.
- 3 Erfolgreicher Druck von basaltfaserbewehrten Aussparungen.
- 4 Betonaussparung in einer bewehrten Stahlbeton-Decke vor dem Betonieren.



# KIraF

## KI-basierte Roboterautomatisierung für Fügeprozesse

> **Moderne Industrieroboter haben das Potential, neue Einsatzfelder in industriellen Anwendungen – zum Beispiel im Bereich der Montage oder Metallbearbeitung – zu erschließen. Um den Einsatz auch für kleine und mittelständische Unternehmen ohne vorherige Expertise und ohne Fachkräfte zu ermöglichen, müssen robuste Systemlösungen entwickelt werden, die intuitiv bedienbar sind und sich selbst an neue Aufgaben adaptieren. Im Projekt KIraF werden KI-gestützte Sensordatenauswertungs- und Steuerungs-algorithmen entwickelt, die sich autonom auf neue Fügeprozess-varianten einstellen können.**

Die industrielle Robotik ist eine Schlüsseltechnologie für die flexible und hochautomatisierte Produktion der Zukunft. Ziel des Verbundförderprojekts KIraF ist es, mit KI-basierten Verfahren die Auslegung von Roboteranwendungen für Anwender:innen ohne Spezialkenntnisse zu vereinfachen. Für kleine und mittelständische Unternehmen des produzierenden Gewerbes liegt darin das Potential, ihre Produktivität deutlich zu steigern.

### Forschungsansatz

Das Grundkonzept des Projekts ist in Abbildung 1 dargestellt.

Ziel ist eine Automatisierung des gesamten Fertigungsprozesses. Mit bildgebender Sensorik (v. a. 3D-Kameras) erfolgt eine autonome Erkundung des Arbeitsraums. Die dort befindlichen Objekte werden vermessen und in eine segmentierte 3D-Karte überführt. Damit werden dem Roboter sowohl Kollisionsbereiche als auch Start- und Zielpositionen bekanntgemacht. Den Startpunkt für die Segmentierung liefern semantische Ansätze aus dem Deep Learning. Für die Handhabung der im Fertigungsprozess benötigten Objekte

liefert die KI-gestützte 6D-Greifpunktbestimmung robuste Vorhersagen. Durch 6D-Greifpunkte kann nicht nur klassisch top down gegriffen werden, vielmehr können z.B. auch Objekte aus einer Kiste entnommen werden, die schräg in einem Regal liegt, ohne die Kiste aus dem Regal zu holen. Die 6D-Greifpunkte dienen dann als Inputparameter für die KI-gestützte Trajektoriengenerierung. Sie kombiniert klassische Ansätzen mit Reinforcement Learning und verbindet die Präzision der klassischen Verfahren mit der Schnelligkeit der lernenden Verfahren.

Der Roboter kann sich so selbstständig im Arbeitsraum bewegen, die relevanten Objekte erkennen und Greifpunkte und Klebahnen generieren. Um die generierten Fügeprozessabläufe kontinuierlich zu verbessern und die KI-Verfahren zu robustifizieren, werden die Trainingsalgorithmen um zusätzliche Sensorsignale – beispielsweise des Greifers – erweitert. Dies erlaubt eine Überwachung und Qualitätsbewertung des Prozesses.

### Zielsetzung

Als Projektergebnis entsteht eine Steuerungssoftware auf Basis von KI-Verfahren, die Steuerungsprogramme für Fügeaufgaben automatisiert generiert und sich selbstständig innerhalb der Produktionsumgebung mithilfe der autonomen Arbeitsraumerkundung einrichten kann. Dadurch wird die Inbetriebnahme eines neuen Fertigungsprozesses deutlich effizienter.

Kommt das Projekt KIraF zu einem erfolgreichen Abschluss, werden die Anwender:innen in einem Nutzerinterface eine Visualisierung aller relevanten Prozessinformation – wie Greifpunkte, Bewegungsbahnen etc. – erhalten. Die Aufgabe besteht dann nur noch darin, eventuell nötige Anpassungen im Prozess vorzunehmen und ihn dann freizugeben. Der Aufwand und die Anforderungen für den Einsatz von Robotern werden so deutlich reduziert, kleinere Aufträge können schnell automatisiert werden.

### Umsetzung

Die prototypische Umsetzung berücksichtigt die Ergebnisse einer Analyse von Anforderungen bei verschiedenen Industrieunternehmen. Es zeigte sich, dass insbesondere die Variantenvielfalt im Bereich des Kommissionierens und der passgenauen Montage sowie das Abfahren von Kleberaupen die Robotik und die Bediener:innen vor hohe Herausforderungen stellen und hohen Programmieraufwand durch qualifiziertes Fachpersonal erfordern.

Industriepartner ist die robominds GmbH, die eine industrielle KI-Robotersteuerungsplattform mit Kamerasystem entwickelt hat und in intelligenten Systemlösungen Leichtbauroboter mit KI-basierter Prozessintelligenz verbindet, um z. B. aus einer Top-Down-Sicht Boxen oder Greifpunkte für Vakuumgreifer und Parallelgreifer zu generieren. Diese Funktionalitäten können über eine Weboberfläche von den Anwender:innen konfiguriert und in die Steuerung beliebiger Leichtbauroboter von Universal Robot integriert werden. Dieses System wird im Rahmen des Forschungsprojektes KIraF um die beschriebenen Funktionalitäten Arbeitsraumerkundung, 6D-Greifpunktbestimmung und Trajektoriengenerierung erweitert, die am TTZ Flexible Automation Nördlingen entwickelt werden. <



**PROF. DR.-ING. SIMON DIETRICH**  
Projektleitung

Fakultät für Elektrotechnik  
simon.dietrich@hs-augsburg.de

**Weitere Beteiligte**  
**PROF. DR. FLORIAN KERBER**  
Fakultät für Elektrotechnik  
TTZ Flexible Automation Nördlingen  
florian.kerber@hs-augsburg.de

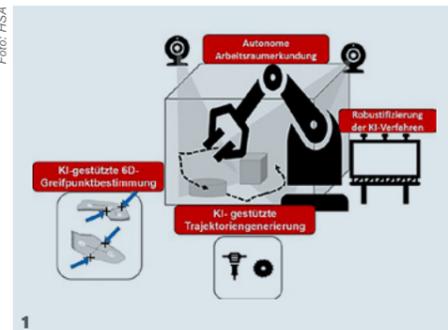
**Partner**  
**TOBIAS RIETZLER**  
robominds GmbH  
Südliche Auffahrtsallee 76  
80639 München

**Förderung**  
Bayerisches Staatsministerium  
für Wirtschaft, Landesentwicklung  
und Energie  
VDI/VDE IuK  
Strategie BAYERN DIGITAL  
und Hightech Agenda Bayern,  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst (StmWK)

KI-Produktionsnetzwerk der  
Technischen Hochschule Augsburg:  
Industrierobotik für variantenreiche  
Produktionsprozesse bei KMUs

**Laufzeit**  
01.09.2021 – 31.08.2023

**Website des Projekts**  
[https://www.tha.de/  
TTZ-Noerdlingen/KIraF.html](https://www.tha.de/TTZ-Noerdlingen/KIraF.html)



- 1 Zentrale Forschungsfragen des Projektes KIraF.
- 2 Cobot mit 3D-Visionssystem für die Umfelddiagnostik.

# Paradigmenwechsel durch eHealth?

## Ethische Aspekte des Software-Einsatzes in der Nachsorge

> Im BMBF-geförderten Verbund-Forschungsprojekt DARE (New DATA – New RESPONSIBILITIES) wird seit dem Frühjahr 2020 an der Technischen Hochschule Augsburg eine ethische Begleitforschung zur Entwicklung und Implementierung einer eHealth-Anwendung durchgeführt. Diese soll als Bestandteil eines integrierten Versorgungsmodells stammzelltransplantierten Patient:innen des Universitätsklinikums Freiburg zusätzliche Unterstützung in der Nachsorgezeit bieten.

DARE lenkt dabei den Blick insbesondere auf mögliche Veränderungen, die sich im Beziehungsgeflecht zwischen den verschiedenen Akteur:innen – zum Beispiel Pflegekräfte, Ärzt:innen und Patient:innen – ergeben.

### Paradigmenwechsel?

Mit zunehmendem Einsatz digitaler Anwendungen im Gesundheitswesen (eHealth) ist die Hoffnung auf eine effizientere, individuellere und personalisierte Versorgung von Patient:innen verbunden. Gleichzeitig knüpfen sich daran aber auch Befürchtungen, die über individuelle datenschutzrechtliche Themen und Fragen der IT-Sicherheit hinausreichen.

eHealth-Anwendungen sind meist mit der Erfassung, Speicherung und Auswertung digitaler Gesundheitsdaten verbunden. Aufgrund dieser verstärkten Datafizierung der Medizin ließe sich ein tiefgreifender Paradigmenwechsel befürchten, der sich unter anderem in Verschiebungen in der Beziehung zwischen Gesundheitsdienstleistern und Patient:innen manifestiert [1; 2]. Ziel

unseres Forschungsprojekts ist es, diesen Wandel am Beispiel eines neu entwickelten und implementierten Versorgungsmodells nach einer allogenen Stammzelltransplantation (SMILE) nachzuzeichnen.

### Integrierte Nachsorge

Das SMILE-Versorgungsmodell weist – im Vergleich zur bisherigen Versorgung – zwei relevante Veränderungen auf: Zum einen wird zusätzliche Unterstützung durch akademische Fachpflegekräfte – sogenannte Advanced Practice Nurses (APNs) – eingeführt. Zum anderen kommt eine eHealth-Anwendung zum Einsatz, welche die Arbeit der APNs maßgeblich unterstützt. Sie besteht aus der SMILE-App, die von den Patient:innen täglich für die Übermittlung ihrer Gesundheitsdaten an die APN genutzt wird. Die APNs wiederum

können die Daten mit Hilfe einer Fernüberwachungssoftware (SMILECare) darstellen, überprüfen und auswerten.

Wenn sich Patient:innen nun täglich zu Hause überwachen und Vitalwerte und potentiell auftretende Symptome in eine App eingeben und an die Klinik übertragen, wie wirkt sich das auf die Beziehungen zwischen Ärzt:innen, Pflegenden, Patient:innen etc. aus?

Zur Beantwortung dieser Frage haben wir zwölf halbstrukturierte qualitative Interviews mit ausgewählten Patient:innen aus der SMILE-Studie geführt und diese anschließend mittels induktiver thematischer Analyse [3] ausgewertet. Ergänzt werden diese Daten durch die Ergebnisse eines Fokusgruppen-Interviews, das im März 2022 mit Mitgliedern des interdisziplinären Transplantations-teams durchgeführt wurde, das an der SMILE-Studie beteiligt ist.

### Erste Ergebnisse

Es lässt sich zeigen, dass die Patient:innen durch die Nutzung der eHealth-Anwendung einen engeren Kontakt vor allem zu den APNs entwickeln. Die regelmäßigen Rückmeldungen zu ihren Werten fördern offensichtlich die Beziehung, sodass sich die Patient:innen besser betreut und umsorgt fühlen. Diese Intensivierung der Beziehung wurde von den APNs in gleicher Weise erlebt.

Darüber hinaus lassen sich auch Veränderungen in der Beziehung zwischen den APNs und den Mitgliedern des interdisziplinären Transplantationsteams beobachten: Insbesondere Ärzt:innen profitieren von den Daten, insofern die Arbeit der APNs ihnen wertvolle diagnostische Informationen zur gezielteren Behandlung der Patient:innen liefert, zu denen sie sonst keinen Zugang gehabt hätten. Andererseits zeigt sich bei anderen Professionen wie Pflege, Ernährungsberatung und Psychologie, dass diese möglicherweise an Beziehungintensität und Verantwortung

einbüßen, da die APN in einigen Fällen durch den engmaschigen App-gesteuerten Kontakt zu den Patient:innen die Entscheidungsfindung übernehmen.

Im Rahmen von DARE lässt sich also zeigen, dass tatsächlich ein Paradigmenwechsel stattfindet. Allerdings nicht in der erwarteten Weise: In der jüngsten Debatte wird eHealth oft im Zusammenhang mit disruptiven Veränderungen, ethischen Fallstricken und negativen Einflüssen diskutiert [1-3]. Doch die Datafizierung hat auch positive Auswirkungen – wir konnten eine Verbesserung der Sichtbarkeit von Patient:innen durch die Nutzung ihrer Gesundheitsdaten und zumindest eine teilweise Stärkung der Rolle der APN beobachten.

### Ausblick

Was die bisher gewonnen Erkenntnisse betrifft, kann DARE zeigen, dass Datafizierung und der Einsatz von eHealth in der Nachsorge nicht zwangsläufig negative Auswirkungen hat. Allerdings erfordert der Einsatz einer solchen digitalen Komponente eine angepasste Management- und Kommunikationsstruktur, die den Verschiebungen Rechnung tragen kann, damit eine umfassende und nachhaltige Nachsorge gelingen kann. <

### LITERATUR

- [1] Langarizadeh, M., Moghbeli, F., Aliabadi, A. (2017, Oct). Application of Ethics for Providing Telemedicine Services and Information Technology. Med Arch, 71(5), 351-355. <https://doi.org/10.5455/medarh.2017.71.351-355>
- [2] Boers, S. N., Jongma, K. R., Lucivero, F., Aardoom, J., Büchner, F. L., de Vries, M., Honkoop, P., Houwink, E. J. F., Kasteleyn, M. J., Meijer, E., Pinnock, H., Teichert, M., van der Boog, P., van Luenen, S., van der Kleij, R. M. J. J., & Chavannes, N. H. (2020, Dec). SERIES: eHealth in primary care. Part 2: Exploring the ethical implications of its application in primary care practice. Eur J Gen Pract, 26(1), 26-32. <https://doi.org/10.1080/13814788.2019.1678958>
- [3] Rubeis, G., Schochow, M., & Steger, F. (2018). Patient Autonomy and Quality of Care in Telehealthcare. Science and Engineering Ethics, 24(1), 93-107. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9885-3>



**PROF. DR. LÁSZLÓ KOVÁCS**  
Projektleitung

Fakultät für angewandte Geistes- und Naturwissenschaften  
Forschungsgruppe DARE  
laszlo.kovacs@hs-augsburg.de

**PROF. DR. ALEXANDRA TEYNOR**

Fakultät für Informatik  
Forschungsgruppe DARE  
alexandra.teynor@hs-augsburg.de

### Weitere Beteiligte

**JULIA KRUMME, M. A.**

Fakultät für angewandte Geistes- und Naturwissenschaften  
Forschungsgruppe DARE  
julia.krumme@hs-augsburg.de

### Partner

**DR. LYNN LEPLA**

Universitätsklinikum Freiburg  
Forschungsgruppe DARE

**LINDA WIENANDS, M. A.**

Universitätsklinikum Freiburg  
Forschungsgruppe DARE

### Förderung

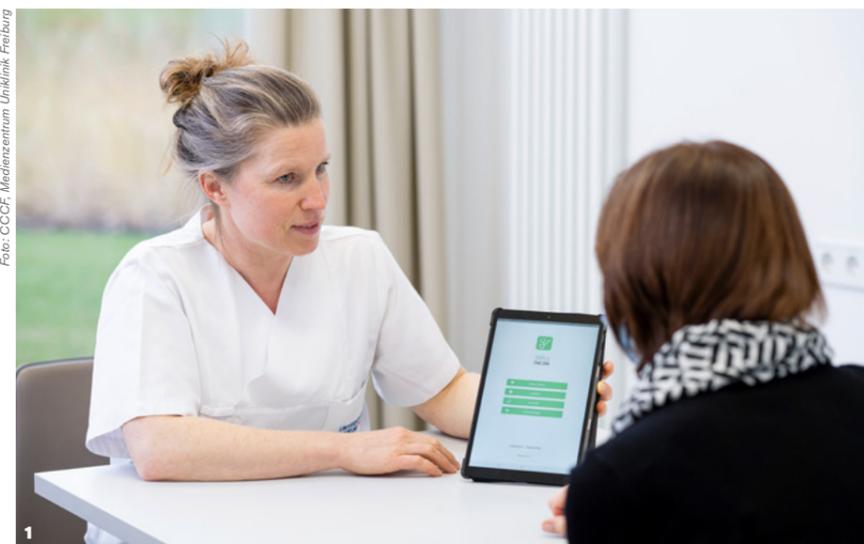
BMBF

### Laufzeit

2020 – 2023

### Website des Projekts

[www.hs-augsburg.de/Informatik/HSA-ias/innolab/DARE](http://www.hs-augsburg.de/Informatik/HSA-ias/innolab/DARE)



1 Beratungssituation zwischen Patientin und Care Coordinator (APN) im Rahmen des SMILE-Projekts an der Uniklinik Freiburg.

# Sichere Software für KMU

## HITSSSE: Höhere IT-Sicherheit durch Sichere Software Entwicklung

> Immer mehr kleine und mittlere Unternehmen (KMU) entwickeln Software für eigene Infrastrukturen oder Produkte. Hierbei herrscht meist ein hoher Zeitdruck und oft stehen nur beschränkt personelle Ressourcen zur Verfügung. Dadurch spielt die Sicherheit dieser Software häufig eine untergeordnete Rolle, was sich letztendlich auch auf die IT-Sicherheit dieser Unternehmen und ihrer Kund:innen auswirkt.

Im Fördervorhaben HITSSSE soll die IT-Sicherheit durch sichere Softwareentwicklung für KMU verbessert werden. Dafür werden im Forschungsprojekt Handlungsempfehlungen sowie technische Hilfsmittel erstellt.

Wie lässt sich die IT-Sicherheit von KMU durch sichere Softwareentwicklung steigern? Wenn vorhandene Sicherheitstools einfach einsetzbar sind und verwertbare Ergebnisse liefern, steigt die Sicherheit der damit entwickelten Produkte. Durch die Bereitstellung von klaren Leitfäden und Handlungsempfehlungen können effiziente, agile Entwicklungsprozesse etabliert werden, die das Prinzip „Security-by-Design“ von Anfang an berücksichtigen. So kann ein nachhaltiger Effekt zugunsten einer erhöhten Sicherheit von Produkten deutscher KMU erzielt werden.

Die effiziente Umsetzung des Projekts HITSSSE wird durch die Kooperation des Instituts für innovative Sicherheit (HSA\_innos) und des Instituts für agile Softwareentwicklung (HSA\_ias) an der Technischen Hochschule Augsburg ermöglicht. Über die Laufzeit von drei Jahren analysieren und optimieren die Partner:innen in Zusammenarbeit mit fünf Unternehmen (XITASO, KUNBUS, Codemetrix, Premium AEROTEC, Juliane Reimann) die Entwicklung sicherer Software aus drei Perspektiven.

### Drei Arbeitsfelder

Das Projekt hat drei Arbeitsfelder: Die zwei Bereiche „Applikations-, Server- und Web-Software“ und „Eingebettete Systeme und Internet-of-Things Geräte“ stellen die technischen Arbeitsfelder

dar. Der dritte und übergreifende Teil umfasst den Faktor Mensch als Enabler für sichere Produktentwicklungsprozesse. Neben Handreichungen und Guidelines entstehen diverse Tools – auf drei davon gehen wir an dieser Stelle genauer ein.

### Das Code Annotation Tool: Hilfreiche Strukturierung für sichere Software

In jedem Unternehmen gibt es verschiedene Assets – zum Beispiel Services, Konfigurationsdateien, vertrauliche Daten oder Algorithmen – die das Ziel von unterschiedlichen Angriffen sein können.

Neben dem anfänglichen Identifizieren dieser Assets und möglicher Schwachstellen stellt besonders die kontinuierliche Überwachung und Korrektur einer stetig wachsenden Code-Basis eine zentrale Herausforderung dar.

Innerhalb des Forschungsprojekts haben wir Möglichkeiten erarbeitet, wie kritische Stellen im Quellcode gekennzeichnet und durch zusätzliche Informationen erweitert werden können. Anschließend können diese annotierten Codestellen in einem Versionsverwaltungssystem mithilfe einer CI/CD-Pipeline verwaltet werden. Dadurch wird es den KMU ermöglicht, den Code kontinuierlich zu überwachen und ihr IT-Sicherheitskonzept mit geringerem Ressourcenaufwand umzusetzen.

### CI in a Box: Sicherheit bis hin zur Hardware

In der Softwareentwicklung werden zunehmend Continuous Integration Pipelines eingesetzt, um kontinuierlich Software auf ihre Korrektheit zu prüfen. Diese Lösungen sind jedoch sowohl komplex in der Aufsetzung als auch in der korrekten Konfiguration und dem Support und werden deshalb selten in KMU verwendet. Hinzu kommt, dass bei hardwarenaher Programmierung die Zielplattform als weiterer Faktor eingebunden werden muss.

Genau bei dieser Problematik soll die „CI in a Box“-Plattform Abhilfe schaffen: Eine Entwicklungsplattform zum Ausprobieren von Pipelines, Entwickeln von einheitlichen Umgebungen und Einbinden von Hardware in die automatisierte Pipeline. Sie soll Entwickler:innen eine Art Spielwiese bieten, auf der sie ohne Gefahr verschiedene Software erproben können.

