

HS PF



• IAF •
INSTITUT FÜR
ANGEWANDTE FORSCHUNG

JAHRESBERICHT 2022

IMPRESSUM

Herausgeber

• IAF • Institut für Angewandte Forschung
Prof. Dr. Thomas Greiner

Hochschule Pforzheim – Gestaltung, Technik, Wirtschaft und Recht
Tiefenbronner Straße 65
75175 Pforzheim

iaf@hs-pforzheim.de
www.hs-pforzheim.de/iaf

Redaktion

Iuliana Ancuța Ilie
E-Mail: iuliana.ilie@hs-pforzheim.de
T: 07231 28-6156

Stand

Februar 2023
© • IAF • Institut für Angewandte Forschung

Übersichtsangaben zu den FuE-Leistungen der Hochschule Pforzheim

Verantwortliche für den Bericht

Prof. Dr. Thomas Greiner

Wissenschaftlicher Direktor des IAF

E-Mail: thomas.greiner@hs-pforzheim.de

T: 07231 28-6689

Prof. Dr. Rebecca Bulander

Stellv. wissenschaftliche Direktorin des IAF

E-Mail: rebecca.bulander@hs-pforzheim.de

T: 07231 28-6499

Ansprechpartnerin für Rückfragen

Dr. Monika Roller

Forschungskordinatorin

E-Mail: monika.roller@hs-pforzheim.de

T: 07231 28-6135

Pforzheim, den 16.02.2023

Prof. Dr. Ulrich Jautz

Rektor

Prof. Dr. Thomas Greiner

Wissenschaftlicher Direktor

Vorwort

Promotionsrecht für Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Baden-Württemberg – vor kurzem erschien dies noch als ein weit entferntes Ziel. Dieses Vorhaben wurde nun zügig in die Realität umgesetzt. Durch die Gründung des Promotionsverbands mit dem Promotionszentrum, in dem forschungsstarke Professorinnen und Professoren Mitglieder sind, wurde der institutionelle Rahmen dafür geschaffen. Mit der Einrichtung der Forschungseinheiten und den Wahlen im Promotionssenat ist das Promotionszentrum arbeitsfähig und die ersten Doktorandinnen und Doktoranden können im laufenden Jahr aufgenommen werden. Hierdurch gewinnt die Forschung an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften weiter an Attraktivität und die erfolgreiche Arbeit wird anerkannt.

Das vergangene Jahr kann im Hinblick auf die Forschung an der Hochschule Pforzheim als sehr erfolgreich bezeichnet werden. Eine Steigerung des Drittmittelvolumens um 40% auf nun fast 6 Millionen Euro sowie ein Volumen neuer genehmigter Projekte von mehr als 10 Millionen Euro, so lässt sich die Entwicklung kurz zusammenfassen. Diese Zahlen belegen die ständige Aufwärtsentwicklung der Forschung an der Hochschule Pforzheim.

Strategisch wichtig ist auch die Tatsache, dass die bewilligten Forschungsprojekte relevante Zukunftsthemen abdecken. Dies belegt die Aktualität der Forschungsthemen. Es gilt, weiterhin den eingeschlagenen Weg fortzusetzen und beständig neue Forschungsgebiete zu erschließen.

Unser Dank gilt auch in diesem Jahr allen forschungsaktiven Professorinnen und Professoren und deren Arbeitsgruppen, für die zahlreichen Publikationen und Aktivitäten sowie für die vielen erfolgreich durchgeführten Forschungsprojekte, welche die anwendungsnahe Forschung an der Hochschule gestärkt und vorangetrieben haben.

Prof. Dr. Thomas Greiner und Prof. Dr. Rebecca Bulander

Wissenschaftliche Leitung des IAF

Inhalt

Übersichtsangaben zu den FuE-Leistungen der Hochschule Pforzheim.....	I
Vorwort.....	II
Inhalt	III
1 Forschungsarbeit im Überblick	1
1.1 Eckdaten und Forschungsaktivität.....	1
1.2 Berichte der Forschungsinstitute des IAF	3
1.2.1 Institut für Industrial Ecology – INEC	3
1.2.2 Institut für Smart Systems und Services – IoS ³	17
1.2.3 Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT	34
1.2.4 Institute for Smart Bicycle Technology – ISBT.....	49
1.2.5 Schmucktechnologisches Institut – STI	62
1.2.6 Institut für Personalforschung – IfP.....	73
1.2.7 Institute for Human Engineering & Empathic Design – HEED	78
2 Personalia	83
2.1 Institut für Angewandte Forschung	83
2.2 Persönliche Mitglieder des IAF	83
2.3 Fachinstitute und ihre Mitglieder.....	84
2.4 Akademische Mitarbeiter/-innen in der Forschung.....	87
3 FuE-Drittmittelprojekte der Hochschule Pforzheim	91
3.1 Institut für Industrial Ecology – INEC	91
3.2 Institut für Smart Systems und Services – IoS ³	116
3.3 Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT	129
3.4 Institut für Smart Bicycle Technology – ISBT	141
3.5 Schmucktechnologisches Institut – STI	144
3.6 Institut für Personalforschung – IfP.....	154
3.7 Diverse Projekte – DP	159
3.8 Institute for Human Engineering & Emphatic Design – HEED	166
3.9 Mittelbauprogramm – MP	167
4 Publikationen.....	170
4.1 Peer-Review-Publikationen (=59).....	170
4.1.1 Beiträge aus Journals in Master Journal List (Clarivate) (=29)	170
4.1.2 Beiträge aus Journals in AG IV-Liste (=13)	172
4.1.3 Beiträge mit separatem Nachweis des Peer-Reviews (=17)	173
4.2 Dissertationen (=1).....	174
4.3 Weitere wissenschaftliche Publikationen (=164).....	174

4.3.1	Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (=99)	174
4.3.1.1	Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (ohne Nachweis) (=38)	174
4.3.1.2	Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (mit Nachweis) (=61)	177
4.3.2	Herausgeberschaft, Buchveröffentlichungen, Monographien und Beiträge in Fachbüchern (=65).....	182
4.4	Vormerkungen für 2023.....	187
4.5	Patentoffenlegung	187
4.6	Vorträge	187
4.7	Messen	187
5	Deputatsumwidmungen im FuE-Bereich	188
6	Bonusmittelverteilung	188
7	Drittmittelbilanz 2022.....	189
7.1	Drittmittel der Kategorie 1	189
7.2	Drittmittel der Kategorie 2.....	215
7.3	Anrechenbare Drittmiteleinnahmen aus FuE-Projekten 2022	217
8	Anlagen.....	218
8.1	Anlagen zu 4.1.1 – Beiträge aus Journals in Master Journal List (Clarivate)	218
8.2	Anlagen zu 4.1.2 – Beiträge aus Journals in AG IV-Liste	247
8.3	Anlagen zu 4.1.3 – Beiträge mit separatem Nachweis des Peer-Reviews	261
8.4	Anlagen zu 4.3.1.2 – Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (mit Nachweis).....	296
8.5	Anlagen zu 4.3.2 – Herausgeberschaft, Buchveröffentlichungen, Monographien und Beiträge in Fachbüchern (mit Nachweis).....	399
9	Pressespiegel.....	443

1.2 Berichte der Forschungsinstitute des IAF

1.2.1 Institut für Industrial Ecology – INEC



Nach über 2 Jahren hauptsächlich im Home-Office konnte das INEC-Team im Sommer 2022 endlich wieder verstärkt in Präsenz arbeiten.



Abb. 1: Gruppenbild des INEC-Teams im Sommer 2022 (ohne J. Woidasky, M. Rudolf, L. Coblenzer, A. Vogt). Bild: Hochschule

Das INEC bestand im Jahr 2022 aus 8 Professoren und 15 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Neu hinzugekommen sind 2022 die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen M.Eng. Maika-Katharina Senk, Master (fr.) Mélanie Apitzsch-Delavault, M.Sc. Annika Pruhs, M.Sc. Marco Rudolf und M.Sc. Marco Schmid. Im Verlauf des Jahres 2022 haben Nadine Rötzer und Ireen Beer das Institut verlassen. Weiterhin verließ Kerstin Anstatt das Institut und wurde Klimaschutzmanagerin der Hochschule Pforzheim.

Neues Promotionskolleg

Einen großen Erfolg konnte das INEC am Jahresende verbuchen: Es bekam den Zuschlag zu einem von insgesamt 10 kooperativen Promotionskollegs, die von 2022 bis 2027 in Kooperation mit Universitäten in Baden-Württemberg laufen. Die Hochschule Pforzheim kooperiert in diesem Promotionskolleg mit zwei Instituten (Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse und Institut für Angewandte Geowissenschaften) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Zusammen bieten das KIT und die Hochschule Pforzheim 15 Doktorandinnen und Doktoranden Stipendien für drei Jahre an, die sich mit interdisziplinärer Forschung zu

Klimaschutz, schonendem Umgang mit Ressourcen und Kreislaufwirtschaft auseinandersetzen. 5 Stipendien werden dabei über gestiftete Mittel finanziert, vier von der Karlheinz-Osterwald-Stiftung und eines von der PSD Bank Karlsruhe-Neustadt.

Bei den Forschungsarbeiten sind folgende Projekte zu erwähnen:

Projekt 100 Betriebe und mehr Ressourceneffizienz

Endgültig abgeschlossen wurde das Projekt „100 Betriebe und mehr Ressourceneffizienz“. Seit 2014 wurden vom INEC Einsparpotenziale im produzierenden Gewerbe in Baden-Württemberg identifiziert, Fallbeispiele ausgewählt und analysiert und für die Öffentlichkeit ansprechend dokumentiert.