### Security Adventure: Den Faktor Mensch kreativ einbinden

Wie lässt sich das Wissen zur sicheren Softwareentwicklung an KMU kommunizieren und die Motivation zur Umsetzung von sicherer Softwareentwicklung steigern? Hier kommt ein entscheidender Faktor ins Spiel – der Faktor Mensch. Das Security Adventure „Be Aware My Friend“ soll dafür die Basis schaffen. Gemeinsam mit Studierenden der Technischen Hochschule Augsburg entwickeln wir ein kollaboratives Serious Game, das die Grundlagen der sicheren Softwareentwicklung innovativ vermittelt. Die Entwicklung eines Arcade-Automaten ergänzt die zielgruppenorientierte Ansprache des Konzepts im kreativen Retro-Stil.

### Fazit/Ausblick

Sichere Softwareentwicklung ist ein entscheidender Baustein, um das Thema IT-Sicherheit bei KMU vollumfänglich zu betrachten. Bis zum Projektende am 30. September 2023 arbeiteten wir verstärkt an praxistauglichen Demonstratoren und stellten unsere aktuellen Ergebnisse auf lokalen Community-Veranstaltungen – wie der Hackerkiste – oder auf deutschlandweiten Konferenzen – wie der heise devSec – vor. <



PROF. DR. DOMINIK MERLI  
Projektleitung

Fakultät für Informatik  
Institut für innovative Sicherheit (HSA\_innos)  
dominik.merli@hs-augsburg.de

### Weitere Beteiligte PROF. DR. ALEXANDRA TEYNOR

Fakultät für Informatik  
Institut für agile Softwareentwicklung (HSA\_ias)  
alexandra.teynor@hs-augsburg.de

### PROF. DR. PHILLIP HEIDEGGER

Fakultät für Informatik  
Institut für agile Softwareentwicklung (HSA\_ias)  
phillip.heidegger@hs-augsburg.de

### Partner:innen

Assoziierte Projektpartner:  
- XITASO GmbH, Augsburg  
- Codemetrix GmbH, Augsburg  
- KUNBUS GmbH, Denkendorf  
- Juliane Reimann & Team, München  
- Premium AEROTEC GmbH, Augsburg

### Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

### Laufzeit

2020 – 2023

### Website des Projekts

<https://www.hitsse.de/>

Foto: THA



- 1 Die drei Arbeitsfelder des Projekts.
- 2 Prototyp „CI in a Box“.
- 3 Beispiel-Szene aus dem Security Adventure „Be Aware My Friend“.
- 4 Das Code-Annotation-Tool in der Anwendung.

# Stromversorgung in Krisensituationen

Forschung für resiliente und effiziente Energieversorgungssysteme

> Das Team um Prof. Dr.-Ing. Michael Finkel forscht an einer sicheren und effizienten Elektrizitätsversorgung, um einen aktiven Beitrag zum Gelingen der Energiewende zu leisten. Die Forschungsschwerpunkte sind Inselnetz-Lösungen zur Erhöhung der Versorgungssicherheit sowie die technisch-wirtschaftlich optimierte Integration zukünftiger Erzeugungs- und Lasteinheiten in das Verteilnetz. Dabei werden innovative Planungsansätze, Fragen zur Netzstabilität, neue Betriebsmittel und zukunftsfähige Marktmodelle untersucht. Die methodische Bandbreite reicht von Analysen, Simulationen und Labormessungen bis hin zu Feldversuchen.

## Lokale Inselnetzversorgung mit dezentralen Erzeugungsanlagen

In den Medien und der Politik werden die Eintrittswahrscheinlichkeit eines großflächigen und langanhaltenden Stromausfalls, dessen Folgen sowie potentielle Ursachen und mögliche Präventionsmaßnahmen zunehmend thematisiert. Laut dem Bericht des „Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag“ bieten lokale Inselnetze eine Möglichkeit, die schwerwiegenden Folgen eines solchen Blackouts zu minimieren [1]. Während des Normalbetriebs sind alle elektrischen Erzeugungsanlagen und Verbraucher an das europäische Verbundnetz

(Bild 1) angeschlossen. Fällt das übergeordnete Netz aus, müssen kritische Infrastrukturen, die für das öffentliche Leben essentiell sind, anderweitig mit elektrischer Energie versorgt werden.

## Von LINDA zu LINDA 2.0

Im Forschungsprojekt LINDA wurde ein Konzept entwickelt, eine Trinkwasserversorgungsanlage mit einem Wasserkraftwerk als Führungskraftwerk und den im Verteilnetz vorhandenen dezentralen Erzeugungsanlagen (Biomasse, Photovoltaik) zu versorgen (Bild 2). In LINDA 2.0 [2] soll das Prinzip einer Notstromversorgung mittels Inselnetzen auf andere kritische Infrastrukturen aus den Bereichen der in Bild 3 gezeigten Cluster übertragen werden. Kritische Infrastrukturen

können sich hinsichtlich der zu versorgenden Betriebsmittel, der auftretenden Lastsprünge, etc. sehr stark voneinander unterscheiden, woraus unterschiedliche Anforderungen an die Lastschaltperformance der Führungskraftwerke resultieren. Um eine Clusterung verschiedener kritischer Infrastrukturen anhand der elektrischen Betriebsmittel zu ermöglichen, wird in LINDA 2.0 die Laststruktur in Expert:innengesprächen und mit einem Fragebogen an die Betreiber:innen kritischer Infrastruktur analysiert. Darüber hinaus werden an ausgewählten, relevanten Betriebsmitteln Messungen durchgeführt.

Zusätzlich zu stationären Inselnetz-Lösungen wird eine hybride Netzersatzanlage bestehend aus Batteriespeicher und Dieselgenerator (als „Range Extender“) entwickelt, die es dezentralen Erzeugungsanlagen erlaubt, während des Netzersatzbetriebs ihre Energie einzuspeisen.

Forschungsschwerpunkte sind die Übertragung auf andere Netzregionen bzw. kritische Infrastrukturen, die (Teil-)Automatisierung von Abläufen und der Bau einer hybriden Netzersatzanlage, die Entwicklung eines Regelungskonzepts um diese zu betreiben sowie die Ermittlung des aggregierten Netzverhaltens in Bezug auf die Wirk- und Blindleistungsaufnahme bei Frequenz- und Spannungsschwankungen.

## Von LINDA zu LINDA 4 H<sub>2</sub>O

Im Forschungsprojekt LINDA 4 H<sub>2</sub>O [3] wird analysiert, inwieweit das LINDA-Konzept weiterentwickelt und auf typische Konstellationen von öffentlichen Trinkwasserversorgungsanlagen (als kritische Infrastruktur) und Biogasanlagen (als Führungskraftwerk) übertragen werden kann. Zunächst erfolgt eine Evaluation der grundsätzlichen Eignung von Biogasanlagen zur

Notstromversorgung von Trinkwasserversorgungsanlagen im Freistaat Bayern, wobei sowohl technische Rahmenbedingungen als auch betriebswirtschaftliche Kriterien Berücksichtigung finden. Hiernach sollen im Forschungsprojekt LINDA erforschte Methoden zur Erhöhung des Lastintegrationspotenzials automatisiert und in einem typischen Trinkwasserversorgungsgebiet in Bayern in die Praxis überführt werden. Zudem soll das LINDA-Konzept so weit verallgemeinert werden, dass übertragbare Ergebnisse zu Technik und Kosten zur Anwendung bei anderen Trinkwasserversorgungsanlagen vorliegen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen werden typische Last- und Erzeugungsstrukturen identifiziert, Rahmenbedingungen für das Notversorgungskonzept untersucht und Handlungsempfehlungen für die Ertüchtigung der Betriebsanlagen sowie den stabilen Aufbau und Betrieb von Notstromversorgungsinseln abgeleitet.

Sämtliche „LINDA-Projekte“ stellen somit durch die Entwicklung innovativer und zeitgemäßer Notstromversorgungslösungen einen wichtigen Beitrag zur Krisenvorsorge dar und bieten das Potential, die im Falle eines Blackouts zu erwartenden gesamtgesellschaftlichen Schäden signifikant zu reduzieren. <

## LITERATUR

- [1] T. Petermann et al., „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung“, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Berlin 141, Nov. 2010. Accessed: Mar. 30 2020. [Online]. Available: <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab141.pdf>
- [2] T. Lechner et al., „Lokale (teil-)automatisierte Inselnetz- und Notversorgung mit dezentralen Erzeugungsanlagen bei großflächigen Stromausfällen (LINDA 2.0): Poster“, in ETG-CIRED-Workshop 2021 (D-A-CH): Innovationen im Verteilnetz, München, 2021.
- [3] D. J. Storch et al., „Lokale Inselnetzversorgung von Wasserversorgungsanlagen mit Biogasanlagen bei großflächigen Stromausfällen: Poster“, in ETG-CIRED-Workshop 2021 (D-A-CH): Innovationen im Verteilnetz, München, 2021.



PROF. DR.-ING. MICHAEL FINKEL, MBA  
Projektleitung

Fakultät für Elektrotechnik  
Hochspannungs- und Anlagentechnik  
[michael.finkel@hs-augsburg.de](mailto:michael.finkel@hs-augsburg.de)

Weitere Beteiligte  
SEBASTIAN SEIFRIED  
Fakultät für Elektrotechnik  
Forschungsgruppe: LINDA  
[sebastian.seifried@hs-augsburg.de](mailto:sebastian.seifried@hs-augsburg.de)

TOBIAS LECHNER  
Fakultät für Elektrotechnik  
Forschungsgruppe: LINDA  
[tobias.lechner@hs-augsburg.de](mailto:tobias.lechner@hs-augsburg.de)

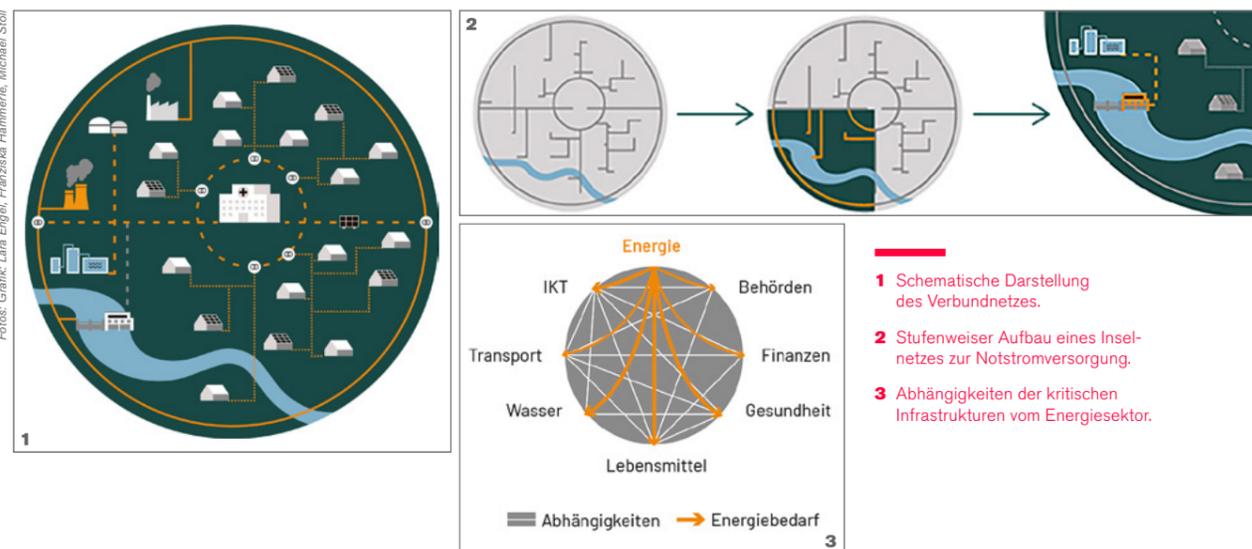
DOMINIK STORCH  
Fakultät für Elektrotechnik  
Forschungsgruppe: LINDA  
[dominik.storch@hs-augsburg.de](mailto:dominik.storch@hs-augsburg.de)

Partner  
LINDA 2.0: insgesamt 6 Projektpartner und vier assoziierende Partner  
LINDA 4 H<sub>2</sub>O: LfU, WWA Donauwörth, Regierung von Schwaben, Stadtwerke

Förderung  
LINDA 2.0: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
LINDA 4 H<sub>2</sub>O: Freistaat Bayern, vertreten durch das Bayerische Landesamt für Umwelt

Laufzeit  
LINDA 2.0:  
01.02.2021 – 31.01.2024;  
LINDA 4 H<sub>2</sub>O:  
01.04.2021 – 30.09.2024

Website des Projekts  
<https://www.hs-augsburg.de/Elektrotechnik/Michael-Finkel/Forschung.html>  
<https://www.hs-augsburg.de/Elektrotechnik/LINDA-4-H2O.html>



# Wir sehen was, was Du nicht siehst

## Infrastruktursensorik zur Unterstützung automatisierter Fahrzeuge

> Mithilfe von Sensorik, die z. B. an Straßenlaternen installiert wird, kann ein erweitertes Sichtfeld für automatisierte Fahrzeuge generiert werden. Diese Informationen werden den automatisierten Fahrzeugen sicher und in Echtzeit zur Verfügung gestellt und ermöglichen eine vorausschauende Fahrweise. Die wichtigsten Herausforderungen in diesem Forschungsprojekt sind – neben der Entwicklung von Radarsensoren – die zentrale Datenfusion sowie die Einbindung von Testfahrzeugen in verschiedene Testfelder: von der A9 über Berlin und Hamburg bis Singapur.

Kreuzungen gehören zu den schwierigsten Verkehrsszenarien, denen wir uns im Alltag stellen: Wir müssen mit einer Vielzahl von Fahrzeugen, Fußgänger:innen und Radfahrer:innen – sogenannten Vulnerable Road Usern (VRU) – interagieren. So ist es wenig überraschend, dass gut 20 Prozent aller tödlichen Verkehrsunfälle in der EU an Kreuzungen passieren. [1]

### Herausfordernd, nicht nur für menschliche Fahrer:innen

Für automatisierte Fahrzeuge sind Kreuzungen nicht weniger herausfordernd. Infrastruktur-Sensorik versucht, dieses Problem zu lösen, indem es den Wahrnehmungshorizont der on-board-Sensoren mit externer Sensorik ergänzt. Diese Sensorik kann genau auf das an der Kreuzung vorliegende Gefährdungsproblem angepasst sein und so „Blind-Spots“ ausleuchten – zum Beispiel einen Fahrradweg, der von parkenden Autos abgeschattet ist, oder schnellen Verkehr, der sich auf einer

Vorfahrtsstraße nähert. Damit ermöglicht die Sensorik den Fahrzeugen ein vorausschauendes und damit ressourceneffizientes Fahren. [2]

Die Systemarchitektur eines solchen Systems setzt sich wie folgt zusammen: Verschiedene Sensoren nehmen einzelne Abschnitte der Kreuzung wahr. Dabei wird auf Redundanz und Diversität geachtet. Unterschiedliche Sensor-Modalitäten haben unterschiedliche Vor- und Nachteile. So sind Radarsensoren vergleichsweise unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen und ermöglichen eine instantane Geschwindigkeitsschätzung. Lidar-Sensoren bieten dagegen ein besseres Auflösungsvermögen und ermöglichen so eine robuste Schätzung der Objektdimensionen.

Die Daten der Sensoren werden in einem Edge-Computer zu Objektlisten verarbeitet. Der Edge-Computer ist direkt an der Kreuzung positioniert, um Latenzen gering zu halten. Dazu braucht es zusätzliche Algorithmen, die die Daten mehrerer Sensoren kombinieren und zu einem einheitlichen, sensoragnostischen Bild zusammensetzen: Die sogenannte Sensordatenfusion.

Die Sensor-Rohdaten werden entlang der Prozesskette immer weiter abstrahiert. Sie werden immer sensoragnostischer bis am Ende eine Liste mit allen sich momentan auf der Kreuzung befindenden Objekten verfügbar ist. Diese Liste ist als „Collective Perception Message“ (CPM) definiert. Den Objekten werden Eigenschaften wie Position, Größe, Bewegungsrichtung und Klasse (Bus/LKW, PKW, Radfahrer, Fußgänger) zugeschrieben.

Die Funkschnittstelle ins Fahrzeug wird über eine Kombination aus sogenannter Road Side Unit (RSU) und On Board Unit (OBU) gelöst. Die RSU kommuniziert mit ihrem Gegenstück, der OBU, im Fahrzeug über den 802.11p-Standard.

Im Fahrzeug werden die Daten in die existierende fahrzeugeigene Wahrnehmung über eine weitere Sensordatenfusion integriert. [3]

### Forschungskooperation

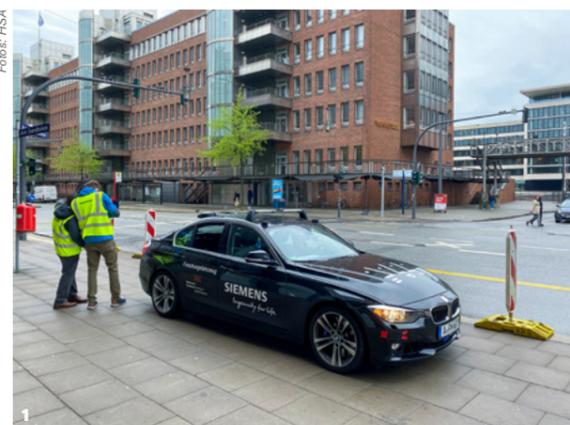
In Kooperation mit der Siemens Mobility GmbH forscht HSA\_ired an Sensorik und Sensorfusions-Algorithmen sowie an der Einbindung in die existierende Wahrnehmung im Fahrzeug. Insgesamt drei Doktorand:innen und mehrere MAPR-Studierende sind mit den Themen beschäftigt.

Neben den eingebrachten Kompetenzen in Radar- und Lidarsignalverarbeitung sowie in Bildverarbeitung wurden Algorithmen für die Sensordatenfusion entwickelt. Die Forschungsfahrzeuge des HSA\_ired bieten Zugriff auf die komplette Sensorik und Aktuatorik und bilden damit einen perfekten Versuchsträger für Themen rund um das automatisierte Fahren.

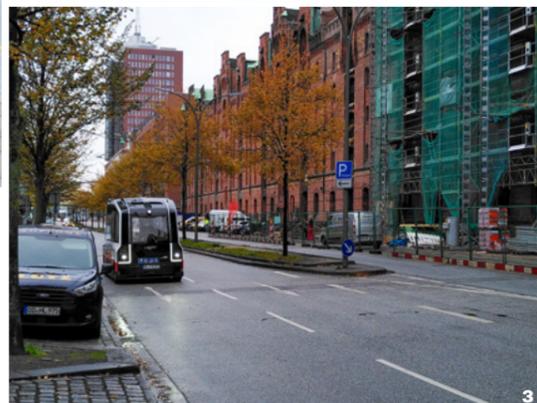
Ein bisheriges Highlight der Kooperation war das Projekt HEAT (Hamburg Electric Autonomous Transportation) [4], eines der Leuchtturmprojekte des ITS World Congress 2021 in Hamburg. Ein automatisierter Kleinbus fuhr für jedermann zugänglich durch die Hafencity. Dafür wurden an acht Kreuzungen über 40 Sensoren installiert, um die Eigenwahrnehmung des Fahrzeugs zu unterstützen. <

### LITERATUR

- [1] European Commission, „Traffic Safety Basic Facts on Junctions,“ European Commission, Directorate General for Transport, Tech. Rep., June 2018.
- [2] M. Pechinger, G. Schröder, K. Bogenberger and C. Markgraf, „Benefit of Smart Infrastructure on Urban Automated Driving – Using an AV Testing Framework,“ 2021 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2021, pp. 1174-1179, doi: 10.1109/IV48863.2021.9575651.
- [3] González Argüello, A., Kohnert, S., Stähler, J., „Roadside Perception Systems to Support Automated Driving: Trends and Challenges“, 27th ITS World Congress (ITSWC), 2021.
- [4] <https://www.hochbahn.de/de/projekte/das-projekt-heat>



- 1 Vermessungsfahrt mit einem Forschungsfahrzeug der Technischen Hochschule Augsburg im Hamburger Testfeld.
- 2 Mast mit Infrastruktursensorik: Seitlich mehrere Radar-Sensoren, obenauf ein Lidar-Sensor.
- 3 HEAT-Shuttlev auf einer Fahrt durch die Hafencity.



**PROF. DR.-ING.  
CARSTEN MARKGRAF**  
Projektleitung

Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired Driverless Mobility  
[carsten.markgraf@hs-augsburg.de](mailto:carsten.markgraf@hs-augsburg.de)

**Weitere Beteiligte  
PROF. DR.-ING.  
REINHARD STOLLE**  
Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired Hochfrequenzsysteme  
[reinhard.stolle@hs-augsburg.de](mailto:reinhard.stolle@hs-augsburg.de)

**SÖREN KOHNERT**  
Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired Hochfrequenzsysteme  
[soeren.kohnert@hs-augsburg.de](mailto:soeren.kohnert@hs-augsburg.de)

**JULIAN STÄHLER**  
Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired Driverless Mobility  
[julian.staehler@hs-augsburg.de](mailto:julian.staehler@hs-augsburg.de)

**Partner**  
Siemens Mobility GmbH  
München

**Förderung**  
Siemens Mobility GmbH  
München

**Laufzeit**  
2019 – 2022

**Website des Projekts**  
[www.hs-augsburg.de/](http://www.hs-augsburg.de/)  
[Elektrotechnik/HSA-ired/](http://Elektrotechnik/HSA-ired/)  
[Arbeitsgruppe-Driverless-Mobility](http://Arbeitsgruppe-Driverless-Mobility)

[www.hs-augsburg.de/](http://www.hs-augsburg.de/)  
[Forschungsschwerpunkte/](http://Forschungsschwerpunkte/)  
[KI-Produktionsnetzwerk/](http://KI-Produktionsnetzwerk/)  
[Umfeldwahrnehmung-im-urbanen-Umfeld](http://Umfeldwahrnehmung-im-urbanen-Umfeld)

[www.hs-augsburg.de/](http://www.hs-augsburg.de/)  
[TTZ-Landsberg/Autonome-Systeme](http://TTZ-Landsberg/Autonome-Systeme)

# Das HSA-Normalverfahren

Neu entwickeltes Prüfverfahren für Abwasserdruckleitungen im Betrieb

> Durch den vorhandenen Betriebsdruck von Abwasserdruckleitungen kommt es bei Undichtigkeiten zu einer Exfiltration des Abwassers und somit zu einer potentiellen Verunreinigung von Boden und Grundwasser. Eine regelmäßige Dichtheitsprüfung von Abwasserdruckleitungen ist daher zwingend erforderlich. Für in Betrieb befindliche Abwasserdruckleitungen existierte jedoch bisher kein Prüfverfahren. Im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt wurde an der Hochschule Augsburg (HSA) im Zuge zweier Forschungsvorhaben das sogenannte HSA-Normalverfahren für Abwasserdruckleitungen entwickelt.