Mit seinen insgesamt 126 Fallbeispielen wurde das Projekt zu einem Leuchtturm der Umweltpolitik der baden-württembergischen Landesregierung und auf dem Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress 2022 in Karlsruhe prominent vorgestellt. Als Ergebnis stand zum Schluss die mit der Ressourceneffizienz verbundene Einsparung an CO₂-Emissionen im Vordergrund. Das Projekt wurde von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet.



Abb. 2: Links: Philip Paschen von der Witzenmann AG referiert im Oktober 2022 über die Anfänge des Projektes auf dem KONGRESS BW. Foto: Stefan Longin, UTBW. Rechts: Abschlussveranstaltung im November 2022 mit Umweltstaatssekretär Dr. Andre Baumann (2. Reihe Mitte) und Prof. Dr. Mario Schmidt (1. Reihe rechts). Foto: Frank Eppler

Projekt KligWeR

Das Projekt KligWeR konnte 2022 ebenfalls erfolgreich abgeschlossen werden. Es hatte das Ziel, umfassende THG-Emissionsbilanzen für die betriebliche Praxis unter Einbeziehung der Rohstofflieferketten zu ermöglichen.

Die sogenannten Scope-3-Emissionen von Unternehmen können mit einem eigens entwickelten webbasierten Software-Tool berechnet werden. Die Unternehmen müssen dafür lediglich ihre eingekauften Waren und Rohstoffe und deren Herkunft beziffern. Das Tool arbeitet mit multiregionalen Input-Output-Analysen (MRIO) aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und wurde gemeinsam mit dem Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien am KIT, der Sustain Consulting GmbH und den beiden Unternehmen Robert Bosch GmbH und Carl Zeiss AG entwickelt. Es steht den Unternehmen kostenlos zur Verfügung. Das Projekt wurde von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet.

Mit dem **scope³ analyzer** analysieren Unternehmen eigenständig ihre Emissionen

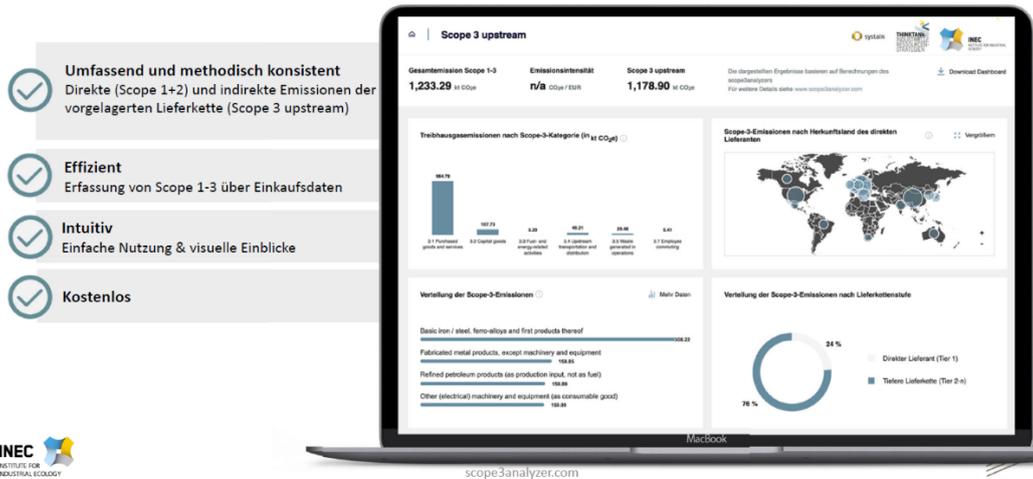


Abb. 3: scope3analyzer ermöglicht die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen von Unternehmen

Projekt H2Chemie2050

Ziel des neuen Forschungsprojekts H2Chemie2050 ist es, aktiv die Transformation der industriellen Produktion in der chemisch-pharmazeutischen Industrie zu unterstützen und die Lücke von „grauem“ nach „grünem“ Wasserstoff zu schließen.

Gemeinsam mit dem Projektpartner Evonik Operations GmbH am Standort Rheinfelden soll eine praxisnahe, auf alle relevanten Industriestandorte übertragbare Handlungs- und Entscheidungshilfe für die optimale Gestaltung des Transformationsprozesses von „grau“ nach „grün“ im Bereich der industriellen Nutzung von Wasserstoff geschaffen werden. In das Projekt sind die Professoren Ingela Tietze, Claus Lang-Koetz und Mario Schmidt mit verschiedenen Teilbereichen involviert.



Abb. 4: Unterzeichnung des Kooperationsvertrags zwischen Prof. Dr. Mario Schmidt und Werksleiter Herman Becker bei Evonik Rheinfelden

Projekt Kreislauf-E-Wende

Zusammen mit der TU Darmstadt startete 2022 am INEC das neue Forschungsprojekt Kreislauf-E-Wende „Kreislauffähige Energiewende: Bilanzierung der Minderung von Treibhausgasen durch zukünftige Materialkreisläufe im Lebenszyklus energietechnischer Anlagen und Komponenten. Teilvorhaben: Methodische Bausteine einer ex-Ante LCA für die Bilanzierung der THG-Emissionen von Materialien“. Bei dem Projekt geht es um die Abhängigkeit der Energiewende von diversen Rohstoffen und wie diese durch entsprechende Kreislaufführung einen Beitrag zur THG-Minderung liefern können. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Förderprogramms „Ressourceneffizienz im Kontext der Energiewende“ gefördert. Das Projekt wird von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet.

Projekt MaFlmA

Energie- und Stoffstrommanagement und Life Cycle Assessment gehören zu den Kernkompetenzen des INEC. Mit dabei auch die Materialflusskostenrechnung, die derzeit in einem größeren Forschungsprojekt MaFlmA am INEC methodisch erweitert wird. Das Projekt wird Anfang 2023 abgeschlossen. Das Projekt wird von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet.

Erste Ergebnisse wurden aber bereits im November 2022 auf der EcoBalance-Tagung im japanischen Fukuoka vorgestellt. Die renommierte Tagung fand 2022 erstmals wieder in Präsenz statt. Das INEC war mit fünf Vorträgen vertreten.



Abb. 5: Das INEC war auf der renommierten Ökobilanz-Tagung in Japan mit fünf Vorträgen vertreten. Foto: privat

Projekt ReDiBlock

In Japan wurden auch erste Ergebnisse aus dem Projekt ReDiBlock „Ressourcenschonung durch Distributed-Ledgers- und Blockchain-Technologie für die industrielle Produktion und Kreislaufwirtschaft. Teilprojekt: Daten- und Akteursanalyse über gesamte Kette und Transfer von Real- in Digitaldaten“ vorgestellt. Dieses Projekt befasst sich mit der Verfolgung von Lieferketten mittels moderner IT-Ansätze. Es wird vom Land Baden-Württemberg gefördert und gemeinsam mit dem Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien am KIT und der Firma ipoint bearbeitet. Das Projekt wird von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet.

Projekt Hafner

Als Anwendungsfall wurde die Edelmetallbranche ausgewählt. Konkret arbeitet in dem Projekt die Firma C.Hafner aus Pforzheim mit. Dabei geht es um die Frage, wie bei der Produktion von Gold gewährleistet und nachgewiesen werden kann, dass das eingesetzte Rohmaterial aus dem Recycling von Altgold stammt und nicht aus der Produktion von Bergwerken. Einerseits ist das von Bedeutung, da die Herkunft von Gold oft mit sozialen, ökologischen und politisch zweifelhaften Rahmenbedingungen verknüpft ist, z.B. mit Kinderarbeit, Umweltverschmutzung und Korruption. Andererseits hat recyceltes Gold einen um mehrere Zehnerpotenzen geringeren Carbon Footprint als Primärgold aus dem Bergbau.

Allerdings ist die Nachweisführung schwierig, da die Endprodukte sich nicht voneinander unterscheiden lassen. Dieses Problem kann durch Zertifikate, die über eine Art Blockchain-Technologie zwischen den Akteuren fälschungssicher übertragen wird, gelöst werden. Das Konzept wurde im Juli 2022 bei der Firma C.Hafner in Wimsheim der Staatssekretärin im Bundeswirtschaftsministerium Franziska Brantner vorgestellt. Das Projekt wurde von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet.

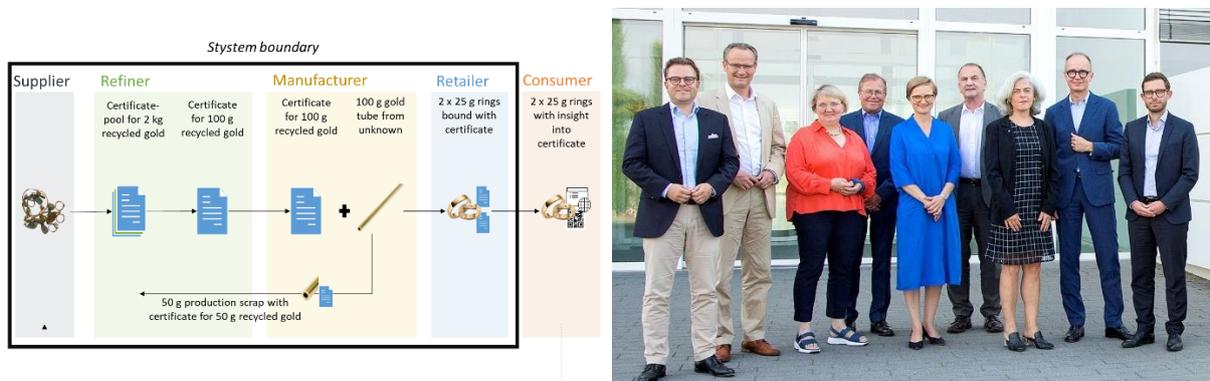


Abb. 6: Links: Konzept einer Blockchain-Lösung für die Verfolgung von Gold in der Lieferkette. Rechts: Treffen mit Staatssekretärin Franziska Brantner (Mitte) bei der Firma C.Hafner im Juli 2022. Foto: C.Hafner

Projekt InPEQT

Das von Prof. Dr. Ingela Tietze und Prof. Dr. Tobias Viere geleitete Projekt InPEQT „Weiterentwicklung und Erprobung des Modells LAEND zur ganzheitlichen Planung und Optimierung dezentraler Energieversorgungssysteme für Quartiere“ (InPEQt) ging 2022 in sein zweites Projektjahr. Im Projekt geht es um die Koppelung von Energiesystemmodellierung und Ökobilanzierung.

Dazu wird das Energiesystemmodell LAEND verwendet. LAEND wurde im Jahr 2022 weiterentwickelt und der Programmcode veröffentlicht. Eine erste Praxisanwendung für ein Quartier in Konstanz zeigt, wie die Energieversorgung eines Neubauquartiers unter Kosten- und Umweltkriterien optimal konfiguriert werden kann. Zwei weitere Fallstudien – Gerstetten und Wiernsheim – werden zur Sicherstellung der Praxistauglichkeit des Modells im weiteren Verlauf des Projekts untersucht. Um die Umsetzungschance der klimaneutralen und umweltschonenden Energieversorgungskonzepte in den Beispielquartieren zu erhöhen, sind Stakeholder-Dialoge in den Quartieren Bestandteil des Vorhabens.

Projekt DfC-Industry

Ziel des 2022 neu gestarteten Forschungsvorhabens DfC-Industry „Design for Circularity – Operationalisierung in der industriellen Produktentwicklung. Teilprojekt: Verbreitung und wissenschaftliche Begleitung“ ist die Konzeption und Erprobung digitaler Lösungen für den Entwurf ressourceneffizienter industrieller Produkte für eine Circular Economy (CE) und die Energiewende. Das Vorhaben wird gemeinsam mit den Partnern Robert Bosch GmbH, iPoint-systems GmbH und dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH durchgeführt. Projektleiter sind Prof. Dr. Tobias Viere und Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky.

In den ersten Projektmonaten wurden unternehmens- und produktbezogene Strategien, Geschäftsmodelle, Normen und Standards und Indikatoren der CE ebenso wie allgemeine Konstruktionsprinzipien und spezifische Ökodesignansätze recherchiert. Diese unterschiedlichen Ebenen werden mithilfe von Entscheidungsmatrizen so aufbereitet, dass zukünftig Entwicklerinnen und Konstrukteure direkte Hilfestellungen für ein DfC gegeben werden kann. Außerdem wurde der Produktentwicklungsprozess des Praxispartners mithilfe von Swimlane-Diagrammen aufbereitet, um „Angriffspunkte“ und Hauptakteurinnen eines DfC identifizieren zu können. Diverse Fachbeiträge für Tagungen und Zeitschriften sind in Vorbereitung.



Quelle: Projektantrag DfC-Industry

Abb. 7: Visualisierung der Projektidee von DfC-Industry

Projekt IRMa

Im neu gestarteten Forschungsvorhaben IRMa „Integratives Ressourceneffizienz-Management für mittelständische Unternehmen der chemischen Industrie. Teilvorhaben: Integratives Ressourceneffizienz-Management durch Bewertungs- und Methodenansätze“ wird betrachtet, wie kreislaufwirtschaftliche und damit verbundene Energie- und Ressourceneffizienzpotenziale besser erschlossen werden können. Die Projektpartner untersuchen am Beispiel der chemischen Industrie, wie ein integratives Ressourceneffizienz-Management für mittelständische Unternehmen konzipiert und umgesetzt werden kann. Das Projekt wird vom INEC koordiniert (Leitung: Prof. Dr. Ingela Tietze und Prof. Dr. Claus Lang-Koetz).

Im Vorhaben werden praxisnahe Ansätze entwickelt, die mithilfe der mittelständischen Unternehmenspartner Buzil-Werk Wagner GmbH & Co. KG und Münzing Chemie GmbH erprobt und umgesetzt werden. Im Mittelpunkt stehen dabei die Analyse und die Bewertung der Unternehmen und ihrer innerbetrieblichen Prozesse und Produkte. Auf dieser Basis werden in-

ner- und überbetriebliche Handlungsmöglichkeiten und Verbesserungsmaßnahmen zur Kreislaufschließung ermittelt und bewertet. Weiterhin werden ausgewählte Technologien zur Kreislaufschließung und Energieeffizienz betrachtet. Ein weiterer wichtiger Teil ist der Einsatz geeigneter Software und die Gestaltung überbetrieblicher Schnittstellen mithilfe des Fachpartners aus dem IT-Bereich der krumedia GmbH.



Abb. 8: Produktionshalle des Buzil-Werks in Memmingen. Foto: Buzil

Projekt CircoMod

Das EU-Forschungsvorhaben CircoMod „Circular Economy Modelling for Climate Change Mitigation“ zielt darauf ab, die Auswirkungen kreislaufwirtschaftlicher Strategien und Maßnahmen auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen auf internationaler Ebene modellier- und bewertbar zu machen. CircoMod geht diese Herausforderungen an, indem es eine neue Generation fortschrittlicher Modelle und Szenarien entwickelt, die bewerten, wie Circular Economy (CE) in Zukunft Treibhausgasemissionen und Materialverbrauch reduzieren kann.

Das Projekt bringt ein einzigartiges Konsortium führender Forschungsteams aus verschiedenen Disziplinen zusammen, darunter industrielle Ökologie und Materialflussmodellierung, prozessorientierte integrierte Bewertungsmodellierung und makro-ökonomische Modellierung. Es zielt auf einen Durchbruch bei der Integration von CE und Greenhouse Gas (GHG) durch die Entwicklung eines analytischen Rahmens, der Strategien der Kreislaufwirtschaft auf bestehende einflussreiche Klimaszenarien abbildet, durch die Bereitstellung robuster und aktueller CE-Daten in einem offenen Repository und durch die Verbesserung der Darstellung der CE in führenden Modellen, die von europäischen und globalen Institutionen verwendet werden, bei gleichzeitiger Stärkung der Verbindungen zwischen den Modellen. Seitens des INEC arbeiten Dr. Christian Haubach, Prof. Dr. Mario Schmidt und Prof. Dr. Tobias Viere an dem Vorhaben mit und sind unter anderem an der Entwicklung von Kreislaufwirtschaftsprofilen für spezifische Sektoren und Materialien beteiligt.

Projekt GrüNetz

Das Projekt GrüNetz „Markteintritt grüner Gründungen durch zielgerichtete Vernetzung mit dem Mittelstand stärken“ beschäftigt sich mit der Frage nach den Anforderungen und Bedarfen grüner Startups sowie KMU in Bezug auf die Vernetzung in Baden-Württemberg. Weitere Forschungsaktivitäten bauten darauf auf, und es wurde ein praxistaugliches Konzept für zielgerichtete Vernetzungs- und Kooperationsaktivitäten entwickelt. Ergebnis ist eine validierte Matchmaking-Strategie, welche in der Praxis unter anderem auf dem Ressourceneffizienz-

und Kreislaufwirtschaftskongress 2022 erfolgreich getestet wurde. Die Ergebnisse wurden auf der Fachkonferenz „G-Forum“ in Dresden vorgestellt und diskutiert. Eine Veröffentlichung in Form eines Handbuches ist geplant.

Bearbeitet wird das Projekt am INEC von Anina Kusch und Prof. Dr. Claus Lang-Koetz. Partner sind die Landesagentur Umwelttechnik BW GmbH (Verbundkoordinator) sowie die Innovations- und Start-up-Schmiede Grünhof GmbH aus Freiburg.



Abb. 9: Projektteam GrünNetz auf dem KONGRESS BW 2022. Quelle: UTBW / Frank Eppler

Projekt EAT-Regional

In dem vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Vorhaben „EAT-Regional“ wurde zwischen 2019 und 2022 unter der Leitung von Prof. Dr. Jörg Woidasky ein digitales „Ehrenamtstool für die regionale und nachhaltige Versorgung von Freizeitmaßnahmen“ entwickelt. Dieser Ansatz soll regionale Lebensmittelerzeuger und -verarbeiter in das digitale Zeitalter begleiten und sicherstellen, dass vorwiegend durch Ehrenamtliche veranstaltete Freizeitmaßnahmen gut und möglichst regional versorgt werden können. Hindernisse sind dabei neben einem Informationsmangel über regionale Erzeuger und deren Produktportfolio vor allem, dass Direktvermarkter oft nur wenige Produkte anbieten und damit für einen Einkauf für Gruppen nicht attraktiv sind.

Insgesamt wurden drei Standorte von Unterkünften für ehrenamtlich veranstaltete Maßnahmen in Baden-Württemberg und Bayern auf ihr regionales Lebensmittelangebot untersucht. Parallel hierzu wurde durch den Projektpartner Key-Work ein Online-Tool auf Basis von WooCommerce entwickelt, das die Anbieter- und Nachfrageseite miteinander über gruppentaugliche Rezepte und deren Zutaten verknüpft und so die regionale Verpflegung einfacher und attraktiver gestaltet. Zum Projektende Anfang 2022 liegt eine erste lauffähige Version des „DEATER“ (Das EAT-Regional Planungstool) benannten Planungstools mit rund 130 auf Gruppeneignung geprüften Rezepten vor. Eine Demo-Version ist bereits unter <https://deater.info> zugänglich. Ein weiteres Ziel, die Gründung einer Genossenschaft, welche den Betrieb der Plattform in der Praxis langfristig sichern soll, wurde während der Laufzeit weiter vorangetrieben. Die notwendigen Schritte zur Genossenschaftsgründung, von der Erstellung der Genossenschaftssatzung bis hin zum Business-Plan mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Rollout-Planung wurden weitestgehend abgeschlossen. Folgevorhabens-Anträge wurden gestellt.