Abwasserdruckleitungen stellen mit einem Anteil von rund 10 Prozent der bayerischen Schmutz-, Misch- und Regenwasserkanäle einen nicht unerheblichen Bestandteil des Entwässerungssystems dar. [1] Gegenüber Freispiegelleitungen weisen sie durch den immer vollgefüllten Zustand ein höheres Schadenspotential für die Umwelt auf. Aufgrund des anstehenden Leitungsdrukks im Rohrrinneren kommt es bei Schäden zu einer Exfiltration des Abwassers. Dies kann zu einer Kontamination von Boden und Grundwasser führen. Eine regelmäßige Erfassung des Zustands von Abwasserdruckleitungen ist somit zwingend erforderlich.

## Verfahren zur Überprüfung des Zustands der Kanalisation

Bereits nach derzeit gültiger Eigenüberwachungsverordnung hat an Abwasserleitungen eine eingehende Sichtprüfung alle zehn Jahre zu erfolgen. Bei Leitungen, die älter als 40 Jahre sind, muss alle 20 Jahre eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden. In der demnächst erscheinenden Neufassung der Eigenüberwachungsverordnung werden voraussichtlich Dichtheitsprüfungen an Abwasserdruckleitungen in Abständen von zehn Jahren gefordert.

Oft ist aber wegen der zum Teil geringen Durchmesser, der engen Leitungsradien und der großen Haltungslängen

von Abwasserdruckleitungen eine Sichtprüfung mit Kamerabefahrung nicht möglich. Des Weiteren können aus unter Druck stehenden Abwasserleitungen bereits durch kleine Schadstellen erhebliche Wassermengen austreten, die gegebenenfalls durch eine Sielhaut oder Ablagerungen verdeckt sind und mittels optischer Untersuchung nicht immer sicher erkannt werden können.

Zur Überprüfung der Dichtheit von Druckleitungen wird daher in der Regel auf das Verfahren der Druckprüfung zurückgegriffen. Verschiedene Faktoren – zum Beispiel Prüfdruck, Prüfdauer oder Einfluss des Luftanteils – führen jedoch dazu, dass die zur Verfügung stehenden Verfahren zur Prüfung neuer Trinkwasserleitungen nicht für die Prüfung in Betrieb befindlicher Abwasserdruckleitungen anwendbar sind.

Aus diesem Grund wurde die Hochschule Augsburg damit beauftragt, ein speziell an Abwasserdruckleitungen angepasstes Prüfverfahren zu entwickeln – das sogenannte HSA-Normalverfahren.

## Die Entwicklung des HSA-Normalverfahrens

In einer Dichtheitsprüfung wird in der Regel der Druckabfall eines verschlossenen Leitungsabschnitts über eine gewisse Zeitspanne gemessen. Bei Abwasserdruckleitungen im Betrieb sind jedoch vor allem durch Materialdehnung und Luftkompression Veränderungen des Drucks zu erwarten – unabhängig von der Dichtheit der Leitung. Das entwickelte Prüfverfahren berücksichtigt daher folgende Einflussfaktoren:

- Luftanteil
- Prüfdruck
- hydrostatischer Leitungsdruck
- Leitungsparameter (Material, Wandstärke, Länge, Durchmesser etc.)

Um Erkenntnisse über diese Faktoren zu gewinnen, wurden in der Entwicklungsphase des HSA-Normalverfahrens in ganz Bayern 135 Druckprüfungen an 47 in Betrieb befindlichen Abwasserdruckleitungen durchgeführt. Die Leitungen umfassten alle gängigen Durchmesser und Leitungsmaterialien. Darüber hinaus wurde das Verfahren unter anderem mit künstlich eingebauten Leckagen überprüft. Zur Erforschung des Einflusses der Luft sowie der Materialdehnung wurden zusätzlich Untersuchungen an zwei eigens konstruierten Prüfständen an der Hochschule Augsburg durchgeführt.

Ein speziell entwickeltes Simulationstool berechnet den zu erwartenden Druckabfall unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren.

Unter Verwendung des Simulationstools konnte letztendlich das dreiteilige HSA-Normalverfahren entwickelt und verifiziert werden.

## Fazit

Im Rahmen der beiden Forschungsvorhaben ist durch das Team der Siedlungswasserwirtschaft der Hochschule Augsburg das erste allgemeingültige Prüfverfahren für in Betrieb befindliche Abwasserdruckleitungen entwickelt und an realen Druckleitungen in ganz Bayern verifiziert worden. Zukünftig kann dieses Prüfverfahren als Standardverfahren zur turnusmäßigen Überprüfung von Abwasserdruckleitungen zum Einsatz kommen. Das Verfahren leistet somit einen wichtigen Beitrag zum Schutz von Boden und Grundwasser – unserer Haupttrinkwasserquelle. <

## LITERATUR

- [1] P. D. B. H. Dr.-Ing. Johann Müller, „Zustand der öffentlichen Kanalisation in Bayern – Datenstand 2018“, Technische Universität München, Garching, 2021.



PROF. DR.-ING. RITA HILLIGES  
Projektleitung

Fakultät für Architektur  
und Bauwesen  
Wasserwirtschaft und Umwelttechnik  
rita.hilliges@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
M. ENG. JOHANNES KÖNIG  
M. ENG. BENEDICT MONTAU

Fakultät für Architektur  
und Bauwesen  
Wasserwirtschaft und Umwelttechnik  
johannes.koenig@hs-augsburg.de  
benedict.montau@hs-augsburg.de

Partner  
DIPL.-ING. ARMIN WOLFF  
Ingenieurbüro Wolff  
Strasslach

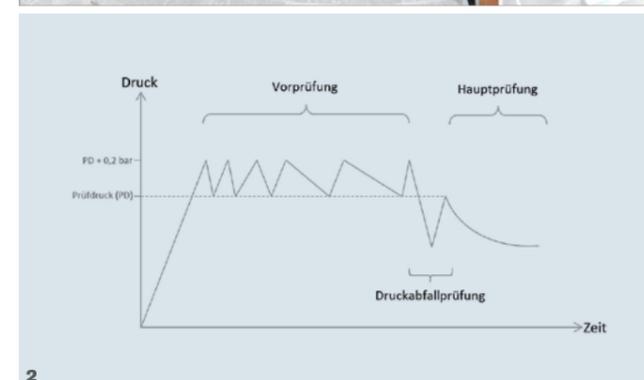
Förderung  
Bayerisches Staatsministerium  
für Umwelt- und Verbraucherschutz  
(StMUV), München  
Bayerisches Landesamt  
für Umwelt (LfU), Augsburg

Laufzeit  
2019 – 2022

Website des Projekts  
www.hs-augsburg.de/  
Architektur-und-Bauwesen/  
Dichtheit-von-Abwasserdruckleitungen



- 1 Versuchsstand zur Untersuchung des Verhaltens von Luft in Abwasserdruckleitungen an der Hochschule Augsburg.
- 2 Beispielhafter Kurvenverlauf für eine Prüfung nach dem HSA-Normalverfahren.
- 3 Einfluss von Luft auf einen Leckage-induzierten Druckabfall.



# Zukünftiger Umgang mit Dränwasser

## Entwicklung von technischen und gebührenrechtlichen Lösungen

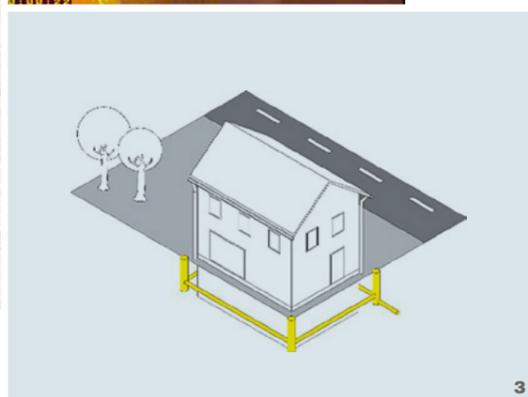
> **Dränanlagen werden zum Schutz unterirdischer Strukturen – beispielsweise Keller – eingesetzt. Die Ableitung des Dränwassers erfolgt anschließend vielfach durch Anschluss an die öffentliche Kanalisation. Dies ist jedoch in der Regel nicht zulässig und verursacht teilweise erhebliche Probleme für die Betreiber der öffentlichen Kanalisation. Im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt wurden technische, juristische und gebührenrechtliche Aspekte und Lösungen erarbeitet sowie Möglichkeiten zur Abschätzung der anfallenden Dränwassermengen entwickelt.**

Dränagen sind üblicherweise auf privatem Grund verlegt und sollen den Grundstückseigentümer:innen helfen, das Bauwerk vor Feuchteschäden zu bewahren.

In vielen bayerischen Kommunen erschwert insbesondere Fremdwasser eine ordnungsgemäße und wirtschaftliche Betriebsweise der öffentlichen Kanalisation. Es handelt sich um unerwünschte Zuflüsse zum Entwässerungssystem durch Undichtigkeiten – beispielsweise auch durch Dränwasser-einleitungen. Der unerwünschte Fremdwasseranteil führt zu höheren Betriebskosten und beeinträchtigt den ordnungsgemäßen Anlagenbetrieb beispielsweise durch verringerte Ableitungskapazitäten im Kanalnetz. Weitere Folgen können ein verschlechterter

Wirkungsgrad der Kläranlage und häufigere Mischwasserentlastungen sein, die zu einer zusätzlichen Gewässerbelastung führen. Eine Fremdwasserreduzierung ist daher stets anzustreben.

Neben den negativen Auswirkungen des Fremdwassers ist durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) festgeschrieben, dass für die öffentliche Kanalisation eine ordnungsgemäße Betriebsweise sichergestellt werden muss. In Bayern bedeutet dies, dass der Fremdwasseranteil grundsätzlich auf maximal 25 Prozent begrenzt werden muss, da andernfalls eine unzulässige Verdünnung vorliegt.



- 1-2 Inspektion einer häuslichen Dränage mittels Schiebekamera.
- 3 Gebäude mit Dränage zum Schutz vor Vernässung.

### Wer ist für Dränwasser zuständig?

Im Rahmen der Daseinsvorsorge sind Kommunen zur Abwasserbeseitigung verpflichtet. Diese Pflichtaufgabe umfasst nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG 2009, § 54 Abs.2) das Sammeln, Behandeln und Ableiten von Abwasser. Wobei sich Abwasser aus Schmutz- und Niederschlagswasser zusammensetzt.

Weiter definiert das Wasserhaushaltsgesetz das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser als Schmutzwasser. Niederschlagswasser ist das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (§ 54 Abs.1 WHG 2009).

Da Dränwasser nicht gesammelt aus dem Bereich bebauter oder befestigter Flächen oberflächlich abfließt und nicht in den Eigenschaften verändert wird, ergibt sich:

Dränwasser ist vor der Vermischung mit Abwasser weder Schmutz- noch Niederschlagswasser und folglich kein Abwasser.

### Dränwasserbeseitigung als freiwillige Aufgabe

Grundsätzlich ist die öffentliche Kanalisation der Abwasserableitung gewidmet – daher dürfen nur Schmutz- und gegebenenfalls Niederschlagswasser eingeleitet werden. Somit ist die Einleitung von Dränwasser im Allgemeinen unzulässig und stellt einen Fehlschluss dar – dies gilt auch, wenn die Einleitung von Dränwasser nicht explizit verboten ist. Der Einrichtungsträger ist grundsätzlich berechtigt, Fehleinleitungen zu untersagen und damit auch die Abkoppelung nicht genehmigter Dränagen an die öffentliche Entwässerungseinrichtung zu fordern (§14 und §15 Muster-EWS Bayern). Dies kann im Konflikt zum Interesse der Grundstückseigentümer:innen nach einer schadlosen Entwässerung des Grundstücks stehen.

Um auf besondere Umstände reagieren zu können, kann in begründeten Einzelfällen die Dränwasserbeseitigung als freiwillige Aufgabe übernommen werden. Die Übernahme der freiwilligen Aufgabe kann jedoch nur erfolgen, wenn dem keine wasserrechtlichen oder sonstigen Belange – zum Beispiel ein zu hoher Fremdwasseranteil – entgegenstehen, und die Kreisverwaltungsbehörde zustimmt.

Für die Einleitung von Dränwasser kann weiter eine Gebühr erhoben werden – da durch die Dränwassereinleitung Kosten entstehen. Diese Gebühr muss im Verhältnis zur eingeleiteten Dränwassermenge stehen. Der Einbau einer Messstelle für Dränwasser ist oft kostenintensiv. Um eine Messstelle zu vermeiden wurden durch die Hochschule Augsburg Möglichkeiten zur Abschätzung der eingeleiteten Dränwassermengen entwickelt.

### Fazit

In der Regel darf Dränwasser nicht in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden. Dies führt vor allem im Bestand zu Schwierigkeiten. Für den zukünftigen Umgang mit Dränwasser wurden Arbeitshilfen, ein Leitfaden sowie Informationsmaterial im Hinblick auf technische und juristische Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. <



**PROF. DR.-ING. RITA HILLIGES**  
Projektleitung

Fakultät für Architektur  
und Bauwesen  
Wasserwirtschaft und Umwelttechnik  
rita.hilliges@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
**STEPHAN LEONHARD, M. ENG.**  
**JANIS MÜHLEGG, M. SC.**  
Fakultät für Architektur  
und Bauwesen  
Wasserwirtschaft und Umwelttechnik  
stephan.leonhard@hs-augsburg.de  
janis.muehlegg@hs-augsburg.de

Partner  
**PROF. DR. COSACK**  
Ranmatt Rechtsanwalts-  
gesellschaft mbH  
Saarbrücken

**DR. WOLF**  
SiwaPlan In.-Ges.mbH  
München

Förderung  
Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt- und Verbraucherschutz  
(StMUV), München  
Bayerisches Landesamt  
für Umwelt (LfU), Augsburg

Laufzeit  
2018 – 2023

Website des Projekts  
www.hs-augsburg.de/  
Architektur-und-Bauwesen/  
Draenwasser-im-Kanalnetz



Fotos: HSA

# Umweltbewusstes Konsumverhalten

Eine Analyse auf der Basis europaweiter Haushaltsbefragungen

> **Private Haushalte sind eine der wichtigsten Emissionsquellen von Kohlendioxid. Effizientere Heizungen, ein niedrigerer Elektrizitätsverbrauch oder die Wahl umweltfreundlicher Verkehrsmittel würden in bedeutender Weise dazu beitragen, die Klimabelastung zu verringern. Im Rahmen des Forschungsprojekts wird auf der Basis von europaweiten Befragungen anhand ökonomischer Analysen untersucht, welche Faktoren – zum Beispiel Bildung, Geschlecht, Einkommen, politische Einstellungen und Maßnahmen – ein umweltbewusstes (Konsum-) Verhalten von Haushalten in Europa fördern.**

Ein „grünes“ Verhalten von Haushalten hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab (siehe Bild1): Soziale Normen – wie etwa die Trennung von Abfall – entwickeln sich vor dem Hintergrund politischer Rahmenbedingungen und Lebens- bzw. Wohnverhältnisse. Darüber hinaus spielen persönliche Eigenschaften wie Alter, Geschlecht oder Ausbildung sowie individuelle Werte eine bedeutende Rolle. Besonders wichtig ist die Untersuchung der Frage, welchen Einfluss ökonomische Faktoren wie Einkommen oder Berufssituation auf das Umweltbewusstsein von Individuen bzw. Haushalten haben.

Zur Messung des „grünen“ Haushaltsverhaltens werden unterschiedliche Indikatoren aus europaweiten Erhebungen verwendet. Das European Social Survey (ESS) für 2017 und 2019 umfasst fast 50.000 Haushalte und enthält Fragen zur Selbsteinschätzung der Wichtigkeit von Umweltproblemen für die Befragten, zu grünem Wahlverhalten sowie zum Klimawandel und energiebewusstem Verhalten. Eurobarometerdaten aus dem Jahre 2020 für fast 28.000 Haushalte erlauben die Analyse „grünen“ Konsumverhaltens für 14 verschiedene Konsumaktivitäten wie Kauf von Bioprodukten, Vermeidung von Plastikmüll, Recyclingaktivitäten oder verstärkte Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel.

Die Ergebnisse der ökonometrischen Analysen zeigen, dass Frauen in überdurchschnittlicher Weise umweltbewusst konsumieren und auch die Wichtigkeit von Umweltproblemen höher einschätzen als Männer. Dieses geschlechtsspezifische Ergebnis gilt für umweltrelevante Aktivitäten wie die Vermeidung von Plastiknutzung, Verringerung des Wasserverbrauchs, Abfalltrennung, Teilnahme an umweltbezogenen Demonstrationen und Kauf von Ökoprodukten – jedoch nicht für Recyclingaktivitäten wie das Reparieren anstatt das Kaufen eines neuen Produkts.

Einkommen und ein höheres Bildungsniveau sowie die Betroffenheit durch Armut und/oder Arbeitslosigkeit beeinflussen in deutlicher Weise das „grüne“ Haushaltsverhalten, aber es bestehen klare Unterschiede zwischen kostenintensiven und „kostenlosen“ grünen Aktivitäten. Die ökonometrischen Ergebnisse zeigen, dass das Einkommen stark positiv mit kostenintensivem Konsumverhalten – zum Beispiel dem Kauf relativ teurer Produkte mit Öko-Label – korreliert ist, während Arbeitslose und arme Personen eine deutlich niedrigere Wahrscheinlichkeit aufweisen, derartige Produkte zu kaufen. „Arme“ Haushalte

sind aber nicht per se weniger umweltbewusst, sondern nur bei umweltbewussten Konsumaktivitäten, die mit erheblich höheren Kosten verbunden sind. Interessanterweise zeigt sich in den nordeuropäischen Ländern ein anderes Bild, da hier der Beschäftigungsstatus oder Armut auch den Kauf teurerer Ökoprodukte nicht negativ beeinflussen, was vermutlich auf die sehr weit entwickelten Sozialsysteme in diesen Ländern zurückzuführen ist. Beschäftigte im öffentlichen Dienst weisen ein überdurchschnittlich hohes Umweltbewusstsein auf und wählen eher grüne Parteien, während für Beschäftigte in umweltintensiven Branchen wie der Stahlindustrie das Gegenteil der Fall ist.

In allen hier betrachteten Ländern führt eine hohe Betroffenheit durch Umweltprobleme auch zu mehr „grünen“ Aktivitäten. Eine mehr linke oder an der Mitte orientierte politische Ausrichtung ist signifikant positiv mit „grünen“ Konsumaktivitäten korreliert.

Aus politischer Sicht fördern ein erfolgreicher Kampf gegen Armut und Arbeitslosigkeit sowie finanzielle Anreize für einkommensarme Haushalte damit auch den „grünen“ Konsum, da „arme“ Haushalte offenbar nicht per se auch weniger umweltbewusst sind.

Die Ergebnisse verdeutlichen außerdem die Wichtigkeit von Informationsmaßnahmen zur Klimaproblematik für die Schaffung „grüner“ sozialer Normen. <

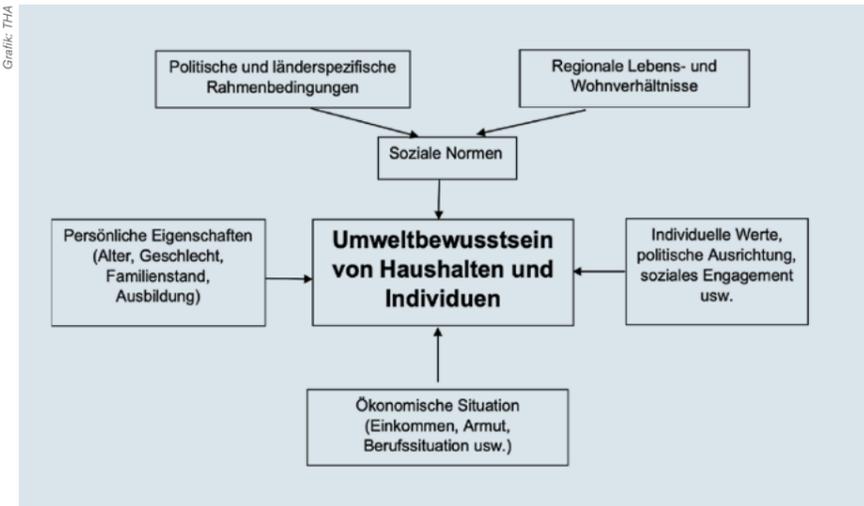


**PROF. DR. JENS HORBACH**  
Projektleitung

Fakultät für Wirtschaft  
jens.horbach@hs-augsburg.de

**Förderung**  
EU Kommission,  
DG Employment, Brüssel

**Laufzeit**  
Februar 2021 bis Januar 2022



Determinanten eines „grünen“ Haushaltsverhaltens

## LITERATUR

Die ausführliche Studie befindet sich in: Horbach, Jens (2022): Determinants of the greening of households in Europe, Research Note on behalf of the European Commission, Brussels

[https://www.hs-augsburg.de/Binaries/Binary\\_66963/EU-Social-Situation-Monitor-KE-CF-22-009-EN-N.pdf](https://www.hs-augsburg.de/Binaries/Binary_66963/EU-Social-Situation-Monitor-KE-CF-22-009-EN-N.pdf)

# Local-First Cooperation

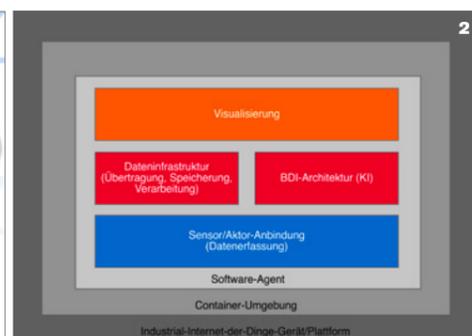
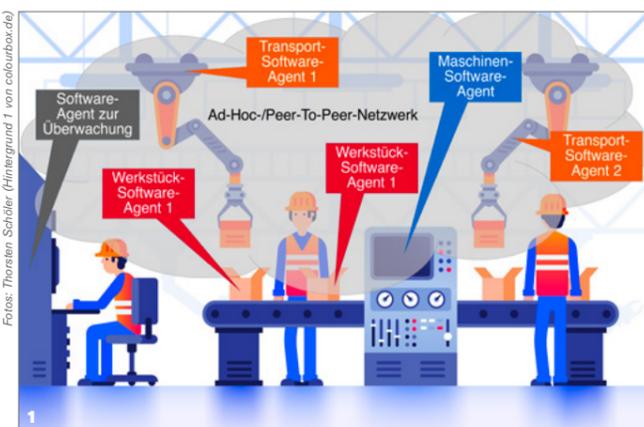
Neuer Schwung für das Industrial Internet of Things

> Mit dem Designprinzip Local-First Cooperation lassen sich moderne Anwendungen der Industrie 4.0 umsetzen. Zur Problemlösung kann auf bewährte Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) zurückgegriffen werden. Verteilte Software-Agenten kommunizieren direkt, koordinieren sich selbst mit anderen und kooperieren zur lokalen Problemlösung. Symbolische und subsymbolische KI ergänzen sich bei der Problemlösung. So lassen sich komplexe Planungs- und Optimierungsaufgaben mittels resilienter Systeme umsetzen. Diese Systeme des Industrial Internet of Things zeigen zunehmend Self-x-Eigenschaften des Organic Computing.

Das Prinzip Local-First Cooperation möchte das Versprechen robuster Systeme mittels Lokalität einlösen. Die im Konzept vorgeschlagenen dezentralen und intelligenten Software-Agenten agieren autonom und unabhängig von zentralen Diensten. Basierend auf den fünf Grundkonzepten (1) autonome, eigenständige Entscheidungsfindung, (2) lokale Interaktion, (3) gemeinsames Lösen komplexer Probleme, (4) lokales aber unvollständiges Wissen und (5) dynamische Netzwerkumgebung sollen resilientere IT-Systeme für die Industrie 4.0 entstehen (siehe Abbildung 1) [1].

## Von Software-Agenten zu Local-First Cooperation

Heutige Software-Architekturen für industrielle Internet-der-Dinge-Anwendungen setzen stark auf moderne Technologien (z. B. Container), umfangreiche Sensor/Aktor-Anbindung (z. B. OPC UA, Modbus, MQTT), Vernetzung (z. B. ZigBee, LoRaWAN), Datenstrommanagement und Zeitseriendatenbanken sowie moderne Dashboards (z. B. Grafana) auf, um dezentrale, autonome Ideen der Software-Agenten [2] oder des Organic Computing [3] umzusetzen (siehe Abbildung 2). Zu diesen Ideen zählen Autonomie, Emergenz sowie Self-x-Fähigkeiten wie Selbstkonfiguration, -optimierung und -heilung [3].



- 1 Local-First Cooperation für Industrie 4.0 mittels Software-Agenten.
- 2 Software-Architektur eines Software-Agenten für Local-First Cooperation.

## (1) Autonome, eigenständige Entscheidungsfindung

Zur Umsetzung der Entscheidungsfindung wurde in der Software-Agenten-Vergangenheit auf Systeme der symbolischen Künstlichen Intelligenz gesetzt. Zum Einsatz kamen regelbasierte Expertensysteme (mit Wenn-Dann-Regeln), logik-basierte Programmierumgebungen (z. B. Prolog) oder auch Learning Classifier Systems. Aktuell wird die lokale Entscheidungsfindung überwiegend durch subsymbolische KI – wie neuronale Netze des Deep Learning – umgesetzt.

## (2) Lokale Interaktion

Aus den Erfahrungen mit Planungs- und Optimierungsaufgaben zeigt sich, dass lokal begrenzte Umplanungen effizienter sind als ein Überdenken des Gesamtplans bei jeder kleinen Änderung. Das Local-First-Prinzip versucht, Probleme mit den lokal beteiligten Geräten/Software-Agenten lokal zu lösen. Nur in Ausnahmefällen, wenn keine ausreichend gute Lösung gefunden werden kann, soll die Problemgröße erweitert werden.

## (3) Gemeinsames Lösen komplexer Probleme

Bei komplexen Planungs- und Optimierungsaufgaben in der Industrie 4.0 können Verfahren der verteilten Lösungsfindung zum Einsatz kommen. Neben dem Lösen sogenannter Constraint-Satisfaction-Probleme (CSP) mittels CSP-Solver-Software kommen auch weitere Verfahren der verteilten KI – wie das Contract-Net-Verfahren – zum Einsatz. Um eine faire Problemlösung, im Sinne der Spieltheorie sicherzustellen, kann weiterhin auf Auktionsverfahren zurückgegriffen werden.

## (4) Lokales und unvollständiges Wissen

Bedingt durch die Lokalität und Autonomie der beteiligten Geräte (Software-Agenten) verfügen diese nur über ein unvollständiges Wissen über ihre unmittelbare Umwelt und ein eingeschränktes Weltwissen. Verfügbare Informationen kann nur bedingt vertraut werden. Um unter diesen Randbedingungen effektiv und effizient

zusammenarbeiten zu können, kann auf die BDI-Architektur zurückgegriffen werden. Aus den Annahmen über die Umwelt (Beliefs) kann der Software-Agent aus einem semantischen Wissensmodell (Desires) einen gewünschten Zielzustand ableiten. Anschließend kann er durch Aktionen (Intentions) Einfluss auf seine Umwelt nehmen.

## (5) Dynamische Netzwerkumgebung

Durch die Verwendung von Ad-hoc- und Peer-To-Peer-Netzen können die intelligenten Geräte untereinander kommunizieren, ohne auf eine zentrale Infrastruktur angewiesen zu sein. Die lokale Koordination und Kooperation kann ressourceneffizient und ausfallsicher umgesetzt werden. Nicht direkt miteinander verbundene Geräte können mittels Multi-Hop-Ansätzen – durch zwischengeschaltete Geräte hindurch – kommunizieren.

## Fazit

Local-First Cooperation ermöglicht autonomes Verhalten und komplexe Problemlösung auf Basis aktueller IT-Technologien. Konzepte der verteilten KI (Software-Agenten) können auf dieser Basis mit modernen Methoden umgesetzt werden – um, mittels der Self-x-Fähigkeiten des Organic Computing, eine organische Selbstorganisation der komplexen Systeme zu ermöglichen. Erfolgsversprechende Ansätze finden sich für die Aufgaben der Fertigungsplanung, -steuerung und -überwachung des Industrial Internet of Things. <

## LITERATUR

- [1] heise online, „Industrielle IT: So bringt Local-First Cooperation die IT in die Fabrikhalle“, iX Magazin. <https://www.heise.de/hintergrund/Industrielle-IT-So-bringt-Local-First-Cooperation-die-IT-in-die-Fabrikhalle-6475210.html> (zugegriffen 14. März 2022).
- [2] T. Schöler, S. Pröll, L. Kögel, und T. Hanka, „4. Software-Agenten zur Integration von Prozessen in der Fertigungs- und Gebäudeautomatisierung“, in Softwareagenten in der Industrie 4.0, De Gruyter Oldenbourg, 2018, S. 67–88.
- [3] C. Müller-Schloer, Hrsg., Organic computing: a paradigm shift for complex systems. Basel: Birkhäuser, 2011.



PROF. DR.-ING.  
HONORARY DOCTOR OF ONPU  
THORSTEN SCHÖLER

Projektleitung

Fakultät für Informatik  
HSA\_dsg  
(Distributed Systems Group)  
thorsten.schoeler@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
DR.-ING. CHRISTOPH LEGAT

Fakultät für Informatik  
HSA\_dsg  
(Distributed Systems Group)  
christoph.legat@hs-augsburg.de

Förderung  
Verschiedene Drittmittelgeber

Laufzeit  
Durchgängiges Forschungsthema  
der Forschungsgruppe HSA\_dsg

Website des Projekts  
[https://www.tha.de/Informatik/  
THA-air/Local-First-Cooperation.html](https://www.tha.de/Informatik/THA-air/Local-First-Cooperation.html)

# KI in der Produktionsplanung

## Entwicklung eines intelligenten Entscheidungsunterstützungssystems

> Das Projekt intelliPro hat sich zum Ziel gesetzt, ein KI-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem (EUS) zur intelligenten Produktionslinienplanung zu entwickeln, um die Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen zu verbessern. Das dafür gebildete Konsortium erarbeitet und erprobt das System an konkreten Anwendungsfällen aus der Praxis. Dabei werden Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) eingesetzt, um die hochkomplexen Entscheidungen, die sowohl technische als auch betriebswirtschaftliche und organisatorische Aspekte berücksichtigen, zu vereinfachen.

Produzierende Unternehmen, gerade in der Automobil-Zuliefererindustrie, müssen sich schnell an sich verändernde Marktbedingungen anpassen. Zunehmend zeigt sich die Notwendigkeit der schnellen und flexiblen Anpassung von Produktionssystemen, die durch eine stark schwankende Nachfrage und die schnelle Entwicklung neuer Produkte bestimmt ist. Die digitale Planung von Produktionslinien bietet hierbei erhebliche ökonomische Potentiale, ist jedoch von einer hohen Komplexität geprägt, da die notwendigen Entscheidungen in einem hochdimensionalen Entscheidungsraum getroffen werden müssen.

### Ziele des Projekts

Die Auslegung von Produktionslinien wird heute hauptsächlich manuell erledigt, wobei deren Ergebnisqualität stark von dem Erfahrungsschatz und dem Know-how der verantwortlichen Mitarbeiter:innen abhängt. Begleitend werden dazu einzelne, nicht vernetzte Simulationen des Produktionsprozesses durchgeführt, wobei lediglich Teilprobleme optimal geplant werden, jedoch eine bestmögliche Planung des kompletten Prozesses nicht garantiert werden kann. Das Ziel des Forschungsprojekts intelliPro ist deshalb, ein KI-basiertes EUS zur intelligenten Produktionslinienplanung zu entwickeln,

das eine insgesamt optimale Lösung für neue Produktionslinien findet. Die entwickelte Methode muss dabei eine akzeptable Laufzeit für Anwendungen in der Praxis besitzen. Der zu erarbeitende Algorithmus soll weiterhin gewährleisten, dass eine kurzzeitige Neuausrichtung von Produktionslinien und deren Planung hinsichtlich unbeständiger Markt- und Kundenanforderungen langfristig schnell, kostengünstig und möglichst effizient stattfinden kann.

### Umsetzung

Nach dem erfolgreichen Start des Forschungsprojekts im September 2021 wurde in der ersten Planungsphase die grundlegende Projektstruktur definiert. Dabei wurde das Vorhaben in sieben thematische Module gegliedert und zwischen den Konsortialpartnern aufgeteilt. Der Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen der Technischen Universität München beschäftigt sich mit der Modellierung der Produktionsprozesse und deren Wechselwirkungen mit den Produkteigenschaften. Hierbei wird auf eine graphenbasierte Beschreibung der Prozessschritte gesetzt, um mögliche Montagereihenfolgen zu generieren. Der Industriepartner Faurecia Clean Mobility übernimmt die Entwicklung der übergreifenden Kostenbetrachtung (Costing) und die Beschreibung der Werkzeuge (Tooling), die bei den einzelnen Prozessschritten benötigt werden. Die Auswahl der passenden Maschinen und das Produktionslinienlayout legt die Technische Hochschule Augsburg fest. Die Umsetzung ist als Optimierungsproblem geplant, das mittels populationsbasierter Algorithmen – wie beispielsweise genetische Algorithmen – gelöst wird. Des Weiteren übernimmt die Hochschule die Selektion potentieller Werke, in denen die Linie

aufgebaut wird. Der Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik steuert das projektübergreifende Datenmodell und den Entwurf des Architekturmodells bei und koordiniert die Datenflüsse zwischen den einzelnen Modulen, wobei auch die erfolgreiche Verknüpfung aller Module im finalen System sichergestellt werden soll.

Um die Umsetzung in den einzelnen Teilmodulen validieren zu können, wird das EUS exemplarisch an einem bereits vorhandenen Produkt getestet und mit den manuellen Planungsergebnissen verglichen.

### Ausblick/Fazit

Im bisherigen Projektverlauf konnten schon vielversprechende Zwischenergebnisse erzielt werden: So sind bereits erste Ansätze für die graphenbasierte Beschreibung der Montageschritte und Optimierungsmodelle für die Produktionslinie erarbeitet worden. Diese sollen in Zukunft gemeinsam mit den Fortschritten der anderen Module in die Entwicklung verschiedener Ausbaustufen des finalen Systems münden.

Die erarbeiteten Ergebnisse sollen den Konsortialpartnern befähigen, sich systematisch mit der intelligenten Produktionsplanung auseinanderzusetzen und somit auch den Wirtschaftsstandort Bayerisch-Schwaben wettbewerbsfähiger gestalten. <



**PROF. DR. BJÖRN HÄCKEL**  
Projektleitung

Fakultät für Informatik  
HSA\_innos  
Technologietransferzentrum  
Data Analytics  
bjoern.haekkel@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
**PROF. DR.-ING. STEFAN BRAUNREUTHER**  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
stefan.braunreuther@hs-augsburg.de

**MARCEL ÖFELE, M. SC.**  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
marcel.oefele@hs-augsburg.de

Partner  
**KLAUS SPINDLER**  
Faurecia Clean Mobility, Augsburg

**PROF. DR. BJÖRN HÄCKEL**  
Institutsteil Wirtschaftsinformatik  
des Fraunhofer FIT, Augsburg

**LUKAS WILLBURGER, M. SC.**  
Institutsteil Wirtschaftsinformatik  
des Fraunhofer FIT, Augsburg

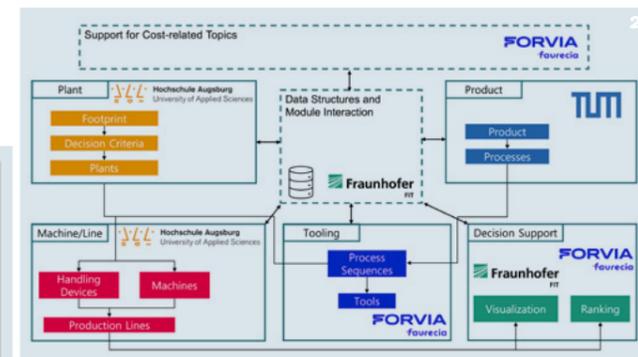
**DR.-ING. CHRISTOPH HARTMANN**  
Lehrstuhl für Umformtechnik  
und Gießereiwesen, Technische  
Universität München

Förderung  
StMWi (Bayerisches Staatsministerium  
für Wirtschaft, Landesentwicklung  
und Energie), München

VDI/VDE Innovation + Technik  
GmbH, München

Laufzeit  
2021 – 2023

Website des Projekts  
www.hs-augsburg.de/  
Forschungsschwerpunkte/KI-  
Produktionsnetzwerk/KI-gestuetzte-  
Risikoanalyse-in-digitalen-  
Wertschoepfungsnetzen/intelliPro



- 1 Produktionslinienlayout mit vier Maschinen und drei Werkern.
- 2 Modulinteraktion in intelliPro.
- 3 CAD-Modell des Testprodukts.

# Multi-Gigabit-Drehübertrager

Vom kontaktierenden Schleifring zum Multi-Mode Wave Orbit

> Die Anforderung, Daten immer schneller und effizienter zu übertragen, stellt die innovationsgetriebene Drehübertrager-Branche vor immer neue Herausforderungen. Inmitten dieses stetigen Wandels positioniert sich das Forschungsprojekt „Millimeterwellen-Drehübertrager“. Das Projekt reagiert auf Entwicklungen des Halbleitermarkts, der im Frequenzbereich der Millimeterwellen zunehmend hochintegrierte und damit effiziente Lösungen bietet. Das Destillat der Fusion der beiden Themenbereiche – Drehübertrager und Millimeterwellen – war die Erfindung eines neuartigen Drehübertrager-Designs: des Multi-Mode Wave Orbit.

## Motivation und Projektziele

Alle 18 Monate verdoppelt sich die Komplexität integrierter Schaltkreise mit minimalen Komponentenkosten und folgt somit einer exponentiellen Wachstumskurve. Diese Erkenntnis aus der Computerbranche trifft in gleicher Form auf den Kommunikationssektor zu. Der Bedarf an Bandbreite bei der Datenübertragung steigt seit jeher exponentiell an und stellt Forscher:innen und Entwickler:innen vor neue Herausforderungen. Moderne Funkstandards für 5G oder WLAN (IEEE 802.11ad, 802.11ay) dringen dafür in bislang ungenutzte Frequenzbereiche vor, die sogenannten Millimeterwellen bei zum

Beispiel 60 GHz. Diese technologische Entwicklung ermöglicht es, neuartige Drehübertrager-Designs zu realisieren.

Drehübertrager finden sich in vielen verschiedenen Anwendungen, bei denen Daten von einem rotierenden Teil (Rotor) zu einem feststehenden Teil (Stator) übertragen werden. Der kontaktierende Schleifring ist die älteste Form des Drehübertragers und wird noch heute in vielen Anwendungen eingesetzt. Sobald höhere Datenraten und ein sogenanntes freies Rotationszentrum notwendig sind – wie zum Beispiel bei einem CT-Scanner (siehe Abb. 1) oder einem Body-Scanner – sind aufwendigere kontaktlose Drehübertrager erforderlich [1-3].

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, den Nutzen der Millimeterwellentechnologie für diese Applikationen zu ergründen. Die zentralen Fragestellungen behandelten die Eignung dieser Technologie zum Einsatz in Drehübertragern sowie die Möglichkeiten ihrer Integration in neuartige Drehübertrager-Designs.

## Methoden und Aufgaben

Das Forschungsvorhaben wurde auf drei Säulen aufgebaut: Modellbildung, Simulation und Messung. Auf der Basis der Simulations-Software Matlab wurden zwei Kanalmodelle entwickelt. Eines repräsentiert die direkte Funkverbindung zwischen Rotor und Stator, und ein weiteres repräsentiert die Führung der Funkwellen durch einen neuartig gestalteten Drehübertrager (siehe Abb. 2). Die dadurch ermittelten Kanaleigenschaften erlaubten es, die Qualität des Kanals abzuschätzen. Zusätzlich wurde eine sogenannte End-To-End-Simulation bestehend aus in Matlab verfügbaren WLAN-Modellen und den genannten Kanalmodellen erstellt. Damit konnte der Einfluss der spezifischen Kanaleigenschaften auf die Übertragungsqualität des Funkstandards überprüft werden. Parallel dazu wurden Prototypen des Drehübertragers erstellt und mit Funkmodulen verschiedener Hersteller getestet.

Alle drei Untersuchungen zeigten, dass das neue Drehübertrager-Konzept unter Einhaltung gewisser Systemparameter und insbesondere bei hohen Drehgeschwindigkeiten deutliche Vorteile gegenüber der direkten Verwendung der Funkmodule aufweist. Nach dem Durchlaufen einiger Optimierungsschleifen waren die Systemparameter gefunden und ein neues Drehübertrager-Design war geboren: der Multi-Mode Wave Orbit [1, 2].