Nach heutigem Stand wird die Aktivität zukünftig im Rahmen des durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekts „KlimaFreizeit“ ab 2023 fortgeführt.

Projekt KliReGeM

Im neu angelaufenen Projekt KliReGeM „DAS: Klimaresilientes Gebäudemanagement für die Stadt Karlsruhe“ werden ausgehend von der ökobilanziellen Bewertung konkreter Klimaanpassungsmaßnahmen im Kontext typischer städtischer Bauaufgaben im Bereich der Nichtwohngebäude (Neubau, Sanierung, Instandsetzung) Handlungsleitlinien für klimaangepasstes und ressourcenschonendes Gebäudemanagement erarbeitet. Ziel des Projekts unter Leitung von Prof. Dr. Hendrik Lambrecht ist die Entwicklung von Best-Practice-Beispielen für klimaresilientes Bauen und Gebäudemanagement, die als Vorbilder für andere Städte und Kommunen und darüber hinaus für gewerbliche Nichtwohngebäude wie bspw. Büros dienen können.

Wichtige Etappen auf dem Weg zu diesem Ziel sind die Entwicklung einer Systematik von Klimaanpassungs-Szenarien, die umfassende Bewertung von Umweltwirkungen für die verschiedenen Szenarien sowie – aufbauend darauf – die Entwicklung von Handlungsleitlinien für klimaresilientes Bauen.

Hierfür arbeiten das INEC und das Amt Hochbau und Gebäudebewirtschaftung der Stadt Karlsruhe in engem Austausch unter Einbindung weiterer Stakeholder zusammen.

Im Bereich Lean Production und Ressourceneffizienz war Prof. Dr. Frank Bertagnolli mit drei Drittmittelprojekten in der Industrie aktiv.

Projekt WELLE 4,5

Das Drittmittelprojekt „Weiterentwicklung und Auditierung Ideallogistik – ‚Lean Logistics‘ WELLE 4,5“ mit dem Industriepartner LGI GmbH wurde erfolgreich fortgesetzt. Die Konzeption einer Ideallogistik nach den Prinzipien der schlanken Logistik (Lean Logistic) wurde weiterentwickelt und hierbei eine neue Form für einen logistischen Wertstrom entwickelt und angewendet. Die Umsetzungen und Erfahrungen finden pilothaft in Umsetzungsprojekten an verschiedenen Standorten durch Lean-Expert/-innen des Unternehmens statt. Die Ergebnisse werden wiederum zurückgeführt in die Weiterentwicklung der Analysemethoden und die Verbesserung der Abläufe.



Abb. 10: Teilnehmer/-innen der Lean-Logistic-Umsetzungen bei LGI mit Bereichs- und Geschäftsleitung (rechts) sowie Prof. Dr. Bertagnolli (links). Foto: LGI

Projekte PLUS4WM und High-5

Zwei weitere Projekte fanden bei der Witzenmann GmbH in Pforzheim statt.

Das Projekt „PLUS4WM“ konnte Ende Mai 2022 erfolgreich abgeschlossen werden. Die entwickelte und anschließend in Piloten erprobte Möglichkeit, einen Lean-Reifegrad mit den Dimensionen Prozess, Führung und Kultur aufzunehmen und zu messen, wurde seitens des Unternehmens in die Praxis überführt und befindet sich nun in der Anwendung.

Im Anschluss begann im Juni 2022 das neue Projekt „High-5“. Hierbei findet eine wissenschaftliche Betrachtung neuer Lean-Prinzipien statt. Fünf Lean-Prinzipien mit dem höchsten Wirkungsgrad werden mit Aufwand, Nutzen und Wirkung im Produktionsumfeld betrachtet. Ausgangspunkt bilden die typischen Elemente eines Produktionssystems: Standards, Logistik, Qualität sowie der Mensch. Es erfolgt eine Ableitung von aktuellen Erkenntnissen aus einem Benchmarking.

Buchpublikationen

Im Nachgang zu dem im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums (BMU) geförderten Forschungsprojekt RE:Plan (KSI) in Kooperation mit der Umwelttechnik BW GmbH und der RKW Projekt GmbH unter Leitung von Prof. Dr. Mario Schmidt und Prof. Dr. Frank Bertagnolli wurden 2022 die Ergebnisse und die sechs erarbeiteten Planspiele im Buch „Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit“ im Verlag Springer Gabler publiziert. Das Buch und alle Planspielunterlagen sind frei verfügbar und von der Verlagsseite (Open Access) herunterladbar.

Besondere Buchpublikationen von Prof. Dr. Frank Bertagnolli waren im Jahr 2022 die englische Erstausgabe des Lehr- und Praxisbuches „Lean Management“ (Springer) und das Buch „Lean im Betrieb“, in dem das interdisziplinäre Themengebiet zwischen Lean und den Mitbestimmungsrechten des Betriebsverfassungsrechtes, zusammen mit einem Arbeitsrechtler erstmals beleuchtet wurde.

Research Excellence Award

Prof. Dr. Tobias Viere wurde für seine umfangreiche Publikations- und Forschungstätigkeit der „Research Excellence Award“ der Hochschule Pforzheim für das Jahr 2022 verliehen. Die Jury würdigte sein breites Spektrum an Forschungsaktivitäten, die unter anderem die Integration der Kreislaufwirtschaft in die industrielle Produktentwicklung, die Nachhaltigkeitsbewertung von automatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr, die Integration von Nachhaltigkeitsaspekten und -indikatoren in Energiesystemmodelle und -optimierung sowie die Weiterentwicklung der LCA-Lehre und -Methodik umfassen. Ein Ergebnis seiner Forschung ist eine Vielzahl wissenschaftlicher Zeitschriftenbeiträge. Allein im Jahr 2022 veröffentlichte er in acht verschiedenen Zeitschriften, darunter Energy Reports, European Journal of Public Health, Energy, Sustainability and Society, Materials Circular Economy und Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Vorträge

Die Bedeutung des Recyclings von Gold wurde auch auf einem eigenen **Forum im Rahmen des Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongresses** vorgestellt. Zusammen mit dem Geschäftsführer der Fachvereinigung Edelmetalle, York Tetzlaff, und dem Geschäftsführer Dr. Philipp Reisert von der Firma C.Hafner wurden unter Federführung von Prof. Dr. Mario Schmidt Herausforderungen und Vorteile des Goldrecyclings vorgestellt.

Das Goldthema stand ebenfalls im Mittelpunkt eines Vortrags von Professor Mario Schmidt beim **Studium Generale** der Hochschule Pforzheim. Dabei wurde insbesondere auf die Umweltprobleme des Artisanal Minings am Beispiel des Amazonas-Regenwaldes in Brasilien hingewiesen, bei dem große Mengen Quecksilber freigesetzt werden, sowie auf den Carbon Footprint der Goldgewinnung. Von großem Vorteil ist hier das Goldrecycling, wie es in Pforzheim betrieben wird. Der Vortrag ist auf Youtube öffentlich verfügbar (<https://youtu.be/byxtPHlljuc>).



Abb. 11: Links: Diskussion beim KONGRESS BW mit Prof. Dr. Mario Schmidt, York Tetzlaff und Dr. Philipp Reiser (v.l.n.r.). Foto: Stefan Longin. Rechts: Vortrag beim Studium Generale am 23. November an der Hochschule Pforzheim. Bild: Cornelia Kamper

Ökobilanzierung, Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz in der Praxis, diesen Themen widmete sich das am 8. Dezember erstmals vom INEC veranstaltete **Symposium Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz**. Als neues Veranstaltungsformat ersetzt das Symposium die bisherige Ringvorlesungsreihe. Die Veranstaltung mit über 100 Besucher/-innen hatte den Themenschwerpunkt Ökobilanz und Carbon Footprint und fand im EMMA Kreativzentrum in Pforzheim statt. Der Tag begann mit Keynotes renommierter Fachleute auf dem Gebiet der Ökobilanzierung: Prof. Dr. Mario Schmidt, Leiter des INEC, Dr. Roland Hischier (Forschungsinstitut Empa aus St. Gallen und Präsident des ecoinvent-Vereins, der die gleichnamige Ökobilanz-Datenbank betreibt) sowie Martina Prox von der iPoint-systems GmbH. Am Nachmittag standen Vorträge von Alumni und Studierenden des Bachelorstudiengangs BWL-Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz und des Masterstudiengangs Life Cycle and Sustainability auf dem Programm. Die Vorträge und Diskussionen haben gezeigt, dass Ökobilanz und Carbon Footprint hochrelevant sind und der Bedarf an Fachexpertise auf diesem Gebiet auch in Zukunft groß sein wird.

Prof. Dr. Ingela Tietze engagierte sich im Rahmen der 17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES) als Session Chair und stellte darüber hinaus erste Erkenntnisse aus dem Vorhaben IRMa vor.

Das INEC war an zwei Beiträgen der Jahreskonferenz 2022 der deutschen Gesellschaft für Operations Research beteiligt. INEC-Mitarbeiterin Heidi Hottenroth präsentierte die dem Projekt InPEQt zugrunde liegenden Methodik und Zwischenergebnisse in ihrem Vortrag „Multi-Objective Investment Optimization of Energy Systems for Residential Quarters Considering Costs and Life-cycle Environmental Impacts“. Darüber hinaus wurden unter dem Titel „Life cycle-based environmental impacts of energy system transformation strategies for Germany:

Are climate and environmental protection conflicting goals?“ vom Projektkoordinator DLR Ergebnisse des im vergangenen Jahr abgeschlossenen Projekts InNOSys vorgestellt.