## Ausblick und Potenziale

Mit den entwickelten Prototypen (siehe Abb. 2) konnte gezeigt werden, dass unter Verwendung von 60 GHz-Funkmodulen nach Stand der Technik (802.11ad) mit einer Kanalbandbreite von 1.76 GHz und einem freien Rotationszentrum von 1.1 m eine Datenrate von 2 Gbps erreicht wird. Der Nachfolgestandard (802.11ay) ermöglicht bei gleichem Drehübertrager-Design durch sogenanntes Channel Bonding eine Datenrate von 8 Gbps. Zukünftige Funkstandards im Sub-Terahertz-Bereich von etwa 300 GHz werden ein Vielfaches der bisher erreichten Datenraten bieten.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelten Modelle und Erkenntnisse können auch für kommende Technologien zur Optimierung und Systemauslegung genutzt werden. In Kooperation mit führenden Industriepartner:innen wird nun weiterhin erforscht, wie sich die Technologie des Multi-Mode Wave Orbit in verschiedenen Applikationen zielführend integrieren lässt. <

## LITERATUR

- [1] C. Panhans and R. Stolle, „Multi-Mode Wave Orbit for Multigigabit Transmission via Rotary Transmitter with a Free Rotation Center“, 2021, International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC), 2021, pp. 211-216, doi: 10.1109/ATC52653.2021.9598294.
- [2] C. Panhans and R. Stolle, „Characterization of a 60 GHz Multi-Mode Wave Orbit Rotary Transmitter“, Southeast-Con 2022, 2022, pp. 535-541, doi: 10.1109/Southeast-Con48659.2022.9764054.
- [3] C. Panhans and R. Stolle, „High Bandwidth Contactless Rotary Transmitter Design Optimized for Baseband Transmission“, 2019, 11th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICITED.2019.8929945.



PROF. DR.-ING.  
REINHARD STOLLE  
Projektleitung

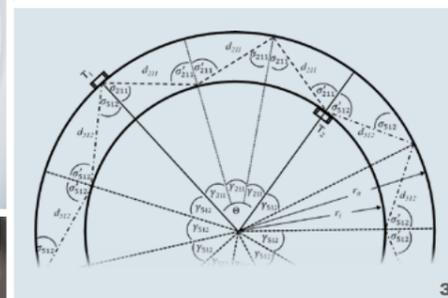
Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired  
reinhard.stolle@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
CHRISTIAN PANHANS  
Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired  
christian.panhans.@gmail.com

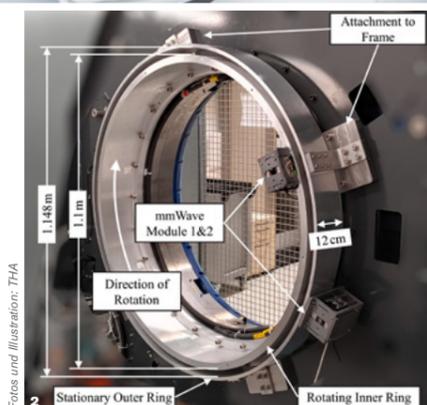
Förderung  
Auftragsforschung

Laufzeit  
2019 – 2023

Website des Projekts  
www.hs-augsburg.de/en/  
Electrical-Engineering/HSA-ired/  
High-frequency-systems



- 1 CT Scanner (Computer Tomograph) im Einsatz.
- 2 Prototyp eines Multi-Mode Wave Orbit.
- 3 Testmessung des erreichbaren Datendurchsatzes (TP) und sogenannter Modulation and Coding Schemes (MCS) über einen Winkelbereich von 360° unter Verwendung eines 802.11ad Millimeterwellen-Transceivers.



# Emotionen im Fokus

## User Experience individuell optimieren

> **Emotionen verraten häufig mehr über den Zustand von Menschen als Worte allein. Sie verändern sich situationsabhängig und liefern wichtige Anhaltspunkte für Kommunikationspartner:innen. Unsere SitAdapt-Umgebung beobachtet Benutzer:innen bei ihrer Arbeit an Bildschirmen oder mobilen Geräten. Visuelle Emotionen, Sprache, Augenbewegungen, Pulsfrequenz und Gehirnströme (EEG) lassen sich aufzeichnen und analysieren. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit zur Entwicklung von adaptiven Softwaresystemen und Beratungssystemen für Online-Meetings, die individuell und in Echtzeit auf emotionale Veränderungen reagieren.**

Während in der Vergangenheit bei Usability-Evaluationen die kognitive Beanspruchung der Benutzer:innen und die ergonomische Gestaltung des User Interface im Mittelpunkt stand, entstehen durch die Fokussierung auf das Gebiet der User Experience ganz neue Qualitätsanforderungen. Neben der Sicherstellung der effektiven Aufgabenerfüllung erlauben Echtzeitanalyse und Protokollierung der User-Emotionen nicht nur eine zielgerichtete User-Interface-Optimierung, sondern auch die selbstständige Reaktion der Software auf Stimmungswechsel und individuelle ergonomische Bedürfnisse der User:innen.

Unsere aktuellen Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf drei Bereiche:

- Evaluation geeigneter Anwendungsdomänen für den Einsatz emotionserkennender Verfahren
- Entwurf modellbasierter Entwicklungsumgebungen für Echtzeit-adaptive interaktive Systeme
- Erforschung visueller und physiologischer Emotionserkennungs-Methoden

### Anwendungsfelder

E-Commerce-Anwendungen wie Online-Shops profitieren stark von kundenspezifischen Inhalts-Anpassungen und Benutzungsoberflächen. Neben Tracking, Datenanalyse und User-Personas, können auch individuelle – durch simultane Auswertung des Emotions- und Eyetracking-Verlaufs ermöglichte – Anpassungen die digitale Customer

Journey verbessern [1]. Die eingesetzte Emotionserkennungssoftware wertet die Positionen von etwa 500 Punkten in einem über das Gesicht gelegten Netz aus. Muskelbewegungen verändern das Netz und andere Grundemotionen werden erkannt (Bild 1). Parallel dazu ermittelt ein Eyetracker den Blickverlauf der Benutzer:innen bei ihrer Arbeit mit der interaktiven Applikation. Die Auswertung dieser kombinierten Daten liefert tiefe Einblicke in die Effektivität der Aufgabenerfüllung, den Stimmungsverlauf während der User-Session und die Usability-Eigenschaften der Software.

Ausgehend von unseren Forschungsergebnissen bei E-Commerce-Anwendungen haben wir unser Blickfeld erweitert. Eine im Jahr 2021 gestartete Doktorarbeit in Kooperation mit der Universität Rostock soll nun theoretisch und experimentell Möglichkeiten überprüfen und Use-Cases definieren, um in virtuellen Online-Gruppen-Meetings den Moderator:innen und Teilnehmenden Feedback zum emotionalen Verhalten und beratende Informationen zur Steuerung der Diskussionen zu liefern.

### Entwicklungsumgebungen für adaptive Softwaresysteme

Eine weitere Doktorarbeit – ebenfalls in Kooperation mit der Universität Rostock – widmet sich dem Entwurf des modellbasierten Softwareentwicklungssystems SitAdapt, mit dem adaptive Web-Applikationen und Apps gebaut werden können, die in Echtzeit auf den Verlauf des Interaktionsverhaltens, den Anwendungskontext, das Benutzer:innenprofil und Veränderungen der Emotionen der User:innen reagieren [2]. Anpassungen der Oberfläche und der präsentierten Inhalte werden dabei durch Situationsregeln ausgelöst, die während der Entwicklungsphase festgelegt werden. Zurzeit testen wir die Möglichkeiten des Systems mit einem adaptiven Reisebuchungsportal (Bild 2 und Bild 3).

### Emotionserkennung durch EEG-Analyse

Unser wissenschaftliches Interesse gilt auch der Auswertung von EEG-Signalen, die mit einem Brain-Computer-Interface (BCI) aufgezeichnet werden.

Aus den Daten können mit einer Analyse-Pipeline vielfältige Emotionsäußerungen herausgefiltert werden (Bild 4). Um zukünftig kompakte Headsets zu ermöglichen, die neben Kopfhörer und Mikrofon auch eine EEG-Aufzeichnungsfunktion bereitstellen, kommt es darauf an, mit möglichst wenigen Sensoren die EEG-Signale aufzuzeichnen, die maßgeblich an der Erzeugung der Emotionen beteiligt sind. In einem ersten Schritt gelang es uns, alle bekannten dafür geeigneten Verfahren zu evaluieren und auf die vielversprechendsten zu reduzieren [3]. Im Rahmen einer Masterarbeit sollen nun die Ergebnisse verfeinert und in qualitativen Studien zur Praxistauglichkeit weiterentwickelt werden.

### Fazit

Das Zusammenführen emotionsgesteuerter User-Experience-Optimierung und detaillierter Usability-Analyse führt zu Win-Win-Situationen für beide Seiten: Wohlbefinden und Freude der User:innen während ihrer produktiven Arbeit und hohe Akzeptanz der interaktiven Applikations- und Service-Umgebungen der Software-Anbieter. Eine große Vielfalt von industrienahe Themenbereichen wartet in diesem Themenbereich auf Bearbeitung. <

### LITERATUR

- [1] Martin, C., Bissinger B.C., Asta, P. (2021). Optimizing the Digital Customer Journey – Improving User Experience by exploiting Emotions, Personas and Situations for Individualized User Interface Adaptations. Journal of Consumer Behaviour, 1-12, <https://doi.org/10.1002/cb.1964>
- [2] Herdin, C., Martin, C. (2022). Enabling Situation-aware User Interface Behavior by Exploiting Emotions and Advanced Adaptation Techniques. In: M. Kurosu (Ed.): HCII 2022, LNCS 13303, Springer Nature Switzerland, [https://doi.org/10.1007/978-3-031-05409-9\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-031-05409-9_27)
- [3] Balic, S., Kleybolte, L., Martin, C. (2022). A Swarm Intelligence Approach: Combination of Different EEG-Channel Optimization Techniques to Enhance Emotion Recognition. In: M. Kurosu (Ed.): HCII 2022, LNCS 13303, Springer Nature Switzerland, [https://doi.org/10.1007/978-3-031-05409-9\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-031-05409-9_23)



**PROF. DR.-ING. CHRISTIAN MÄRTIN**  
Projektleitung

Fakultät für Informatik  
Forschungsgruppe HSA\_aue  
[Christian.Maertin@hs-augsburg.de](mailto:Christian.Maertin@hs-augsburg.de)

Weitere Beteiligte  
**DIPL. WIRTSCHAFTSINF. CHRISTIAN HERDIN, M. SC., DOKTORAND**  
Fakultät für Informatik,  
HSA\_aue,  
[Christian.Herdin@hs-augsburg.de](mailto:Christian.Herdin@hs-augsburg.de)

**BÄRBEL CHRISTINE BISSINGER, M. SC.,**  
externe Doktorandin  
Fakultät für Informatik,  
HSA\_aue,  
[Baerbel.Bissinger@hs-augsburg.de](mailto:Baerbel.Bissinger@hs-augsburg.de)

Partner  
**PROF. DR. MICHAEL FELLMANN**  
Universität Rostock,  
Wirtschaftsinformatik,  
Rostock

**PROF. DR.-ING. PETER FORBRIG**  
Universität Rostock,  
LS Softwaretechnik,  
Rostock

Förderung  
Frühere Kooperation mit der  
Dr. Grandel GmbH (bis 2019)

Laufzeit  
2017 – 2022

Website des Projekts  
[www.hs-augsburg.de/Informatik/HSA-aue](http://www.hs-augsburg.de/Informatik/HSA-aue)

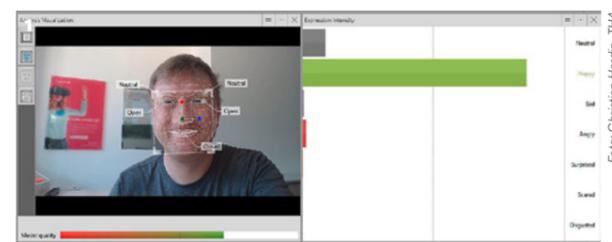


Foto: Christian Herdin, THA

- 1 FaceReader Emotionserkennungssoftware.
- 2 Reisebuchungsportal: Web-Ansicht.
- 3 Reisebuchungsportal: Smartphone-Ansicht.
- 4 Modell-Architektur zur EEG-Emotionserkennung.

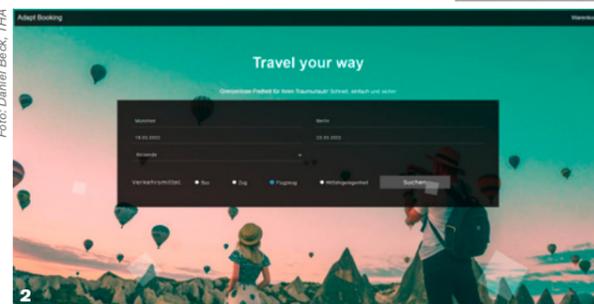


Foto: Daniel Beck, THA

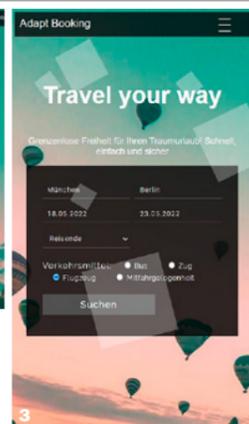


Foto: Daniel Beck, THA

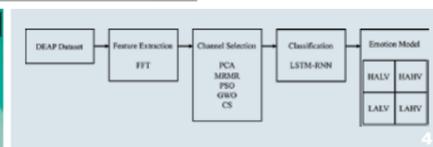


Foto: THA

# Hochschulleben digital

Mit gP cycle zu neuer Campus-App und Badges

> **Neu gewonnene Kompetenzen digital sichtbar machen? Eine neue App für Studierende und Lehrende? Im Projekt gP cycle wird eine Anwendungsstrategie von „Badges“ entwickelt. Die Abzeichen sind Teil des strukturierten Förderprogramms, das eine mobil nutzbare Campus-App mit dem digitalen Ökosystem der Technischen Hochschule Augsburg (THA) verknüpft. Erklärte Ziele sind, die Studierfähigkeit zu erhöhen und die Lehre zu professionalisieren. Mit der neuen App folgen wir unserer Vision, die Technische Hochschule Augsburg als Innovator im Bereich Hochschullehre zu positionieren.**

## Badges als Recruiting-Booster

Die Vergabe von Badges birgt vielfältige Potenziale. Allem voraus werden dadurch Recruiter:innen aufmerksam auf Skills, die über fachliche Kenntnisse hinausgehen. In Form einfacher Bilder erleichtern sie die Zertifizierung von Fähigkeiten und Lernerfolgen, die außerhalb der formalen Bildungsprogramme erworben wurden. Ihnen ist eine Vielzahl an Metadaten hinterlegt. Diese spiegeln neben Informationen über die erreichten Leistungen auch Angaben über die Badge-Tragenden sowie über die ausstellende Institution.

Das Präsentieren der Badges in sozialen Netzwerken erlaubt den Absolvent:innen der Hochschule die Darstellung ihrer Kompetenzen beim Übergang von der Wissenschaft zum Arbeitsmarkt [1].

## Wie funktionieren Badges?

Das Badging-System sieht wie folgt aus: Die Hochschule agiert als Aussteller von Badges. Basierend auf einem offenen Standard lassen sich diese im hochschulischen Kursmanagementsystem Moodle mit spezifischen Metadaten anlegen und an THA-Mitglieder vergeben. So können beispielsweise THA-Badges für die Teilnahme an Schulungen der Bibliothek zum

wissenschaftlichen Arbeiten oder des Career Services bei Workshops zum Projektmanagement ausgestellt werden. Auch für Sprachkurse bieten sich feingranulare Badges an. Möchten die Erwerber:innen nach Abschluss der Sessions die eigene Profilentwicklung nicht nur innerhalb von Moodle anzeigen, so ist die Verknüpfung zu einem Badge-Backpack-Anbieter notwendig. Dieser bietet den Service an, die Badges auch außerhalb des Hochschulnetzwerkes zu präsentieren, etwa auf LinkedIn oder Twitter. Der Backpack-Provider macht zudem die Verwaltung externer Badges sowie der THA-Badges auch nach Verlassen der Hochschule möglich.

## Lernen in Häppchen

Mit Blick auf die Organisation des Lernens fördern Badges erwiesenermaßen die Motivation von Lernenden. Das „Lernen in Häppchen“ erhält durch Möglichkeiten der Abstufungen bei komplexen Kompetenzen einen neuen Spielraum. Das Projekt gP cycle entwickelt Kompetenzraster für Studierende und Lehrende, die als praktische Orientierungshilfen für eine leichtere Bewältigung des individuellen Hochschulalltags dienen sollen. Mit Tools der Diagnostik wird so eine Rahmenstruktur zur gezielten Profilschärfung angeboten, die ebenso als Vorlage für die Badge-Generierung dient. Durch eine systematische Analyse bestehender Kompetenzraster sowie des Bedarfes, der im Dialog mit Hochschulangehörigen und Expert:innen eruiert wird, knüpft das Projekt damit an die im Februar 2022 veröffentlichte, zweite große Version der Klassifikation ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations) der Europäischen Kommission an. Mit einer Annäherung an die Schemata der EU unterstützt gP cycle den gewünschten Ausbau einer „gemeinsamen Sprache“ für Berufe und Kompetenzen [2].

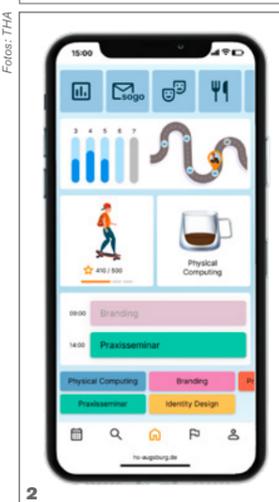
## Neue Campus-App für die Hochschule

Ziel ist, die Verwaltung der Badges über eine neue Campus-App zu ermöglichen. Die Entstehung der Progressive Web App basiert auf der Vision, Studierende und Lehrende entlang ihres jeweiligen Lifecycle digital zu begleiten. Das durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre geförderte Projekt gP cycle, bestehend aus Didaktiker:innen und Techniker:innen, verfolgt diese Vision mit einem agilen Evaluierungs- und Entwicklungsprozess.

Mit einem Rat aus Expert:innen sowie den Studierenden und Lehrenden der Hochschule werden Use Cases eruiert und deren Minimalanforderungen iterativ in Scrum-Sprints im sogenannten Working Skeleton (vertikaler Prototyp) lauffähig implementiert. In Design-Thinking-Workshops begaben sich Studierende auf Bedürfnisermittlung entlang ihres Lifecycle. In Kooperation mit Prof. Kai Bergmann von der Fakultät für Gestaltung erstellten Studierende im Bereich Interfacedesign erste klickbare, ästhetisch-ansprechende Prototypen. Nicolas Herschke, Studiengang Interaktive Medien, widmete seine Bachelorarbeit dem „Campus-Tool für selbstbestimmtes Studieren und soziale Vernetzung“ und zog dabei auch Features aus dem Bereich Gamification heran, die eine gesteigerte Motivation durch das Tracken und Belohnen von Lernfortschritten visualisieren [3]. Funktionen wie Quiz und Frühwarnsysteme zahlen ebenso auf eine motivierende wie reflektierende Lernumgebung ein. <

## LITERATUR

- [1] Hochschulrektorenkonferenz (HRK) (2020). Micro-Degrees und Badges als Formate digitaler Zusatzqualifikation. Empfehlung der 29. HRK-Mitgliederversammlung vom 24.11.2020. [https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-01-Beschlusse/Empfehlung\\_Micro-Degrees\\_und\\_Badges\\_HRK\\_MV\\_24112020.pdf](https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-01-Beschlusse/Empfehlung_Micro-Degrees_und_Badges_HRK_MV_24112020.pdf)
- [2] Europäische Kommission (2022). What is ESCO? <https://ec.europa.eu/esco/portal/howtouse/21da6a9a-02d1-4533-8057-dea0a824a17a>
- [3] Herschke, N. (2022). Ein Campus-Tool für selbstbestimmtes Studieren und soziale Vernetzung. (Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Studiengang Interaktive Medien). Hochschule Augsburg.



- 1 Entwürfe der THA-Badges.
- 2 Entwurf für die Campus-App der Studierenden Kristina Namajuschka, Melisa Sener und Miriam Stemmer des Designprojekts von Prof. Kai Bergmann.
- 3 Design-Thinking-Workshops mit Studierenden.
- 4 Förderer des gP cycle-Projekts.



**PROF. DR. MICHAEL KIPP**  
Projektleitung

Didaktik-Medien-Zentrum  
kipp@hs-augsburg.de

**Weitere Beteiligte**  
**LENA WAGNER**  
Didaktik-Medien-Zentrum  
lena.wagner@hs-augsburg.de

**ANGELA PROCHASKA**  
Didaktik-Medien-Zentrum  
angela.prochaska@hs-augsburg.de

**Förderung**  
Stiftung Innovation in der  
Hochschullehre, Hamburg

**Laufzeit**  
2021 – 2024

**Website des Projekts**  
<https://www.hs-augsburg.de/gpcycle>

# Netzwerk digitale Supply Chains

Bausteine für die sichere Digitalisierung von Prozessketten in KMU

> Das Netzwerk für Digitale Supply Chains NetDiSC wurde 2018 an der Hochschule Augsburg gegründet. Ein interdisziplinäres Forschungsteam aus der Forschungsgruppe für optimierte Wertschöpfung (HSA\_ops) und dem Institut für innovative Sicherheit (HSA\_innos) widmete sich seitdem verschiedenen Aspekten der Digitalisierung von Lieferketten insbesondere kleiner, mittlerer und mittelständischer Unternehmen (KMU). Gemeinsam mit zwölf Partner:innen wurde im Sinne der angewandten Forschung an den Themen Geschäftsmodellentwicklung, IT-Sicherheit, Supply Chain Digitalisierung und Supply Chain Risikomanagement gearbeitet.