Prof. Dr. Jörg Woidasky und Prof. Dr. Claus Lang-Koetz gestalteten eine Veranstaltung zum Thema Circular Economy in der Reihe „Industrie trifft Hochschule“ (ITH) am 27. Oktober 2022 im Zentrum für Präzisionstechnik auf dem Campus der Hochschule Pforzheim. Sie referierten zusammen mit drei Industrievertretern und diskutierten mit den Teilnehmenden über Umsetzungsmöglichkeiten der Circular Economy in der Industrie.

Prof. Dr. Claus Lang-Koetz hielt 2022 mehrere Vorträge, z.B. auf dem Digitalkongress des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation am 19. Mai 2022. Er leitete weiterhin einen Workshop zum Thema „Nachhaltigkeit und Innovation“ auf dem Open Innovation-Kongress Baden-Württemberg am 11. April 2022 in Stuttgart.

Neues Format zum Thema Nachhaltigkeit



Über 10 Jahre hat das INEC mit dem lokalen Sender Baden TV zusammengearbeitet und Monat für Monat eine 10-minütige Sendung rund um das Thema Nachhaltigkeit produziert, bei dem auch Ergebnisse aus Forschung und Lehre des INEC präsentiert wurden. Dabei wurden 90 Videos produziert, die auf Youtube nach wie vor verfügbar sind (<https://www.youtube.com/@INEC-undREM/videos>). Im Jahr 2022 wurde etwas Neues gewagt: Zusammen mit dem bekannten Moderator und Stadionsprecher Kevin Gerwin wurde mit finanzieller Unterstützung der PSD-Bank Karlsruhe-Neustadt ein neues Format aufgesetzt. In kurzen Beiträgen „Alles öko? Es kommt darauf an“ werden populäre und strittige Nachhaltigkeitsthemen aufgegriffen. Bis Ende 2022 konnten vier Sendungen produziert werden, die im zweimonatigen Rhythmus auf Social-Media-Kanälen gezeigt werden. Auch diese Sendungen sind auf Youtube verfügbar.

Mitgliedschaften

Eine besondere Ehre wurde 2022 Prof. Dr. Mario Schmidt zuteil: Er wurde von der Bundesumweltministerin Steffi Lemke in die **Jury des Blauen Engels** berufen und dort zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt. Die Amtszeit läuft 2 Jahre und hat zur Aufgabe, über die Vergaberichtlinien für die Vergabe des bekannten Umweltzeichens zu wachen.



Abb. 12: Bundesumweltministerin Steffi Lemke gratuliert Prof. Dr. Mario Schmidt zum stellv. Vorsitzenden der Jury Umweltzeichen (Blauer Engel). Bild: UBA

Das Forum for Sustainability through Life Cycle Innovation (FSLCI) ist ein weltweit aktives, gemeinnütziges Netzwerk von Praktiker/-innen und Forscher/-innen. Seitens des INEC bringt sich Prof. Dr. Tobias Viere dort gemeinsam mit Prof. Guido Sonnemann (Universität Bordeaux) als Leiter der Arbeitsgruppe „LCA in higher education“ ein.

Prof. Dr. Ingela Tietze wirkte in 2022 als Jury-Mitglied für den Keffizienzgipfel des Landes Baden-Württemberg und für die Gesellschaft für Energiewissenschaft und Energiepolitik zur Auswahl der besten Dissertation. Des Weiteren unterstützte sie das Energy Analysis Center des National Renewable Energy Laboratory, USA als Mitglied im Technical Review Committee bei der Bearbeitung von Projekten zu Pumpspeicherkraftwerken.

Besuch der Umweltministerin

Der Besuch der baden-württembergischen Umweltministerin Thekla Walker war für das INEC ein Höhepunkt im Jahr 2022. Zusammen mit Studentinnen und Studenten sowie Mitarbeitern des INEC diskutierte sie über die Nachhaltigkeitspolitik und dort insbesondere über die Energiewende.



Abb. 13: Die baden-württembergische Umweltministerin Thekla Walker (Mitte) zusammen mit Rektor Prof. Ulrich Jautz (3.v.l.) und Prorektorin Prof. Ingela Tietze (2.v.r.)

Institutsleitung: Prof. Dr. Mario Schmidt, Prof. Dr. Claus Lang-Koetz (Stellvertreter)

Weitere Informationen: <http://umwelt.hs-pforzheim.de>

1.2.2 Institut für Smart Systems und Services – IoS³

Das Jahr 2022 verlief für das Institut wiederum sehr erfolgreich. Es wurden sowohl laufende Forschungsprojekte weitergeführt bzw. abgeschlossen als auch eine Reihe neuer Projekte akquiriert.

Im Jahr 2022 neu hinzugekommen sind die Forschungsprojekte:

- ASZ – Automatisierte Sensor-basierte Zugangssteuerung (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr. Stefan Kray)
- KISA – Hybride künstliche Intelligenz für intelligente Sensoren und Aktoren in der Produktion (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath, Prof. Dr. Alexander Hetznecker, Prof. Dr. Norbert Schmitz)
- EcoAction – Action to Boost Ecosystem Impact through Cross-partner Learning (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)
- TraFoNetz NSW – Transformationsnetzwerk Kollaborationsplattformen – Fahrzeug- und Zulieferindustrie Nordschwarzwald (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)
- IZWW – Innovationszentrum Wissenschaft & Wirtschaft Nordschwarzwald (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)
- Gaming Monitors: Eye Fatigue & New Evaluation Methods and Comparison of Major Display Parameters (Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach)

Die folgenden Projekte wurden im Jahr 2022 weitergeführt:

- METHODS – Modular Engineering Techniques for Heterogeneous Discrete Systems (Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath, Prof. Dr. Thomas Greiner)
- HOME-KI – Methoden in der künstlichen Intelligenz zur Gebäudeautomatisierung (Prof. Dr. Norbert Schmitz)
- INTEGRAL – Innovationsbeschleuniger Region Nordschwarzwald (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)
- Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Stuttgart (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)
- IMPACT – Innovative Methods for Programming of Automation Control Technology (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath)
- IDEAS – Integrated Data Models for the Engineering of Automation Security (Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath).
- AOLED – Automotive OLED: Advanced Optical Evaluation Methods (Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach)

Im Folgenden wird näher auf die einzelnen Projekte eingegangen:

ASZ – Automatisierte Sensor-basierte Zugangssteuerung (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr. Stefan Kray)

Bedingt durch die starke globale Ausbreitung des Covid-19-Virus gibt es einen erhöhten Bedarf an Kontrollstellen mittels derer die Körpertemperatur von Personen im öffentlichen Raum beziehungsweise von Besuchern von öffentlichen oder privaten Gebäuden ermittelt werden kann. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines intelligenten Zugangssteuerungssystems, das die Körpertemperatur einer Person mittels eines kombinierten Sensor-/Kamerasystems bestimmt und abhängig von dem ermittelten Wert szenenbezogen universelle Schaltausgänge betätigt, so dass unterschiedliche Zugangssysteme angesteuert werden können.

Bisher verfügbare Systeme, welche die Körpertemperatur messen, sind jedoch einfach gehalten. Folglich ist noch deutliches Innovationspotential vorhanden, das mit diesem Vorhaben ausgeschöpft werden soll. Unter anderem wird im beantragten Vorhaben nicht nur die Oberflächentemperatur der Haut, sondern auch die Körperkerntemperatur abgeschätzt. Durch die kombinierte Lösung von Messung und aktiver Ansteuerung von Zugangskontrollen werden die Anwendbarkeit und der Nutzen des Produktes deutlich höher sein als bei bereits existierenden Insel-Lösungen und Geräten mit einfacher Funktionalität. Entsprechend steht eine innovative Lösung für eine große Zahl von Ländern zur Verfügung.

Das vom Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) geförderte Projekt erfolgt in Zusammenarbeit mit der faytech AG, einem technologisch führenden Hersteller von Touch-Screen-Lösungen. Die Firma ist spezialisiert auf das Design, die Entwicklung, Herstellung und Vermarktung von Touchscreen-Monitoren und Touchscreen-PCs.

Das Institut für Smart Systems und Services (IoS³) entwickelt die Architektur des verteilten Systems, die Datenverarbeitung und Fusion der Farb- und Thermokamerabilder, die Signalverarbeitung, den Systementwurf und führt die Gesamtintegration der Prototypen durch. Dies erfolgt stets unter Einhaltung der Anforderungen an den Datenschutz.

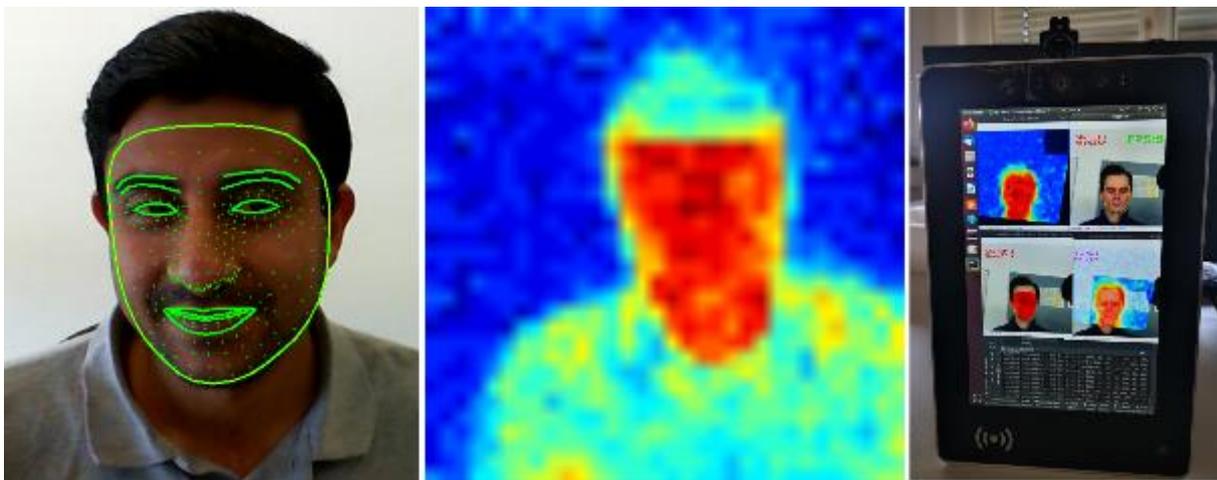


Abb. 1: Automatisierte Zugangssteuerung mit Temperaturüberwachung. Links: Automatisierte Gesichtserkennung; Mitte: Bild eines Thermosäulen-Sensors; rechts: integriertes System zur Zugangssteuerung

IDEAS – Integrated Data Models for the Engineering of Automation Security (Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath)

Gegenstand des Vorhabens ist es, den Security-Engineering-Prozess für Automatisierungssysteme erstmals effizient in den bestehenden Automation-Engineering-Prozess zu integrieren und dafür Datenmodelle und Software-Werkzeuge zu entwickeln. Zielgruppe für das Engineering-Tool sind Automatisierungs- bzw. Leittechnikingenieure, die somit Security bei der Entwicklung und Pflege ihrer Systeme im Sinne von „Security by Design“ direkt berücksichtigen können. Dazu soll zunächst ein Phasenmodell des Engineeringprozesses für Automatisierungssysteme um Security Engineering ergänzt werden, wobei auch die relevanten Ein- und Ausgangsgrößen für das Security Engineering definiert werden. Basierend darauf wird eine Merkmalsbibliothek für die Security-Domäne erstellt, die sowohl Security-Anforderungen als auch deren Umsetzung abdeckt. Im zweiten Schritt soll durch die Entwicklung eines AutomationML-Datenmodells die Übertragung der Security-Engineering-Ergebnisse in andere Ingenieurdomänen ermöglicht werden. Schließlich wird auf Basis des Engineering-Prozesses, der Merkmalsbibliothek und des Datenmodells ein Demonstrator für ein Software-Werkzeug

und der Informatik. Die Forschungsfrage in EcoAction lautet: „Wie kann man ein funktionierendes Startup-Ökosystem aufbauen?“ Das Projekt soll einen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn im Bereich der Innovationsökosysteme zwischen Hochschulen und Unternehmen erzielen. DSR ist ein effektiver Ansatz, da er sich nicht nur auf die Generierung neuer Ideen konzentriert, sondern auch auf die Entwicklung und Umsetzung dieser Ideen in einem realen Umfeld (dazu ist die Interaktion mit KMUs erforderlich).

Die wichtigsten Ergebnisse dieses Projekts sollen zeigen, dass Universitäten, Inkubatoren und Investoren den größten Einfluss auf die Bildung eines erfolgreichen Startup-Ökosystems haben. Die miteinander verknüpften strategischen Ziele – Verbesserung der institutionellen Exzellenz, effiziente Unterstützung von Unternehmen und Startups und Ausdehnung der Wirkung auf die Region – werden über das lokale Ökosystem hinaus verstärkt.

TraFoNetz NSW – Transformationsnetzwerk Kollaborationsplattformen – Fahrzeug- und Zulieferindustrie Nordschwarzwald (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)

In dem Vorhaben „TraFoNetz NSW“ schließen sich führende Akteure aus Baden-Württemberg (u.a. Wirtschaftsförderung Nordschwarzwald, Südwestmetall etc.) unter der wissenschaftlichen Koordination der Hochschule Pforzheim in einem Netzwerk zusammen, um den Strukturwandel in der Fahrzeug- und Zulieferindustrie in der Region Nordschwarzwald zukunftsorientiert zu gestalten. Massive Strukturumbrüche in der Autobranche stehen im Mittelpunkt: Technologiewandel zum E-Fahrzeug, massiver Kapitalbedarf für PHEV/BEV (Plug-in-Hybride/Batterie-Autos), Entwicklung, Produktion und Infrastruktur, Kosteninflation bei Rohmaterialien, Arbeitskraft und Fracht, Software als Differenzierungsfaktor und so weiter. Bei den deutschen OEMs haben Produktionskürzungen und hohe Subventionen für Elektrofahrzeuge zu deutlichen Gewinnsteigerungen geführt.

Anders sieht es bei den Zulieferern aus. Die Zulieferindustrie ringt noch immer um eine sinnvolle strategische und operative Neuausrichtung auf dem Weg in die Zukunft. Es ist nicht zu übersehen, dass das Überleben einiger Zulieferer auf dem Spiel steht. Das Wesen der Autoindustrie wird sich von der Mechanik zur Unterhaltungselektronik entwickeln, bei der sich der Marktanteil der etablierten Player massiv verschiebt. Insbesondere die traditionellen Zuliefererunternehmen müssen sich auf drastische Veränderungen gefasst machen. Angetrieben durch technologische Innovationen und zunehmende Online-Konnektivität steht der Aufstieg der Plattformökonomie im Zentrum des Projekts. Die Plattform-Ökonomie ist ein wirtschaftliches und soziales System, bei dem in der Regel Online-Vermittlungsstellen oder Technologie-Frameworks genutzt werden, um standardisierte (Commodity-)Teile/Systeme möglichst effizient zu beschaffen. Die Entwicklung der Plattform-Ökonomie wird eine Disruption der Wertschöpfung initiieren. Das Transformationsnetzwerk fokussiert die Forschungsaktivitäten auf den Erkenntnisgewinn im Bereich Plattformökonomie Fahrzeugindustrie und wie diese Erkenntnisse in Handlungsunterstützungen durch Artefakte (Design Science Research) für die Akteure (z.B. strategische Handlungsoptionen, Re-/Upskilling der Arbeitnehmer) überführt werden können.

IZWW – Innovationszentrum Wissenschaft & Wirtschaft Nordschwarzwald (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)

In diesem Projekt wird das Innovationszentrum Wissenschaft & Wirtschaft Nordschwarzwald als treibender Akteur des regionalen Innovationsökosystems aufgebaut und vernetzt.

In dem Projekt wird erforscht, wie digitale Infrastrukturstrategien und Nachhaltigkeitsansätze verknüpft werden können, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Da viele Unternehmen von

fragmentierten, themenspezifischen Nachhaltigkeitsstrategien zu umfassenderen, nachhaltigen Geschäftsstrategien übergehen, müssen ihre digitalen Infrastrukturstrategien ein Teil dieses Prozesses werden. In vielerlei Hinsicht ergänzen und beschleunigen sich „digital“ und „nachhaltig“ gegenseitig und sollten als untrennbare und komplementäre Faktoren betrachtet werden.

In zwei Teilprojekten werden spezifische Ansätze umgesetzt.

Teilprojekt 1: Erforschung des Recyclingansatzes von Magneten und seltenen Erden als Basis nachhaltiger Wertschöpfung. Seltenerdminerale haben eine hohe magnetische Energiedichte. Zu seltenen Erden zählen Metalle wie Neodym, Dysprosium und Praseodym. Durch die Energiewende und zunehmende Elektromobilität steigt die Nachfrage nach ihnen. Seltene Erden sind knapp und stehen auf der Rangliste der kritischen Rohstoffe ganz oben. China hat über 90% des Angebots unter seiner Kontrolle. Mit recycelten Magneten könnte sich Europa unabhängiger machen. Es soll eruiert werden, wie „Rohstoffe“ wieder in neue Produkte für den europäischen Markt eingebaut werden können.

Teilprojekt 2: Erforschung eines Reverse-Konfigurationsansatzes zur multikriteriellen Optimierung der Kunststoffproduktion gemäß adäquater Umweltaspekte mithilfe von Fuzzy Logic/KI (Ontologie) und die Nachverfolgung zur zirkulären Optimierung mithilfe zukunftsfähiger Track-and-Trace Systeme. Das Projekt wird die idiosynkratischen Bedürfnisse ermitteln, d.h. die Produktmerkmale, bei denen die Nachhaltigkeitsbedürfnisse am stärksten divergieren. Sobald diese Informationen bekannt und verstanden sind, kann man einen „Lösungsraum“ definieren und festlegen, was ausgewählt werden kann. Dieser Raum bestimmt die Möglichkeiten der Vorteile, die eine Lösung bieten soll, und welche spezifischen Permutationen von Funktionen innerhalb dieser Möglichkeiten angeboten werden können. Dabei ist PBoK eine Form der künstlichen Intelligenz (KI), wodurch es sich für die Abbildung von Nachhaltigkeitsbedürfnissen auf ein konkretes Produkt im Kunststoffumfeld mit bestimmten Ausprägungen eignet. Sie ermöglicht die Definition von Regeln im Voraus, welche für die Zielerreichung erforderlich sind. Die reverse Logik von PBoK umfasst eine Reihe von Schritten, die sich radikal von dem unterscheiden, was in der Vergangenheit im Produktdesign- und Entwicklungsprozess von Kunststoffen, d.h. in der integrierten Designarchitektur, praktiziert wurde. Bei der Produktfindung wird ausgehend von den Nachhaltigkeitsanforderungen das geeignete Produkt oder die geeignete Produktgruppe bestimmt.

PBoK nutzt einen Ansatz zum Lernen (Deep Learning/Fuzzy Logic) komplexer Ereignismuster in Form gewichteter logischer Regeln. Der Ansatz ist in der Lage, komplexe Anforderungen über eine multikriterielle Optimierung zu erkennen, wobei er gegen Rauschen und Ungewissheit resistent ist, um die Struktur und die Gewichte des zugrunde liegenden Ereignismusters zu aktualisieren. Der Ansatz baut statistische relationale Lerntechniken auf, die iterativ verbessert werden, indem zukunftsorientierte Antwortmengenlöser in Bezug auf Lösung, Optimierung und Unsicherheitsmodellierung genutzt werden. Es gibt mehrere Möglichkeiten, PBoK mit einem physischen Objekt (Kunststoffprodukt) zu verknüpfen (Track & Trace). Initial wird das physische Objekt über eine auf maschinellem Lernen basierende Objekterkennung identifiziert. Sobald die Objektkategorie durch die Objekterkennung identifiziert wurde, kann eine IoT-Integration (u.U. inkl. DLT) erfolgen.