Die Arbeiten im Forschungsprojekt NetDiSC haben schwerpunktmäßig in den durch die COVID-19-Pandemie geprägten Jahren stattgefunden. Diese turbulente Zeit hat Herausforderungen aber auch besondere und neue Fragestellungen mit sich gebracht. Eine Auswahl der Aktivitäten in NetDiSC sind im Folgenden bezogen auf die vier großen Themenfelder des Projektes zusammengefasst.

## Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle

Gemeinsam mit ausgewählten Partner:innen des Netzwerkes wurde eine Vorgehensweise zur strukturierten Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle ausgearbeitet und erprobt.

Basierend auf der bekannten Methode des Business Model Canvas wurden Workshops mit Unternehmen durchgeführt und die Bedeutung von Digitalisierung für das bestehende Geschäftsmodell analysiert und notwendige Anpassungen beschrieben. Schritte zur Weiterentwicklung des Geschäftsmodells hin zu digitalen Lösungen wurden mit geeigneten Methoden untermauert und zur Nutzung aufbereitet.

Bei zwei Partner:innen konnten die Workshops zu Ende gebracht werden bevor die Pandemie interaktive Workshops unmöglich machte. In diesen Unternehmen wird aktuell mit den Ergebnissen gearbeitet und entwickelte Geschäftsmodellinnovationen werden weiter vorangetrieben.

## IT-Sicherheit

Die Sicherheit digitaler Supply Chains basiert unter anderem auf hardware-nahen Sicherheitskonzepten und Konzepten, die sich auf Kommunikationsprozesse sowie Datenspeicherung und -übertragung beziehen. Im erstgenannten Bereich wurde gemeinsam mit einem Netzwerkpartner eine sichere Identität und sichere Kommunikation für industrielle Sensoren implementiert. Verlässliche Informationen aus Sensoren sind wesentlich für Anwendungen wie zum Beispiel die vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance).

Zur Sicherung der Daten und Kommunikationsprozesse werden verschiedene Standards und Zertifizierungen angeboten. Für KMU stellen die zugrundeliegenden Prüfverfahren eine große Herausforderung dar. Häufig fehlt es an Kapazitäten zur Vorbereitung und Durchführung der Standardisierungs- bzw. Zertifizierungsverfahren. Eine Roadmap zur Vereinfachung der Vorbereitung für solche Verfahren für KMU wurde im Rahmen des Projekts entwickelt und wird bis zum Projektende 2022 finalisiert.

## Supply Chain Digitalisierung

Bindeglied in unternehmensübergreifenden Lieferketten sind die dazwischenliegenden Transportverbindungen. Diese werden in der Regel durch Logistikdienstleister oder Transportunternehmen durchgeführt. Digitalisierungslücken an hier entstehenden Schnittstellen zwischen Unternehmen sind keine Seltenheit. Ein Grund ist, dass bei Dienstleistern Lieferketten unterschiedlicher Unternehmen in gleichen Prozessen integriert abgewickelt werden. Im Projekt NetDiSC wurde eine Geschäftsidee entwickelt, die diese Prozesse von Transportdienstleistern weiter digitalisiert und deren Effizienz weiter verbessert. In einer Vorgründungsphase wurde die Geschäftsidee vorangetrieben. Dieser Teil des Projekts wurde als Gründung ausgegliedert und wird aktuell durch eine EXIST-Förderung weiter vorangetrieben.

## Supply Chain Risikomanagement

Besonders in den Jahren 2020 und 2021 stellte die COVID 19-Pandemie eine Herausforderung für die Arbeiten im Projekt dar. Interaktive Arbeiten im Netzwerk mussten eingestellt werden. Zeitgleich förderte die Pandemie Versorgungsrisiken zu Tage, die bisher unterschätzt wurden. Dieses Thema wurde als vierter Themenfokus mit in das Projekt integriert. Basierend auf qualitativen Befragungen innerhalb der Netzwerkpartner:innen, auf Analyse von Studien zu Auswirkungen der Pandemie und auf einer strukturierten Literaturrecherche zu Supply Chain Risk Management entsteht aktuell eine Metastudie zum Supply Chain Risikomanagement.

Es ist zu erwarten, dass Erfahrungen aus der Pandemie und ganz aktuell Erfahrungen aus dem Ukrainekrieg dazu führen, dass Unternehmen ihren Zulieferern Risikopläne abverlangen. Diese bereits bekannte Vorgehensweise wird mit großer Wahrscheinlichkeit weiter ausgerollt. Ausgehend von der Metastudie sollen diesbezüglich Handlungshilfen für KMU entwickelt werden.

## Anschlussfähigkeit zum Projekt KI-Produktionsnetze

Insbesondere die Ergebnisse und Aktivitäten aus den Themenfeldern Geschäftsmodellentwicklung und Supply Chain Risikomanagement werden im Projekt KI-Produktionsnetze verwertet und weitergeführt. <

## LITERATUR

Osterwalder, A.; Pigneur, Y. (2011): „Business Model Generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer“;

Campus Verlag; 1. Edition, 2011.  
Merktle, T. (2022): „Potenziale digitaler Technologien für Nachhaltigkeit in Geschäftsmodellen bei KMU“; Shaker, 2022.



**PROF. DR. MICHAEL KRUPP**  
Projektleitung

Fakultät für Wirtschaft  
Forschungsgruppe für optimierte Wertschöpfung HSA\_ops  
michael.krupp@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
**PROF. DR. BJÖRN HÄCKEL**  
Fakultät für Informatik  
Forschungsgruppe für innovative Sicherheit HSA\_innos  
bjoern.haekkel@hs-augsburg.de

**PROF. DR. DOMINIK MERLI**  
Fakultät für Informatik  
Forschungsgruppe für innovative Sicherheit HSA\_innos  
dominik.merli@hs-augsburg.de

**PROF. DR. PETER RICHARD**  
Fakultät für Wirtschaft  
Forschungsgruppe für optimierte Wertschöpfung HSA\_ops  
peter.richard@hs-augsburg.de

**Förderung**  
NetDiSC wird gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst (StMWK).

**Förderung**  
2017 – 2022  
(pandemiebedingt verlängert)

**Partner**  
BWF Group  
Dobler GmbH & Co. KG  
Bauunternehmung  
Eigner Bauunternehmung GmbH  
Günzburger Steigtechnik GmbH  
HWK Schwaben  
IHK Schwaben  
Konrad Kleiner GmbH & Co. KG  
perfecta Fenster Vertriebs- und Montage GmbH  
(assoziierter Praxispartner)  
Renk AG  
seele Gruppe  
Sortimo Services & Technology GmbH (assoziierter Praxispartner)

**Website des Projekts**  
www.hs-augsburg.de/netdisc



Workshop im Rahmen von NetDiSC.

# Vereint durch Neugierde und Schaffensfreude

Warum Gründen und Forschen bestens zusammenpassen

> **Forschende und Gründende haben mehr gemeinsam als man im ersten Moment denkt. Beide haben sich etwas sehr Wesentliches bewahrt: Neugierde und Schaffensfreude. Während Forscher:innen an der Technischen Hochschule Augsburg (THA) unermüdlich nach neuen Lösungen zur Verbesserung unseres Lebens streben, stellen sich auch unsere Gründer:innen der spannenden Herausforderung, Geschäftsideen zu verwirklichen, die unsere Welt ein bisschen besser oder einfacher machen. Treffen also Forscherdrang und Gründergeist aufeinander, so entstehen marktfähige Produkte, die den gesellschaftlichen Wandel nachhaltig prägen.**

Neugier wird in der Psychologie als eine von sechs angeborenen Grundemotionen des Menschen definiert. Dank unserer Neugier lernen wir stetig dazu und lassen uns immer wieder auf neue Forschungen, Experimente oder Erfindungen ein. Leider nur verlieren die meisten von uns – wenn sie erwachsen werden – diesen wichtigen Antrieb. Vergleichbar verhält es sich mit der Schaffensfreude. Sie befeuert unser tägliches Handeln und Wirken in positiver Weise, geht jedoch oft verloren durch Misserfolge, Demotivation oder allgemeine Antriebslosigkeit.

Beides ist nicht nur individuell, sondern auch gesellschaftlich schade. Denn unsere Welt braucht Neugierde und Schaffensfreude, um Neuerungen hervorzubringen. Ohne diese Antriebe fehlt es uns perspektivisch an Innovationen, Erfindungen und Fortschritt. Zum Glück gibt es an der THA – wie auch rund um den Globus – Forschungsteams, die sich ihre Neugier erhalten haben und unermüdlich nach neuen Lösungen zur Verbesserung unseres Lebens streben. Im Kleinen, wie im Großen. Sie sind es mit ihren Ideen, die den gesellschaftlichen Wandel von morgen mitgestalten, wie nachfolgende fünf Beispiele zeigen:

- **Neue Werkstoffe:** Zum Beispiel Lkw-Planen, die via Sonnenlicht Energie gewinnen oder intelligente Kleidung, die vor Rückenschmerzen warnt bzw. Teppiche, die bei Einbrüchen Alarm schlagen.
- **Häuser aus dem 3D-Drucker:** Die Technik könnte das Bauen ohne Schalung und ohne Gerüst schneller, sicherer und günstiger machen.
- **Batterie-Recycling:** Spezialist:innen entwickeln Verfahren, um Metalle wie Lithium, Kobalt und Nickel wiederzuverwenden und so die wertvollen Stoffe zurück in die Produktion zu bringen.
- **Klimarobuste Pflanzen,** die zukünftigen Wetterextremen trotzen.
- **Autonome Roboter,** die miteinander arbeiten und damit z. B. auch in (pandemischen) Ausnahmezeiten Produktion und Lieferketten aufrechterhalten.

Wer wünscht sich nicht, dass diese und weitere großartigen Ideen möglichst bald umgesetzt werden. Voraussetzung, damit solche großartigen Ideen auch tatsächlich die Gesellschaft erreichen und dort ihre Innovationskraft entfalten können, ist, dass jemand sie nach außen trägt und Realität werden lässt. Denn nichts ist trauriger, als wenn gute Ideen – wie die oben genannten im stillen Kämmerlein von Forschungsgruppen zurückbleiben. Leider aber geschieht genau das mit noch zu vielen guten Ideen – auch bei uns in Deutschland.

Die Ursachen hierfür sind vielschichtig. Zu oft noch werden beispielsweise inhärente Geschäftspotentiale von Forschungsarbeiten nicht oder zu spät erkannt. Auch spielen fehlendes betriebswirtschaftliches Wissen oder der Zugang zu Entrepreneurship eine Rolle. Dabei gibt es für alle diese Punkte (einfache) Lösungen.

Forscher:innen besitzen bereits die elementaren Gründereigenschaften, um genau diesen Transfer anzukurbeln. Es reicht schon ein Perspektivenwechsel und der Wille, eigene Forschungsergebnisse dahingehend zu beleuchten, ob auch in anderen Kontexten ihre Erkenntnisse Anwendungen finden können und sich auf andere Problemstellungen übertragen lassen. Hierfür stehen an der Technischen Hochschule Augsburg Coaches oder die Gründungssprechstunde des Funkenwerks jederzeit zur Verfügung. Das Team des Funkenwerks unterstützt bei den ersten Schritten und vermittelt auch gerne Kontakte zu Mitstreiter:innen aus anderen Fachrichtungen. So können Fähigkeiten ergänzt werden, die zur erfolgreichen Umsetzung einer Idee noch fehlen.

In den letzten Jahren konnte das Funkenwerk bereits diverse THA-Forschungsteams ermutigen, ihre Projektergebnisse in marktfähige Lösungen und Produkte umzuwandeln. Die Startups Credium, Mivao und aluco haben bewiesen, dass Forschen und Gründen bestens zusammenpassen. <

## LITERATUR

Handelsblatt: Das sind die Innovationen, die Deutschland voranbringen – und die Köpfe hinter ihnen, in: Handelsblatt, 07.05.2021, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/innovationweek/jubilaumsausgabe-das-sind-die-innovationen-die-deutschland-voranbringen-und-die-koepfe-hinter-ihnen/27108978.html>, (abgerufen am 30.05.2022)



**PROF. DR. NORBERT GERTH**  
Projektleitung

Referat Existenzgründung  
Fakultät für Informatik  
HSA\_funkenwerk  
[norbert.gerth@hs-augsburg.de](mailto:norbert.gerth@hs-augsburg.de)

Weitere Beteiligte  
**KARLA ISABEL MYSLIWITZ, M.A.**  
wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Fakultät für Informatik  
HSA\_funkenwerk  
[karla.mysliwicz@hs-augsburg.de](mailto:karla.mysliwicz@hs-augsburg.de)

Förderung  
Bundesministerium für Wirtschaft  
und Energie (BMWi)

Laufzeit  
04.2020 – 03.2024

Website des Projekts  
[www.hs-augsburg.de/HSA-funkenwerk](http://www.hs-augsburg.de/HSA-funkenwerk)



Das Team von  
HSA\_funkenwerk.

> Die meist sehr komplexe Kontur von Faserverbund-Sandwich-Bauteilen, das schwierige Handling des Stützstoffs sowie die geringe Stückzahl lassen bisher eine Automatisierung nicht zu, was zu einer zunehmend geringer werdenden Konkurrenzfähigkeit führt. Das Vorhaben soll durch Einbeziehung von Projektpartnern aus Forschung und Industrie mit spezifischen Fähigkeiten Möglichkeiten aufzeigen und erforschen, um diesen Wettbewerbsnachteil zu schließen. Ein Fokus des Projekts liegt unter anderem darin, die Fertigungstechnologie Fiber Patch Placement (FPP) zu untersuchen und den technologischen Reifegrad zu erhöhen.

### Motivation

Bei der Herstellung von Luftfahrtkomponenten soll unter anderem FPP als automatisierte Fertigungstechnologie zum Einsatz kommen, um geometrisch definierte rechteckige Faserstücke, sogenannte Patches, für die Decklagen von Sandwichbauteilen abzulegen. Dieses Verfahren ist hierbei eine bisher nicht erprobte und luftfahrtzertifizierte Technologie, jedoch können höhere Ablageraten als auch reproduzierbare geometrisch komplex geformte Laminataufbauten durch diese Technik realisiert

werden. Die Platzierung von solchen Patches auf dem Ablagewerkzeug erfolgt mittels eines robotergeführten schaum-basierten Greifer-Ablage-Systems, dessen Nachgiebigkeit und Funktionsprinzip eine flexible Ablage ermöglicht (siehe Abbildung 1). Dabei ist das Drapierverhalten von Patches bis zu einer Größe von DIN A4 auf gekrümmten Oberflächen oder Sandwichkernen noch nicht erprobt. Außerdem fehlen entsprechende FE-Funktionalitäten für die strukturmechanische Auslegung, um patchbasierte Laminatautomatisch zu modellieren und strukturmechanisch effizient berechnen zu können.

### Ziele

Die Projektziele für das Vorhaben lauten:

- Automatisierung der Fertigung von Sandwichbauteilen
- Reduzierung der Herstellungskosten durch hohen Automatisierungsgrad der Prozesskette und durch zu entwickelndes Material

Die Ziele der der Technischen Hochschule Augsburg bestehen dabei darin, das technologische Potenzial von FPP – prozesstechnisch und strukturmechanisch – virtuell mit FE-Simulationen zu untersuchen und die Modelle mit realen Bauteilversuchen zu validieren. Diese virtuelle Prozesskette trägt zu einem besseren Verständnis der relevanten Bauteileigenschaften und des robotergestützten Patchablageprozesses bei. Daher ist es beabsichtigt, den technologischen Reifegrad dieser FPP-Technologie zu erhöhen, um zukünftig den Auslegungsprozess und die Fertigungsplanung gezielt zu unterstützen.

### Vorgehen

Die Arbeitspakete der Technischen Hochschule Augsburg unterteilen sich im Wesentlichen in die Bereiche der Struktursimulation von Sandwichbauteilen und der FE-Prozesssimulation des Ablageverhaltens von Patches. Zur Realisierung dieses Vorhabens wird eine virtuelle Ausgangsbasis geschaffen, um einerseits die Entwicklung der Prozesstechnik zu unterstützen und andererseits Kenndaten aus einer Prozess- und Struktursimulation zu ermitteln. Diese virtuellen Kenndaten werden entlang der virtuellen Entwicklung mit Ergebnissen aus Versuchen verglichen, um die Materialmodelle und FE-Modelle validieren zu können und damit eine breite Datenbasis zu schaffen (siehe Abbildung 2).

Die Ablage einzelner Patches wird virtuell abgebildet, sodass hiermit unterschiedliche Ablagestrategien untersucht werden. Herausfordernd ist die simulative Abbildung des statischen und dynamischen Verhaltens des Greifers. Um kritische Drapiereffekte – wie z. B. Faltenbildung oder Faserbridging während der Ablage – optimal erkennen zu können und mit strategischen Ablagerichtlinien entgegenzuwirken, wird eine Greifersimulation mit einer Patch-Ablagekinematik durchgeführt. Diese Drapierbarkeit wird deshalb durch verschiedene Ablagestrategien – wie zum Beispiel eine Direktablage oder durch eine abrollende Bewegung des Greifer-Ablage-Systems – simulativ und experimentell untersucht. Die bisherigen Untersuchungen zeigen eine zufriedenstellende Korrelation zwischen Simulation und Experiment (siehe Abbildung 3).

In Bezug auf die erforderliche Finite Elemente Modellierung zur patchbasierten Auslegung von Sandwichbauteilen werden unterschiedliche Modellierungsgrade für die FE-Simulation untersucht, um insbesondere Stoß- und Überlappungsstellen zwischen den Patches realitätsnah abzubilden. Die entwickelten Strategien sowohl für die Patchablage als auch für die Laminatmodellierung werden als Ausgangsbasis herangezogen, um relevante Erkenntnisse in die Cevotec Software Artist Studio von implementieren zu lassen und damit eine automatisierte und effiziente virtuelle Bauteilentwicklung zu ermöglichen. <



**PROF. DR.-ING. NEVEN MAJIC**  
Projektleitung

Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Forschungsgruppe HSA\_comp  
neven.majic@hs-augsburg.de

Weitere Beteiligte  
**MATTHIAS KORNMANN, M. SC.**  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Forschungsgruppe HSA\_comp  
matthias.kornmann@hs-augsburg.de

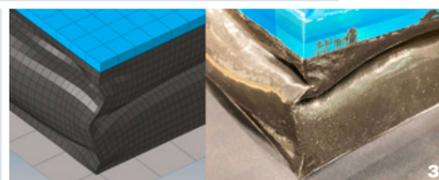
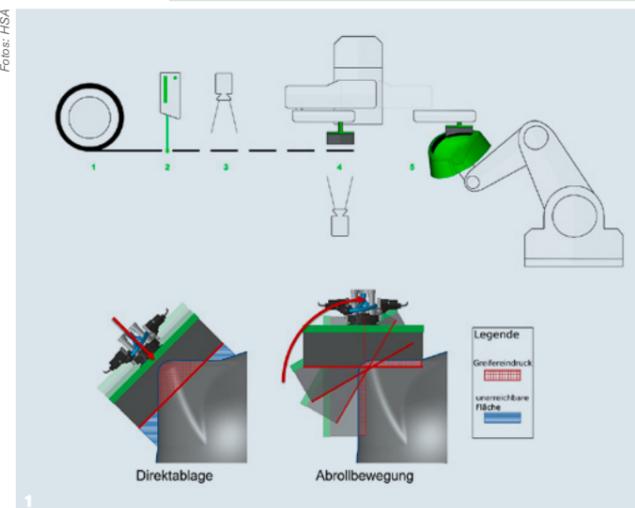
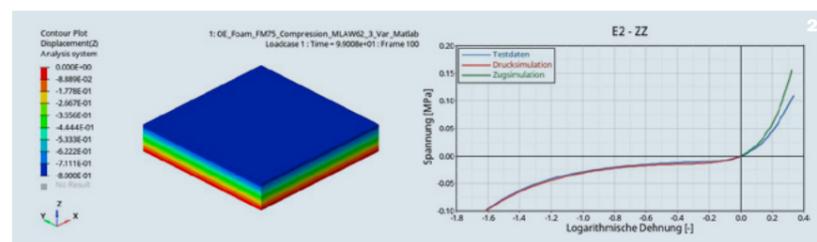
**CAROLIN SPRENGER, M. ENG.**  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Forschungsgruppe HSA\_comp  
carolin.sprenger@hs-augsburg.de

Partner  
GKN Aerospace Deutschland GmbH,  
München  
Cevotec GmbH, Unterhaching  
SGL Carbon SE, Meitingen  
VisCheck GmbH, Neubiberg  
Vabatec GmbH, München  
Technische Universität München

Förderung  
Bayerisches Luftfahrtforschungs- und  
Technologieprogramm (BayLu25)  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Landesentwicklung und  
Energie (StMWi)

Laufzeit  
2021 – 2023

Website des Projekts  
www.hs-augsburg.de/fmv/  
sampe-europe-konferenz



- 1 Schematischer FPP-Prozess:  
1: Faserbandzufuhr, 2: Patch-Zuschnitt, 3: Qualitätsprüfung, 4: Patch-Aufnahme, 5: Ablage auf Formwerkzeug (inkl. Patch-ablagestrategien).
- 2 Materialmodellvalidierung  
als Basis für die Simulation der  
Greiferverformung.
- 3 Verformung des Greifers  
(Simulation vs. Experiment).