Gaming-Monitors – Eye Fatigue & New Evaluation Methods and Comparison of Major Display Parameters (Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach)

Gaming-Monitore sind im qualitativen und preislichen High-End-Bereich von Desktop Displays angesiedelt. Diese Bildschirme werden auch für sogenanntes Edutainment (Education with

Displays. Erste Ergebnisse zeigt die Abb. 4: Helle Bildinhalte strahlen in benachbarte dunklere Bereiche (links), dieser Effekt wird „Halo“ genannt. Die „Stärke“ dieses Effektes hängt von einer Vielzahl von Parametern der Displaytechnik und des Paneldesigns ab. Die messtechnischen Herausforderungen bestehen darin, diesen Effekt klar zu identifizieren (hier durch Kurvenverlauf unabhängig von der Leuchtdichte) und durch „Abdecken“ des „Halo“ des Messkamera-Systems (interne Reflexionen an Oberflächen) Störeinflüsse zu vermeiden. Ein Beispiel ist rechts dargestellt: Der Halo eines sehr guten FALD LCDs ist ca. achtmal so groß wie der eines OLEDs. Dies liegt an dem quasi „unendlich“ hohen Kontrast des OLEDs im Vergleich zu ca. 1.300:1 des LCDs. Die gemessenen Effekte und deren Größe wurden durch Probandenversuche bestätigt.

Das Projekt wurde von einer Forschungsabteilung der LG Display, Seoul (Korea) beauftragt.

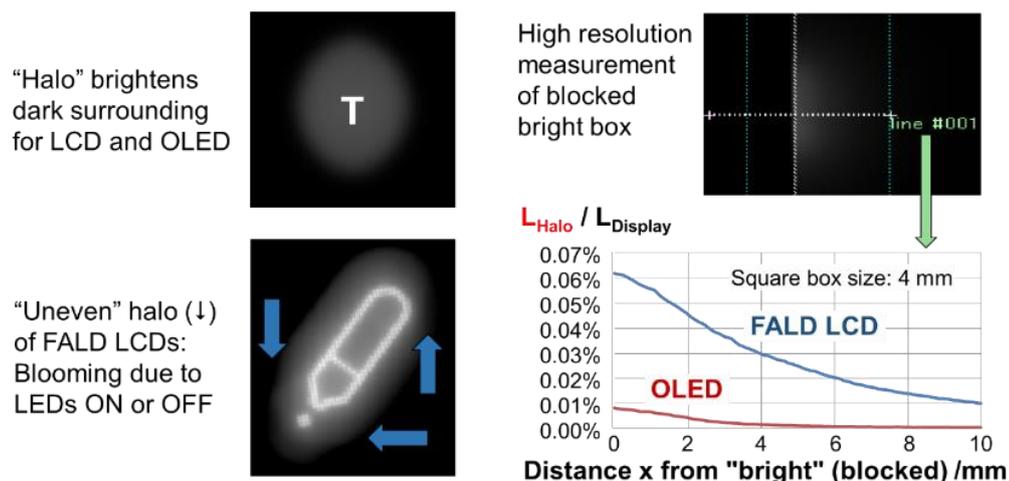


Abb. 4: Sicht- und messbare Effekte von „Halo“ (Übersprechen, links) und Messungen dieses Effektes (rechts) für ein Local Dimming LCD und ein automotive OLED

Die Ergebnisse des Projektes wurden auf der weltweit größten Displaykonferenz, der SID Display Week 2022 mit großem Erfolg präsentiert. Aufgrund der exzellenten Bewertungen des Fachkomitees wurde der Vortrag auf Platz 1 der Session zu „Halo Measurements“ gesetzt. Ferner wurde aus diesen Aktivitäten heraus eine Arbeitsgruppe „Halo“ beim Deutschen Flachdisplay Forum (DFF) gegründet: <https://www.displayforum.de/working-groups/>

METHODS – Modular Engineering Techniques for Heterogeneous Discrete Systems (Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath, Prof. Dr. Thomas Greiner)

Das Ziel von METHODS ist die Erforschung und Entwicklung eines strukturierten und herstellernunabhängigen Engineering-Konzepts für Plug&Produce (PnP) in einer heterogenen sowie gemischt real-virtuellen Landschaft von Fertigungsmodulen. Mithilfe der damit abgezielten Wandelbarkeit, die ein Kernziel der Industrie 4.0 repräsentiert, soll zukünftig eine modulare Anlage unterschiedlicher Hersteller flexibel und adaptiv an veränderte Produktionsziele angepasst werden können.

Zum Erreichen dieser Wandelbarkeit und einer PnP-fähigen Anlage ist eine umfassende Selbstbeschreibung der Module erforderlich, d. h., es soll zuerst ein Meta-Informationsmodell für Fertigungsmodule auf Basis einer Anforderungs-, Anwendungsfall- und Literaturanalyse für heterogenes PnP entwickelt werden. Ein vielversprechender Ansatz ist die erfolgreiche Methodik des Module Type Packages der Prozessautomation, die im Rahmen dieses Projektes erstmalig auf die Domäne der diskreten Automatisierung angewandt werden soll. Die dabei

entstehenden Informationsmodelle der Module sollen als Wissensbasis automatisiert in Industrie-4.0-Verwaltungsschalen (VWS) integriert werden. Anschließend sollen diese VWS in einer dafür geeigneten Industrie-4.0-Plattform automatisch vom übergeordneten Orchestrierungssystem erkannt, exploriert und zu einem geeigneten Anlagenlayout unter Berücksichtigung heterogener Semantiken orchestriert werden. Zur Erleichterung des Modul- und Anlagenengineering sollen zudem reale und virtuelle Fertigungsmodule durch ein neuartiges virtuelles Engineering verschmelzen, bei dem die VWS eines virtuellen und eines realen Moduls identisch und für das Orchestrierungssystem nicht unterscheidbar sein sollen. Ziel ist es daher, Fertigungsmodule in einer geeigneten Softwareumgebung von Anfang an virtuell zu entwickeln und zu simulieren. Daraus resultiert, dass der Entwurf, die Visualisierung, der Test und die Inbetriebnahme virtueller Module im Kontext der realen Anlage stattfinden können.

Das Projekt ermöglicht die Promotion von zwei Doktoranden und erfolgt in Zusammenarbeit mit Festo AG und Festo Didactic.



Abb. 5: Verschmelzung realer und virtueller Fertigungsmodule

HOME-KI – Methoden in der künstlichen Intelligenz zur Gebäudeautomatisierung (Prof. Dr. Norbert Schmitz)

Ziel des Forschungsprojektes war die Erforschung von Lernverfahren zur Automatisierung von privaten und kleinen kommerziellen Gebäuden als Teilnehmer an der Energiewende. Dabei wurde analysiert, in welchen Bereichen der Einsatz der künstlichen Intelligenz sinnvoll ist und welche Verfahren gewinnbringend eingesetzt werden können. Die Modellierung der Flexibilität in der Energieversorgung und die Erfassung der Gebäudesituation auf Basis von Sensordaten waren zentrale Bestandteile des Projektes.

INTEGRAL – InNovaTionsbeschleuniger rEGion noRdschwArzwaLd (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)

INTEGRAL kombiniert das Transferpotenzial der Hochschule Pforzheim mit der Innovationskraft der Region Nordschwarzwald. INTEGRAL steht dabei für ein interdisziplinäres Innovations- und Transfernetzwerk, in dem Studierende und Lehrende der Hochschule Pforzheim mit Partnern aus der Region zusammenarbeiten. Dabei werden gemeinsam neue Ideen, Produkte

und Dienstleistungen entwickelt und realisiert sowie unternehmerisch denkende und handelnde Persönlichkeiten befähigt und gefördert, um die regionale Wirtschaft nachhaltig zu unterstützen. Im Rahmen des Projekts wird ein Transfernetzwerk aufgebaut und die systematische Erweiterung und Verstärkung der bereits bestehenden Wissens- und Technologietransferaktivitäten der Stakeholder mit unterschiedlichen regionalen Partnern vorangetrieben. Dabei werden eine intensive Kooperation und Verzahnung mit den beteiligten Unternehmen angestrebt. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Innovationsfähigkeit und -leistung in der Region, um den Anschluss an (inter)nationale Entwicklungen und Wettbewerbsregionen zu halten. Denn nur wenn es die Unternehmen in der Region schaffen, Trends und Veränderungen in ihre Geschäftsprozesse und -modelle zu integrieren, können sie langfristig am Markt bestehen. Es gilt, innovative Lösungen zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Prozesse und Geschäftsmodelle zu generieren. Die Höhepunkte im Jahr 2022 waren zwei Veranstaltungen, die das INTEGRAL-Team organisierte: „Process Mining Event“ (PME) und der „Hackathon: AI meets Production“.