# FPP-Strukturverhalten

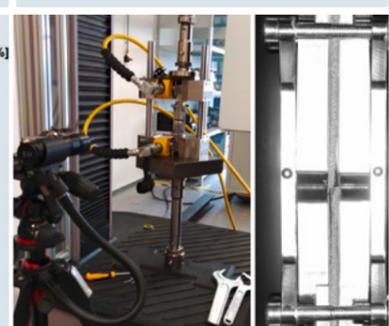
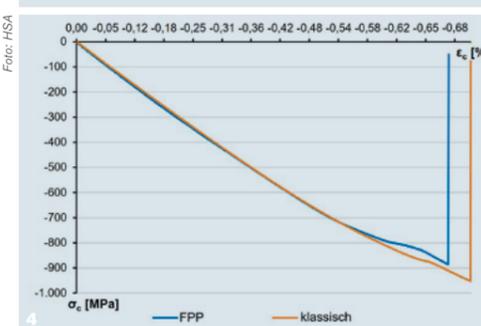
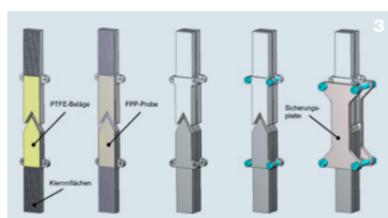
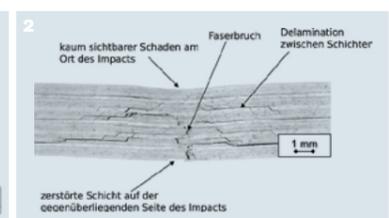
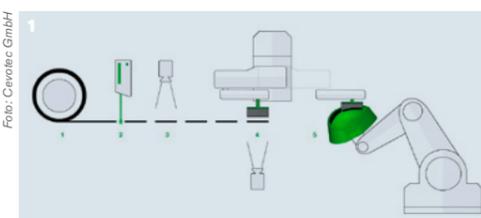
## Analyse des Strukturverhaltens von Fiber-Patch-Placement-Laminaten

> Für die noch junge Fertigungstechnologie des Fiber-Patch-Placement (FPP) soll das Strukturverhalten untersucht werden, um die Materialcharakteristik dieser diskontinuierlichen Laminat umfassend zu beschreiben. Hierfür werden an der Hochschule Augsburg aktuell zwei Promotionen kooperativ mit der Universität Augsburg durchgeführt. Matthias Kornmann untersucht die Impact-Eigenschaften von FPP-Laminaten numerisch mittels der Finiten-Elemente-Methode und der Peridynamik. Andreas Baumer beschäftigt sich mit dem Versagensverhalten von FPP-Laminaten bei unterschiedlichen Belastungen (Zug, Druck, Schub, Biegung).

### Motivation

Bei der Herstellung von komplex geformten Faserverbundbauteilen ist aktuell noch viel Handarbeit erforderlich. Durch das Fertigungsverfahren des Fiber-Patch-Placement ist eine voll automatisierbare Halbzeugablage möglich, welche im Vergleich zu manuellen Herstellungsprozessen Fehlerquellen reduziert und eine hohe Wiederholgenauigkeit besitzt. Aus einem Faserband werden Stücke mit definierter

Länge – sogenannte Patches – zugeschnitten und auf einem Formwerkzeug abgelegt (s. Abb. 1). Dadurch können die Fasern nahezu optimal in Lastrichtung orientiert und die Festigkeit somit bestmöglich ausgenutzt werden. Dies ist mit den klassischen Fertigungsverfahren nicht möglich. Für eine verlässliche Bauteilauslegung von FPP-Strukturen sind aktuell noch keine allgemein gültigen Festigkeitshypothesen vorhanden und auch das Materialverständnis ist nur lückenhaft. Daher wird an der Hochschule Augsburg das Versagensverhalten von FPP-Laminaten im Rahmen zweier Promotionsprojekte untersucht.



- 1 Faserbandzufuhr, 2 Patch-Zuschnitt, 3 Qualitätsprüfung, 4 Patch-Aufnahme, 5 Ablage auf Formwerkzeug
- 2 Impactschaden bei einer CFK-Struktur, in Anlehnung an [1].
- 3 Aufbau der Knickstütze zur Druckprüfung von patch-basierten Laminaten.
- 4 Erste Versuchsreihe der FPP-Druckprüfung: Spannungs-Dehnungs-Diagramm (links), Test-Aufbau (Mitte), Druckversagen in der Mitte des Probekörpers (rechts).

### FPP Impact

Im Rahmen eines BayLu25 Projekts und einer Promotion wird das Impactverhalten von FPP-Laminaten mittels FEM und Peridynamik im Projekt FPP Impact untersucht. Bei einer Schlagbeanspruchung (Impact) von faserverstärkten Kunststoffen ist es möglich, dass das Laminat im Inneren stark geschädigt wird, außen jedoch kein Schaden erkennbar ist (s. Abb. 2). Dabei lösen sich einzelne Schichten voneinander ab und die Druckfestigkeit sinkt stark ab. Dieses Verhalten ist für FPP-Laminat noch nicht untersucht. Deshalb wird das Verhalten von FPP-Laminaten bei einem Impact numerisch mittels der FEM und der Peridynamik untersucht. Anschließend werden Experimente zur Simulationsvalidierung durchgeführt.

Da die relativ neue Berechnungsmethode der Peridynamik aufgrund ihrer Formulierung sehr gut geeignet ist, um Rissphänomene abzubilden, soll diese Methode zur Impact-Simulation herangezogen werden. Im Vergleich zur klassischen Kontinuumsmechanik ist keine weitere Formulierung – wie zum Beispiel die Bruchmechanik – nötig, um Rissphänomene abzubilden. Für FPP-Laminat ist aktuell noch kein peridyamisches Materialmodell bekannt. Deshalb ist die Entwicklung eines peridyamisches Materialmodells für FPP-Strukturen naheliegend. Für die Modellierung ist relevant, dass das Steifigkeits- und Versagensverhalten der FPP-Laminat richtig abgebildet wird.

Die Simulationen beinhalten Impact- und anschließend Druckversuche (Compression after Impact Test) bei dem geschädigten Laminat. Dadurch können die Restfestigkeit und Reststeifigkeit ermittelt werden. Durch diese Parameter ist eine sichere Bauteilauslegung auch bei einer Impactbeanspruchung möglich. Außerdem werden die FPP-Laminat auf ihre Impact-Festigkeit hin optimiert.

### Festigkeit und Versagen gepatchter Laminat

Ein weiteres Promotionsprojekt beschäftigt sich mit der Festigkeit und den Versagenseigenschaften von patch-basierten Laminaten für unterschiedliche grundlegende Beanspruchungsarten wie Zug, Druck, Schub oder Biegung. Während im Vergleich zu klassischen Laminaten die Zugprüfung quasi identisch ablaufen kann, stellt die Druckprüfung neue Herausforderungen an das Test-Setup. Die gängigen Prüfnormen sehen Probekörper mit einer geringen freien Prüflänge (rund 5 bis 10 mm) vor, um bei der Druckprüfung unerwünschtes vorzeitiges Ausknicken zu vermeiden. Druckproben von FPP-Laminaten benötigen jedoch eine freie Prüflänge in der Größenordnung der Patch-Länge bzw. der Einheitszelle des Überlappungsmusters, um das komplette Laminat prüfen zu können. Um diesem Zielkonflikt zu begegnen, wurde eine spezielle Knickstütze entwickelt (s. Abb. 3), womit FPP-Laminat geprüft werden sollen. Die erste Testreihe lieferte bereits normgerechtes Versagen innerhalb der freien Probenlänge, jedoch deutlich unterhalb der erwartbaren Druckfestigkeit (s. Abb. 4). Optimierungen der FPP-Knickstütze sind in Arbeit.

Mit den Resultaten des Experimentalprogramms und der FEM-Simulationen werden bekannte Versagenskriterien für Faserverbunde auf Ihre Eignung für FPP-Laminat untersucht. Deren besondere Material- und Versagenscharakteristiken erfordern wohl die Entwicklung eigener Festigkeitshypothesen, um FPP-Strukturen künftig zuverlässig und effizient auslegen zu können. <

### LITERATUR

Breuer U., Commercial Aircraft Composite Technology, 2016, Springer International Publishing AG, Switzerland

FPP Impact:  
**PROF. DR.-ING. ANDRÉ BAETEN**  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Forschungsgruppe HSA\_comp  
andre.baeten@hs-augsburg.de

**MATTHIAS KORNMANN, M. SC.**  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Forschungsgruppe HSA\_comp  
matthias.kornmann@hs-augsburg.de

Festigkeit und Versagen  
gepatchter Laminat:  
**PROF. DR.-ING. ANDRÉ BAETEN**  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Forschungsgruppe HSA\_comp  
andre.baeten@hs-augsburg.de

**PROF. DR.-ING. NEVEN MAJIC**  
Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Forschungsgruppe HSA\_comp  
neven.majic@hs-augsburg.de

**ANDREAS BAUMER, M. SC.**  
Fakultät Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
Forschungsgruppe HSA\_comp  
andreas.baumer@hs-augsburg.de

**Partner**  
Festigkeit und Versagen  
gepatchter Laminat  
Grasse Zur Ingenieurgesellschaft mbH  
Hohentwielsteig 6a  
14163 Berlin

**Förderung**  
FPP Impact:  
Bayerisches Luftfahrtforschungsprogramm – BayLu25  
Bayerisches Staatsministerium  
für Wirtschaft Landesentwicklung und  
Energie

Festigkeit und Versagen gepatchter  
Laminat:  
BayWISS – Bayerisches Wissenschaftsforum, München

**Laufzeit**  
FPP Impact: 2022 – 2024  
Festigkeit und Versagen gepatchter  
Laminat: 2019 – 2024

**Website des Projekts**  
www.hs-augsburg.de/fmv/  
Fiber-Patch-Placement

# PAS4PCM

## Predictive Maintenance für Großküchengeräte mit Deep Learning

> Predictive Maintenance optimiert die Wartung von Maschinen durch Verhindern von ungeplanten Ausfällen und unnötigen Reparaturen. Ermöglicht wird die Umsetzung durch moderne Verfahren des Machine Learning und eine gut ausgebaute Dateninfrastruktur. Im Forschungsprojekt PAS4PCM wird – in Zusammenarbeit mit der Rational AG und auf Basis von gesammelten Gerätedaten – ein Konzept und eine Implementierung eines solchen Systems erarbeitet.

### Begriffe

Predictive Maintenance bezeichnet das Bestreben, die Wartung oder Reparatur von Maschinen durch Vorhersagemodelle zu optimieren. Zwei Aspekte können betrachtet werden: Die zeitliche Optimierung und die Kostenoptimierung. Eine Reparatur durchzuführen bevor die Maschine tatsächlich ausfällt, verhindert unerwartete und möglicherweise langwierige Stillstände. Die Reparatur möglichst kurz vor einem prognostizierten Ausfall durchzuführen, schont Material und Kosten, da Maschinen und Geräte so lange wie möglich benutzt werden. Eine Umsetzung vorausschauender Wartung ist durch moderne Machine-Learning-Modelle und ausgereifte Internet-of-Things-Infrastrukturen möglich.

### Kooperation

Das Projekt PAS4PCM wurde von den Kooperationspartner:innen der Rational-Gruppe und der Forschungsgruppe Verteilte Systeme (HSA\_dsg) an der Technischen Hochschule Augsburg ermöglicht. Das Projekt wird im Rahmen des Bayerischen Verbundforschungsprogramms (BayVFP) des Freistaates Bayern in der Förderlinie „Digitalisierung“ durchgeführt.

Im Forschungsprojekt soll erarbeitet werden, wie eine Predictive-Maintenance-Lösung für Maschinen im Umfeld gewerblicher Küchengeräte umgesetzt werden kann. So kann zusammen praxisnah mit den gesammelten Gerätedaten von Rational-Kombidämpfern gearbeitet werden. Die Ziele für das Forschungsvorhaben sind unter anderem die Erarbeitung eines Konzepts speziell für Großküchengeräte, die prototypische Implementierung einzelner Anwendungsfälle zur Validierung und die Dokumentation durch wissenschaftliche Veröffentlichungen. Die Rational-Geräte profitieren langfristig von der Forschung, da die Wartung der Geräte durch eine Implementierung von Predictive Maintenance sehr viel effizienter gestaltet werden kann.

### Konzept

Ein Konzept zur Umsetzung der Lösung wurde bereits erstellt. Die Implementierung des Systems wurde in vier Schritte unterteilt: Vorverarbeitung, Anomaliedetektion, Diagnose, und Prognose. Diese Schritte sind an den aktuellen Stand der Forschung zu Predictive Maintenance angelehnt und bieten eine grobe Roadmap, welche Schritte umgesetzt werden sollen.

In der Vorverarbeitung wird eine Gruppierung von Geräten vorgenommen, damit ein KI-Modell nur für Geräte mit gleicher Hardware und ähnlicher Nutzung zuständig ist. Außerdem werden – abhängig vom Anwendungsfall – relevante Sensordaten ausgewählt.

Die Anomaliedetektion verwendet eine Deep-Learning-Architektur, um Abweichungen vom Normalzustand des Geräts zu erkennen. So kann entschieden werden, ob weitere Aktionen für das identifizierte Gerät notwendig sind. In der Diagnosephase wird, unter anderem durch die Verwendung von Expert:innenwissen, entschieden in welchem Zustand sich das Gerät befindet. So können Zustände kurz vor einem Ausfall des Geräts sicher als solche erkannt werden.

Abschließend wird eine Prognose des Gerätezustands aufgestellt. Hier wird durch ein geeignetes Modell ein Trend vorhergesagt, dem der Gerätezustand möglicherweise folgen wird.

### Schwerpunkte

In diesem Konzept bieten sich zwei Forschungsschwerpunkte an: Transfer Learning und Explainable AI.

Eine hohe Datenqualität und -quantität ist in jedem realen Anwendungsfall eine Herausforderung für KI-Modelle. Durch Transfer Learning wird versucht, ein bestehendes Ungleichgewicht in den verfügbaren Informationen auszugleichen und das Wissen von einem bereits trainierten KI-Modell auf andere zu übertragen.

Damit ein Predictive-Maintenance-System erfolgreich in der Praxis genutzt werden kann, muss von den zukünftigen Benutzer:innen ein gewisses Vertrauen in das System bestehen. Dieses Vertrauen wird maßgeblich dadurch aufgebaut, dass Entscheidungen eines KI-Modells nachvollziehbar und reproduzierbar sind. Explainable AI beschäftigt sich mit dieser Problemstellung und schafft auch für Nicht-Expert:innen Vertrauen in das zukünftige Predictive-Maintenance-System.

### Fazit

Im PAS4PCM-Projekt geht es um die Erforschung von Predictive Maintenance bezogen auf reale Anwendungsfälle bei Rational-Großküchengeräten. Dank der Vorarbeit von Rational ist es möglich, auf einer soliden Datenbasis aufzusetzen und damit wissenschaftliche Konzepte in der Praxis zu validieren. Das Konzept bietet viel Raum für interessante Fragestellungen, die nicht nur für dieses Projekt relevant sind. <



PROF. DR.-ING.  
HONORARY DOCTOR OF ONPU  
THORSTEN SCHÖLER

Projektleitung

Fakultät für Informatik  
HSA\_dsg  
Thorsten.Schoeler@HS-Augsburg.de

### Weitere Beteiligte

LUKAS MEITZ

Fakultät für Informatik  
HSA\_dsg  
Lukas.Meitz@HS-Augsburg.de

### Partner

SVEN WALLESER

Rational Technical Services GmbH  
Landsberg am Lech

### Förderung

VDI/VDE-IT  
Bayerisches Verbundforschungsprogramm (BayVFP) des Freistaates Bayern  
Förderlinie „Digitalisierung“

### Laufzeit

2022 – 2024



1 Rational Kombidämpfer in verschiedenen Ausführungen.

2 Die Schritte des Predictive Maintenance Konzepts bei PAS4PCM.

3 Ein Koch verwendet sein Smartphone, um Informationen zum Gerät abzurufen.

> Die Unternehmen RATIONAL, WashTec und ITQ forschen gemeinsam mit dem Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT und der Technischen Hochschule Augsburg (vertreten durch TTZ Data Analytics und HSA\_dsg) an smarten Prozess-, Produkt- und Serviceinnovationen durch KI-Pipelines (SPIKe). In drei Anwendungsfeldern werden Daten durch Natural Language Processing und Machine Learning sowie auf Basis digitaler Zwillinge analysiert, um innovative Wertpotenziale zu realisieren. Im Sinne der Übertragbarkeit auf weitere Anwendungsfälle wird ein Referenzmodell für KI-Pipelines konzipiert und iterativ weiterentwickelt.

Viele Unternehmen verfügen bereits heute über eine umfangreiche Datengrundlage. Die Auswertung dieser Daten mit Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) ermöglicht die Erschließung von datenbasierten Innovationspotentialen. Durch smarte Prozess- und Produktverbesserungen sowie digitale Serviceangebote können sich insbesondere Unternehmen des produzierenden Gewerbes im internationalen Wettbewerb differenzieren und so langfristige Wettbewerbsvorteile sichern. Eine der zentralen Herausforderungen hierbei ist die Gestaltung der Datenaufbereitung, um eine ganzheitliche Skalierung von KI-Anwendungen in Unternehmen zu ermöglichen.

### KI-Pipelines

In diesem Zuge ist der Kern des Forschungsprojekts die Entwicklung von KI-Pipelines, um KI-basierte Innovationen gezielt voranzutreiben und den skalierbaren Einsatz von KI-Technologien zu ermöglichen. Eine KI-Pipeline wird als holistischer Datenfluss im Sinne einer datenverarbeitenden Pipeline mit darauf aufbauenden KI-Anwendungen verstanden und gewährleistet die bestmögliche Datenstrategie in Hinblick auf die Anwendungsmöglichkeiten von KI-Technologien. Mit dem Ziel smarter Innovationen durch KI-Pipelines arbeitet das Forschungskonsortium gemeinsam an einem Referenzmodell, das die Integration von KI unterstützt und das branchenunabhängig verwendet werden kann.

### Drei Unternehmen unterschiedlicher Industriebranchen auf einem gemeinsamen Weg zu innovativen Lösungen

Ein initial erarbeitetes Referenzmodell unterstützt die drei Anwendungsfelder von RATIONAL, WashTec und ITQ bei der Konzeption sowie der Entwicklung von KI-Pipelines. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Praxis fließen wiederum in die iterative Verbesserung des Referenzmodells zurück. Die Unternehmen profitieren vom gegenseitigen Austausch ohne dabei im direkten Wettbewerb zueinander zu stehen sowie durch die fachliche und methodische Expertise der beteiligten Forschungseinrichtungen.

RATIONAL ist Markt- und Technologieführer für die thermische Speisenzubereitung in Profiküchen mit einem Weltmarktanteil von über 50 Prozent. Im SPIKe-Projekt fokussiert sich RATIONAL auf Natural Language Processing als ein spezifisches Anwendungsgebiet von KI. Dabei sollen Prozess- und Produktinnovationen durch die automatisierte Analyse von Textdateien entstehen, indem anhand multilingualer Analysen von Kundenzufriedenheitsumfragen und Reparaturmeldungen Verbesserungspotentiale abgeleitet werden.

WashTec ist Hersteller von Fahrzeugwaschanlagen und weltweiter Marktführer für Komplett- und Servicelösungen im Bereich der Fahrzeugwäsche. WashTec erarbeitet im Rahmen des SPIKe-Projekts Machine-Learning-Lösungen für eine anlagenspezifische Vorhersage von Waschzahlen. Hierbei werden verschiedene Einflussfaktoren auf das Waschaufkommen untersucht und interne Produktnutzungsdaten mit externen Daten – wie Wetter- und Klimadaten – verknüpft. Die anlagenspezifische Vorhersage von Waschzahlen soll Betreiber:innen von Waschanlagen im Rahmen eines digitalen Serviceangebots dabei unterstützen, den Betrieb der Anlage sowie das Angebot für Kund:innen zu optimieren.

ITQ unterstützt als unabhängiges Dienstleistungsunternehmen für Software- und Systems-Engineering vor allem Kund:innen im Bereich Maschinen- und Anlagenbau bei der nachhaltigen Transformation von klassischen, mechanisch orientierten Unternehmen hin zu lösungsorientierten Systemanbietern. Die beiden Konsortialpartner ITQ und RATIONAL entwickeln gemeinsam einen digitalen Zwilling für eine Kombidämpfer-Produktreihe von RATIONAL. Das resultierende digitale Abbild des physischen Produkts, das auf verschiedenen Datenquellen aufbaut, bietet die Grundlage für eine KI-basierte Simulation und Optimierung von Prozessen.