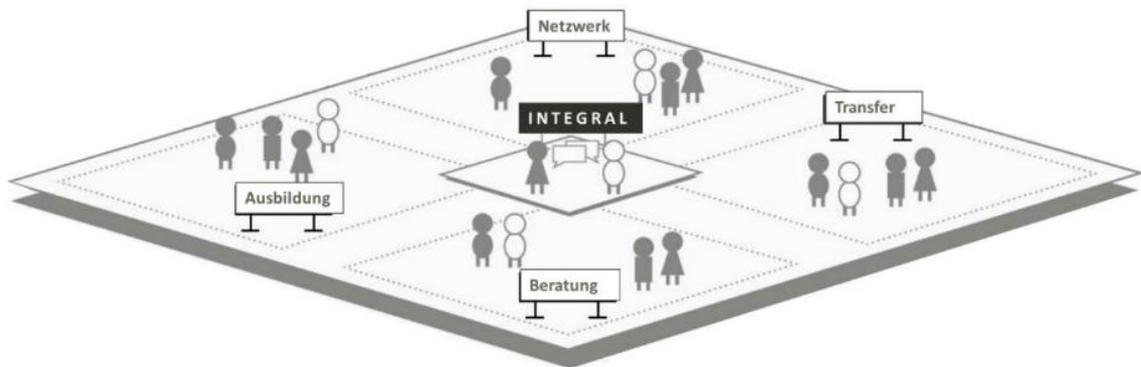


Abb. 6: Schwerpunktbereiche von Integral

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)

Digitalisierung spielt mittlerweile in nahezu allen Arbeitsbereichen eine bedeutende Rolle. Digitalisierung bedeutet Umwandlung, bringt Fortschritt, Wettbewerbsvorteile und neue Geschäftsmodelle mit sich. Digitalisierung ist aber auch für viele die große Unbekannte. Unter dem Motto „Digital in BW“ bietet das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Stuttgart KMU sowie Handwerksbetrieben Unterstützung bei Themen rund um die Digitalisierung an. Das Kompetenzzentrum hat zwei Anlaufstellen in Karlsruhe und Stuttgart und ist Teil des Förderschwerpunkts Mittelstand-Digital des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

Das IoS³ war im Themenfeld „Service- und Geschäftsmodellentwicklung“ aktiv und hat durch zahlreiche Vorträge, Seminare, Intensivschulungen sowie Mikro- und Umsetzungsprojekte mit KMU aus der Region zum Erfolg des Projektes beigetragen.

IMPACT – Innovative Methods for Programming of Automation Control Technology (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath)

Im Rahmen des Vorhabens wurden neue Ansätze für die Softwareentwicklung für speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) entwickelt. SPS realisieren die Automatisierung von Prozessschritten in der Produktion; die zur Programmierung genutzten Sprachen verfügen jedoch nur über begrenzte Abstraktionsmechanismen. Die Formulierung von komplexen Abläufen ist daher aufwendig, die Änderung solch komplexer Programme führt oft zu unerwünschten Seiteneffekten. Ziele der Arbeiten waren daher Entwurf und Entwicklung sowie prototypische

Umsetzung einer domänenspezifischen Sprache (DSL), die moderne Methoden der Informatik zur Beherrschung von Komplexität, Nebenläufigkeit, Robustheit, Abstraktion und Einfachheit mit den Bedürfnissen der Automatisierung nach einer auf Verständlichkeit und Wartbarkeit optimierten sicheren Programmierung komplexer Automatisierungsabläufe vereint. Damit kann zum Beispiel ein atomarer Ablauf sequenziell als Aktivität beschrieben werden, komplexere Abläufe werden als nebenläufige (Daten-)Flüsse zusammengesetzt. Das angestrebte Forschungsergebnis ist die Auswahl von geeigneten Sprachkonstrukten, um komplexe Automatisierungsabläufe sowie nebenläufige Abläufe darzustellen und deren effiziente Codegenerierung zu ermöglichen. Dazu müssen ebenfalls mögliche Seiteneffekte einer Codegenerierung klar erkennbar sein.

KISA – Hybride künstliche Intelligenz für intelligente Sensoren und Aktoren in der Produktion (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath, Prof. Dr. Alexander Hetzner, Prof. Dr. Norbert Schmitz)

Im Kontext von Industrie 4.0 sind Zuverlässigkeit, Flexibilität und Anpassbarkeit wichtige Anforderungen an Sensoren und Aktoren. Self-X-Fähigkeiten erlauben es einem System, sich seines Zustands bewusst zu werden, eigenständig Handlungen abzuleiten und Anpassungen vorzunehmen. Im Rahmen des Vorhabens sollen die folgenden Forschungsfragen untersucht und geklärt werden:

- Wie können Self-X-Fähigkeiten für intelligente Sensoren und Aktoren mit hybriden KI-Verfahren ermöglicht und genutzt werden?
- Wie gestaltet sich ein Co-Design für hybride Verfahren der künstlichen Intelligenz für intelligente Sensoren und Aktoren?
- Mit welchen systematischen Methoden können Daten gewonnen und Wissen aufgebaut werden?
- Wie sieht eine hybride Embedded/Edge KI-Lösung für intelligente Sensoren und Aktoren aus?

Ziel des Vorhabens ist es, Self-X-Fähigkeiten für intelligente Sensoren und Aktoren zu erschließen und auszubauen. Hierzu werden in einem neuen hybriden Co-Design datengestützte subsymbolische Verfahren des Machine Learning mit einer symbolischen Wissensrepräsentation verbunden. Zusätzlich werden klassische, auf technischen/mathematischen Modellen basierende Ansätze ergänzt. Diese Kombination erlaubt es, die Vorteile der verschiedenen Verfahren miteinander zu verbinden und Schwächen auszugleichen. Die Umsetzung erfolgt als energieeffiziente, datensparsame Eingebettete/Edge KI-Lösung.

Weitere Aktivitäten im Institut:

Handbook of Visual Display Technologies

Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach ist Mitherausgeber des „Handbook of Visual Display Technologies“, welches im Springer-Verlag erscheinen wird: <https://link.springer.com/reference-work/10.1007/978-3-642-35947-7>.

123. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik an der Hochschule Pforzheim

Die 123. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) fand vom 7. bis 11. Juni vollständig in Präsenz an der Hochschule Pforzheim statt. Die Organisation und Durchführung der Tagung lag in den Händen von Tagungsgeschäftsführer Prof. Dr. Steffen

Reichel und Team, die an der Hochschule Pforzheim perfekte Rahmenbedingungen geschaffen hatten. Insgesamt waren etwa 180 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Deutschland, der Schweiz, Österreich, Tschechien, Frankreich und den Niederlanden der Einladung gefolgt.

Das Programmkomitee hatte aus ca. 100 Einreichungen ein abwechslungsreiches Programm mit 6 Hauptvorträgen, 14 Vortrags-Sessions, einer Posterausstellung sowie einem speziellen Symposium zum Thema „Photonische Technologien für Quantenanwendungen“ zusammengestellt. Die Schwerpunkte waren in diesem Jahr: Messtechnik, Lichtquellen, Displays, Bildverarbeitung und maschinelles Lernen, Optikdesign und photonische Technologien. Kennzeichnend für die Konferenz war die rege Diskussion auf den Fluren zwischen den Sessions. Die Teilnehmer haben die lange vermisste Gelegenheit ausgiebig genutzt, fachliche Diskussionen zu vertiefen und so Impulse zu geben oder mitzunehmen.

Neben dem fachlichen Programm fand ein Begrüßungsabend mit einem Eröffnungsvortrag zur Geschichte der Stadt Pforzheim statt. Die Tagung wurde durch ein Grußwort von Professor Dr. Ulrich Jautz, Rektor der Hochschule Pforzheim, eröffnet. Am nächsten Tag wurde traditionsgemäß ein Netzwerk-Event durchgeführt, das mit einem gemeinsamen Abendessen beendet wurde. Am dritten Tag wurden die DGaO-Nachwuchspreise vergeben und die Fraunhofer-Vorlesung von Prof. Michal Totzeck (Carl Zeiss AG) mit dem Thema „Optische Lithographie zur Herstellung von Mikrochips“ beendete an diesem Tag die fachliche Diskussion. Die akzeptierten Vorträge und Poster sind als wissenschaftliche Publikation in einem Tagungsband veröffentlicht.



Abb. 7: Foto einiger Tagungsteilnehmer der 123. DGaO-Jahrestagung vor dem Audimax der Hochschule Pforzheim

Process Mining Event

Das im Unternehmen verankerte Wissen ist in Prozessen abgebildet. Je innovativer die Unternehmen bei der Gestaltung dieser Prozesse und ihrer Wertschöpfung sind, umso besser können sie sich im Wettbewerb behaupten. Process Mining ist eine neuartige Technologie, die Unternehmen dabei unterstützt, ihre Prozesse zu verstehen und zu optimieren. Als relativ junge Forschungsdisziplin verbindet Process Mining die Wissensgebiete Process Science und Data Science. Unter Process Science werden beispielsweise Geschäftsprozessmanagement, Prozessautomation, Stochastik oder Workflowmanagement, unter Data Science unter anderem visuelle Datenanalyse, maschinelles Lernen oder Industrial Engineering subsummiert. Unternehmen setzen heutzutage viele verschiedene IT-Systeme ein, um ihre Geschäftsprozesse zu unterstützen. Doch viele IT-Systeme bedeuten auch viele Schnittstellen und viele Daten. Ähnlich einem Röntgengerät in der Medizin, rekonstruiert Process-Mining-Software auf Basis digitaler Spuren oder Eventlogs, also den Transaktionsdaten, die durch Unterstützung von IT-Systemen wie ERP- oder CMS-Systemen entstehen, einen vollständigen Einblick innerhalb eines Prozessmodells.

Die Hochschule Pforzheim lud am 14. Oktober 2022 zum ersten PME ins Pforzheimer Zentrum für Präzisionstechnik (ZPT) ein. Der Einladung folgten ca. 130 Interessierte aus Wirtschaft und Wissenschaft. Neben zwei wissenschaftlichen Keynotes zur Process-Mining-Technologie von Dr. Stefanie Rinderle-Ma, Professorin für Wirtschaftsinformatik und Geschäftsprozessmanagement an der Technischen