### Ausblick

Als interdisziplinäres Verbundforschungsprojekt trägt SPIKe zur Adaption von Künstlicher Intelligenz am Wirtschaftsstandort Bayern bei und befähigt Industrieunternehmen zum Heben bisher ungenutzter, durch KI erschließbarer Wertpotentiale. Der Wissenstransfer zu weiteren bayerischen Unternehmen wird durch die wissenschaftlichen Konsortialpartner, dem Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT und der Technischen Hochschule Augsburg, gefördert. <



**PROF. DR.-ING. HONORARY DOCTOR OF ONPU THORSTEN SCHÖLER**

Projektleitung

Fakultät für Informatik  
HSA\_dsg  
thorsten.schoeler@hs-augsburg.de

**PROF. DR. BJÖRN HÄCKEL**  
Projektleitung

Fakultät für Informatik  
HSA\_dsg  
bjoern.haekkel@hs-augsburg.de

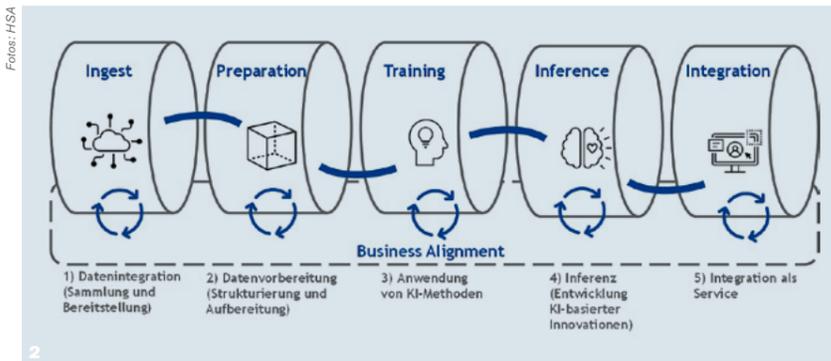
Weitere Beteiligte  
**SEBASTIAN PRÖLL**  
**CHRISTIAN RITTER**  
**HANNAH LISA WALKIW**  
**TIM WERNER**

Partner  
ITQ GmbH  
RATIONAL Technical Services GmbH  
WashTec Cleaning Technology GmbH

Förderung  
Bayerisches Verbundforschungsprogramm (BayVFP) des Freistaates Bayern  
Förderlinie „Digitalisierung“

Laufzeit  
November 2021 bis Oktober 2023

Website des Projekts  
www.hs-augsburg.de/  
Forschungsschwerpunkte/  
KI-Produktionsnetzwerk/  
KI-gestuetzte-Risikoanalyse-in-digitalen-Wertschoepfungsnetzen/  
KI-Pipelines



- 1 Ende-zu-Ende-Betrachtung KI-basierter Innovationen aus einer Pipeline-Perspektive.
- 2 Logo des Projekts.

# KI-gestützte Leichtbau-Optimierung

Neue Auslegungsmethodik für Leichtbaustruktur mit Hilfe neuronaler Netze

> In diesem Projekt soll die klassische Leichtbau-Auslegung einer Struktur ergänzt werden durch eine KI-basierte Modellierung, die mit Hilfe von neuronalen Netzen die wesentlichen Funktionen dieser Struktur logisch miteinander verknüpft. Im Gegensatz zu der oft begrenzten Variantenvielfalt bei der klassischen Strukturauslegung, ermöglicht der KI-basierte Ansatz neue Lösungsansätze und die Erschließung eines größeren Leichtbaupotentials.

## Motivation

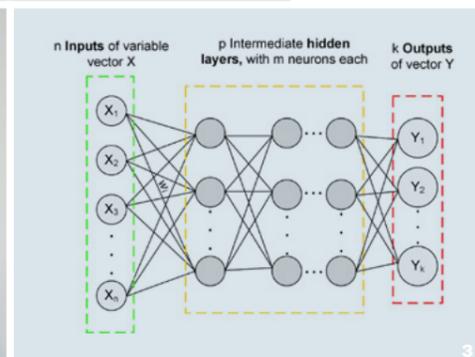
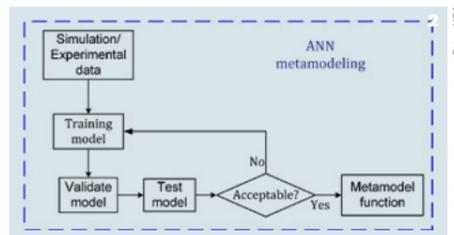
Neben den klassischen Auslegungsmethoden im Leichtbau – wie Strukturleichtbau, Materialleichtbau und funktionaler Leichtbau – bestimmen in jüngster Zeit digitales Prototyping und numerische Simulationen zunehmend den Prozess der effizienten Produktentwicklung.

Numerische Modellierungs- und Simulationstools ermöglichen eine präzise Darstellung komplexer physikalischer Zusammenhänge, sind dabei aber sehr zeit- und ressourcenintensiv in Bezug auf die benötigte Rechnerleistung, um eine optimale Lösungsfindung

im Suchraum zu erzielen. Aus diesem Grund wird die Verwendung eines einfacheren Näherungsmodells entweder als vorläufige oder untergeordnete Operation, die zum Ersetzen des teuren numerischen Modells und in einigen Fällen der Simulationsprozesse führt, unerlässlich.

## Vorgehensweise

Die Strategie ist es daher, sogenannte Metamodelle zu verwenden, die sowohl Annäherung als auch möglicherweise Ersetzung eines bestehenden, komplexen Modells durch ein vereinfachtes



- 1 Prototyp eines Axialflussmotors mit einer Leistung von 150 kW.
- 2 Flowchart einer Artificial Neural Network meta-Modellierung.
- 3 Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Artificial Neural Network (ANN).

Modell bedeutet, welches die wesentlichen physikalischen Eigenschaften trotzdem präzise genug abbildet.

Metamodelle werden hauptsächlich verwendet, um die derzeitigen großen Nachteile von Simulationstools im Ingenieurwesen im Allgemeinen und der Designoptimierung im Besonderen zu umgehen [1],[3].

## Projekt K-AXFLUX H2

Übergreifendes Ziel dieses Vorhabens ist die vollständige virtuelle Abbildung des Kühlprozesses in einem Axialflux-Antrieb für Luftfahrzeuge mit Hilfe von kryogenem Wasserstoff. Erstmals soll Wasserstoff hier nicht nur als Energiespeicher für den Betrieb einer Brennstoffzelle dienen, sondern seine latenten Wärmespeichereigenschaften sollen zur Kühlung und damit zur Effizienzsteigerung eines neuartigen Axialflux-Elektromotors (Abbildung 1) genutzt werden.

## Projektziele

Durch die Integration des Wasserstoff-Kühlsystems soll das Leistungsgewicht (kW/kg) des Axialflussantriebs aufgrund der Minimierung der elektromagnetischen Verluste in einem hoch-integrativen Stator um rund 20 Prozent steigen. Gleichzeitig soll der Gesamtwirkungsgrad des Antriebssystems durch Nutzung der Verdampfungsenthalpie des Wasserstoffs vor Eintritt in die Brennstoffzelle gegenüber der ungekühlten Variante im Spitzenlastbereich deutlich erhöht werden.

## KI-Beitrag

Es wird erstmalig ein künstliches neuronales Netzwerk (KNN) speziell im Leichtbau angewendet, um das beim wasserstoffgekühlten Axialflussmotor vorliegende multidimensionale Analyseproblem der Elektrodynamik in Kombination mit Wärmeübertragung und der Strukturmechanik zu trainieren und

durch das daraus abgeleitete Metamodelle zu ersetzen. Anschließend wird eine Entwurfsoptimierungsoperation unter Verwendung z. B. einer Genetic Algorithm (GA)-Toolbox in MATLAB durchgeführt, die die Optimierung direkt am angenäherten Modell durchführt [3]. Diese Form der Metamodelle-basierten Optimierung (MMBO) führt die Optimierung vollständig auf dem Metamodelle durch und benötigt dazu das komplexe ursprüngliche Modell nicht mehr (Abbildung 2). Die Erzeugung des angenäherten Modells soll im Projekt K-AXFLUX H2 durch ein Artificial Neural Network (ANN) erfolgen (Abbildung 3). Als Optimierungsalgorithmus wird der Genetische Algorithmus (GA) verwendet, ein von der Natur inspirierter Optimierungsalgorithmus, der die Theorie der natürlichen Evolution nachahmt [1]. Er nutzt das Prinzip der Züchtung (Crossover) und Mutation, um aus den ausgewählten besten Stichprobenpunkten (Eltern) neue Designpunkte (Generationen) zu generieren.

## Ausblick

Der KI-basierte Leichtbau-Auslegungsansatz für den Stator des wasserstoffgekühlten Axialflussmotors soll mit dem Model-Based-Systems-Engineering-Ansatz zur virtuellen Abbildung dieses komplexen technischen Systems verknüpft werden [2]. Das ermöglicht insbesondere die Reduzierung von realen, zeit- und kostenintensiven Tests mit kryogenem Wasserstoff. <

## LITERATUR

- [1] Hajikolaei, KH, Cheng, GH, and Wang, GG (2016). „Optimization on Metamodeling-Supported Iterative Decomposition“, J Mech Des, 138(2), 021401, doi: 10.1115/1.4031982.
- [2] Baeten, A (2022). „Virtual Layout of a Cryogenic Airborne Hydrogen Tank System“, AIAA SciTech Forum, San Diego, CA, paper AIAA-2022-3610886.
- [3] Simpson, TW, Poplinski, J, Koch, PN and Allen, JK (2001). „Metamodels for Computer-based Engineering Design: Survey and Recommendations“, Eng comput, 17(2) 129-150.



PROF. DR.-ING. ANDRÉ BAETEN  
Projektleitung

Fakultät für Maschinenbau  
und Verfahrenstechnik  
HSA\_Comp, Design & Engineering  
andre.baeten@hs-augsburg.de

## Förderung

Hightech Agenda Bayern,  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst (StmWK)  
KI-Produktionsnetzwerk der Techni-  
schen Hochschule Augsburg

## Laufzeit

2022 – 2025

# ROS Scenario Simulation

Open Source Framework für Softwaretests beim automatisierten Fahren

> In diesem Forschungsprojekt wird ein Framework für kontinuierliche Integrationstests von Bahnplanungs- und Regelungsalgorithmen beim autonomen Fahren entwickelt. Ermöglicht wird dabei die Einbindung von szenariobasierten Testprozessen in Open-Source- und Forschungsentwicklungen, die auf sicherheitskritische Anwendungen abzielen. Durch die Verwendung des vorge schlagenen Systems können automatisierte Fahrfunktionen während des gesamten Entwicklungsprozesses validiert werden. Der aktuelle Leistungsumfang des Frameworks umfasst ein Modell für Fahrzeugdynamik sowie statische und dynamische Hindernisse – basierend auf OpenSCENARIO Definitionen.

Die Technische Hochschule Augsburg arbeitet in Kooperation mit der Nagoya University, Japan, im Rahmen der OpenPlanner Working Group an einer Lösung, die das automatisierte Testen von Bahnplanungs- und Regelungsalgorithmen für das autonome Fahren ermöglicht.

Das aus dieser Kooperation entstandene Framework ermöglicht erstmals einfach zu integrierende kontinuierliche Softwaretests für den als Open-Source-Software zur Verfügung gestellten Bahnplanungsalgorithmus. Kontinuierliche Softwaretests sind ein Prozess, den heutzutage alle Unternehmen oder Institutionen, die am autonomen Fahren arbeiten, in ihren Entwicklungsprozess integrieren müssen. Dies ist

notwendig, um die Konformität der Software mit den sicherheitstechnischen Anforderungen zu gewährleisten. Um die effiziente Verifizierung und Validierung von autonomen Systemen zu ermöglichen, wurde ein automatisiertes Framework zum Testen von Bahnplanungs- und Regelungsalgorithmen entwickelt. Damit können Fehler in der Software frühzeitig entdeckt und vermieden werden.

## Aufbau des Frameworks für automatisierte Softwaretests

Das Framework wurde mit den auf dem „Robot Operating System“ (ROS) basierenden Bahnplanern entwickelt. Daher besteht es aus vielen einzelnen sogenannten „ROS-Nodes“, die unterschiedliche Aufgaben übernehmen. Sie sind

zum Beispiel für die zur Verfügungstellung des Fahrzeugmodells, die Virtualisierung der Objektdaten sowie die Aufzeichnung der Testergebnisse verantwortlich.

Dabei werden die Inhalte des aktuellen Szenarios aus dem von ASAM e. V. etablierten OpenSCENARIO Standard [1] übernommen. Gleichzeitig wird eine OpenDRIVE Karte als Referenz der Fahrzeugpositionen eingesetzt.

Für die Objektdaten wird eine Objektliste verwendet, die Bounding Boxen der im Szenario abgebildeten Objekte enthält. Die Datenformate sind jeweils identisch mit den in Versuchsfahrzeugen verwendeten Schnittstellen, wodurch bereits die Interfaces zur Konvertierung der Daten getestet werden.

## Bewertung des Erfolgs beim Softwaretest

Um beurteilen zu können, ob der Test eines neuen Softwarestands erfolgreich verlaufen ist, werden nach Ablauf der Maximalzeit pro Tests mehrere Kosten berechnet. Diese betrachten beispielsweise Fahrzeugkollisionen, die Änderung des Lenkwinkels oder die Abweichung zur Fahrspurmitte. All diese Kosten basieren auf der Auswahl, die bereits im Projekt CommonRoad [2] getroffen wurde. Darüberhinaus müssen Grenzwerte für die Kostenfunktion pro Szenario festgelegt werden.

Im Webinterface des Frameworks können Tests, die als gescheitert beurteilt wurden, im Detail betrachtet werden. Hier stehen eine Visualisierung aus Vogelperspektive und die Ergebnisse der Kostenfunktion sowie Grafiken der dynamischen Fahrzeugeigenschaften – wie Geschwindigkeit und Lenkwinkel – zur Verfügung.

## Einsatz im produktiven Umfeld

Da für die Umsetzung des Projekts viele Softwarepakete notwendig sind, wird ein bereits vorkonfigurierter Docker Container zur Verfügung gestellt. Dies erleichtert den Einsatz des Frameworks von automatisierten Pipelines von Versionierungsplattformen wie GitHub oder GitLab. Deren Aufbau wird in Abbildung 2 dargestellt.

Gleichzeitig können so auch bereits für den Release vorbereitete Softwarestände gebaut und auf dem Fahrzeug eingesetzt werden. Beim Einsatz im echten Fahrzeugumfeld werden dann nur die zum „Test Object“ – also dem Bahnplaner – gehörigen Softwarekomponenten gestartet.

## Fazit

Im Hinblick auf die allgemeinen Fortschritte bei der Zulassung von automatisierten Fahrzeugen bietet die oben vorgestellte Lösung für das automatisierte Testen von Planungsalgorithmen einen enormen Vorteil. Gerade im Forschungs- und Open-Source-Umfeld, das geringe Budgets für Softwaretests aufweist, kann durch die Verwendung der vorgestellten Lösung eine höhere Testabdeckung und dadurch Sicherheit gewährleistet werden. <

## LITERATUR

- [1] ASAM e. V., „OpenSCENARIO.“ <https://www.asam.net/standards/detail/openscenario/>, 2021.
- [2] M. Althoff, M. Koschi, und S. Manziinger, „CommonRoad: Composable Benchmarks for Motion Planning on Roads“, in 2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), pp. 719–726, 2017.
- [3] A. Straller, M. Pechinger, H. Darweesh, und C. Markgraf, – ROS Scenario Simulation, [https://github.com/arminstr/ros\\_scenario\\_simulation](https://github.com/arminstr/ros_scenario_simulation), 2022.



**ARMIN STRALLER**  
Projektleitung

Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired / Driverless Mobility  
[armin.straller@hs-augsburg.de](mailto:armin.straller@hs-augsburg.de)

Weitere Beteiligte  
**MATHIAS PECHINGER**  
Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired  
[mathias.pechinger@hs-augsburg.de](mailto:mathias.pechinger@hs-augsburg.de)

**PROF. DR.-ING. CARSTEN MARGRAF**  
Fakultät für Elektrotechnik  
HSA\_ired [carsten.markgraf@hs-augsburg.de](mailto:carsten.markgraf@hs-augsburg.de)

Partner  
PhD Hatem Darweesh  
Nagoya University,  
Japan

Laufzeit  
2021 – 2023

Website des Projekts  
[www.hs-augsburg.de/en/  
Electrical-Engineering/HSA-ired/  
Driverless-mobility](http://www.hs-augsburg.de/en/Electrical-Engineering/HSA-ired/Driverless-mobility).



- 1 Komplexes Kreuzungsszenario.
- 2 Testszenario mit mehreren Statischen Objekten.
- 3 Umfeld des Test-Frameworks inklusive Docker Container.
- 4 Visualisierung eines erfolgreich absolvierten Tests.

# Sie wollen mit der Technischen Hochschule Augsburg kooperieren?

Die Möglichkeiten einer Kooperation im Überblick:

## Auftragsforschung

Sie haben eine innerbetriebliche Fragestellung: Dann forschen wir in Ihrem Auftrag!

Sie verfolgen eine Produktidee oder stehen vor einer betriebswirtschaftlichen, (produktions-)technischen oder kommunikativen Herausforderung, für deren Bearbeitung Sie sich externe wissenschaftliche Unterstützung wünschen?

Die Expertinnen und Experten der Technischen Hochschule Augsburg übernehmen diese Aufgabe gerne für Sie! Profitieren Sie von dem praxiserprobten Know-how unserer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und beauftragen Sie uns mit einem definierten, in sich abgeschlossenen Forschungsauftrag.

## Kooperative Forschungsprojekte

Unser gemeinsames Forschungsinteresse: wir forschen mit Ihnen als Partner!

Manche Fragestellungen lassen sich im Verbund mit Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft zielführender, ressourcenschonender und mit stärkerem Anwendungsbezug bearbeiten.

Damit Sie Ihr Innovationspotenzial voll ausschöpfen können und wir stets am Puls der Zeit bleiben, initiieren und realisieren wir an der Technischen Hochschule Augsburg diverse kooperative, zum Teil öffentlich geförderte Forschungsprojekte mit einem oder mehreren Partnern.

- 1 Forschungstätigkeiten in den Laboren der Technischen Hochschule Augsburg.
- 2 Arbeiten in der digitalen Welt – testen und vergleichen von Assistenzsystemen.
- 3 Autoklav im Faserverbundlabor der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik.



Hierbei steht die wissenschaftliche Zusammenarbeit der Hochschule und ihrer gleichberechtigten Partner auf Basis eines gemeinsamen Nutzens im Vordergrund.

## Gutachten & Laboratorien

Ihr spezifisches Anliegen: wir unterstützen Sie mit Know-how und Equipment!

Sie benötigen ein spezielles Gutachten, suchen eine ganz spezifische Kompetenz oder möchten auf die Laborinfrastruktur der Technischen Hochschule Augsburg zurückgreifen?

Nutzen Sie gerne die fachliche Expertise unserer Forschenden oder mieten Sie eines unserer Labore zur Durchführung von Prüfungen und/oder Messungen.

## Master of Applied Research

Machen Sie Ihr konkretes Forschungsthema zu einem Studienprojekt!

Der Forschungs- bzw. Projektmaster-Studiengang „Master of Applied Research“ bietet Ihnen als Unternehmen die Chance, ein Forschungsthema über einen Zeitraum von drei Semestern von einem MAPR-Studierenden exklusiv für Sie bearbeiten zu lassen.

## Abschlussarbeiten und Promotionen

Lassen Sie Ihre Fragestellung im Rahmen einer Abschlussarbeit oder einer Promotion bearbeiten. Vielleicht lernen Sie dabei schon Ihre zukünftigen Mitarbeitenden kennen.

## Weitere Fragen zu Kooperationsmöglichkeiten?

Brauchen Sie eine Beratung bei der Beantragung von Fördermitteln bei Kooperationsprojekten?

Dann melden Sie sich.

## ZENTRALER KONTAKT

Institut für Technologie- und Wissenstransfer (ITW)  
Dipl.-Ing. Gabriele Schwarz  
Leiterin ITW  
An der Hochschule 1  
86161 Augsburg  
Tel. +49 821 5586-3251  
itw@tha.de  
www.tha.de/itw

## IMPRESSUM & KONTAKT

Herausgeber und v.i.S.d.P.  
Prof. Dr. Dr. h.c.  
Gordon Thomas Rohrmair,  
Präsident der Technischen  
Hochschule Augsburg

Projektleitung  
Prof. Dr. Nadine Warkotsch,  
Vizepräsidentin für Forschung  
und Nachhaltigkeit

Redaktion  
Veit Starmühler, M.Sc.  
Tel. +49 821 5586-3917  
redaktion@tha.de  
www.tha.de/forschen

Kontakt  
Technische Hochschule Augsburg  
Technical University of Applied  
Sciences Augsburg  
An der Hochschule 1  
86161 Augsburg  
Tel. +49 821 5586-0  
info@tha.de  
www.tha.de

Institut für Technologie und Wissenstransfer (ITW)  
Dipl.-Ing. Gabriele Schwarz  
Leiterin ITW  
An der Hochschule 1  
86161 Augsburg  
Tel. +49 821 5586-3251  
itw@tha.de  
www.tha.de/itw

Konzeption & Umsetzung  
wppt: kommunikation gmbh  
Gesellschaft für visuelle Kultur  
Treppenstraße 17 – 19  
42115 Wuppertal  
Rob Fähmann, Beatrix Göge  
Tel. +49 202 42966-0  
direkt@wppt.de

Fotos  
Technische Hochschule Augsburg,  
andere Bildrechte liegen bei den  
genannten Urhebern und Autoren.

© Technische Hochschule Augsburg  
Erscheinungstermin Dezember 2023  
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck,  
auch auszugsweise, nur mit Genehmigung  
der Redaktion und der Autoren.  
Namentlich gekennzeichnete Beiträge  
geben nicht unbedingt die Meinung  
der Redaktion oder des Herausgebers  
wieder. Die Redaktion behält sich die  
Überarbeitung und Kürzung vor.

Gender-Hinweis  
Im Sinne der besseren Lesbarkeit der  
Texte wurde von uns häufig entweder  
die männliche oder weibliche Form  
von personenbezogenen Substantiven  
gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine  
Benachteiligung des jeweils anderen  
Geschlechts.

Dank  
Die Technische Hochschule Augsburg  
dankt allen Autorinnen und Autoren für  
die Beiträge.

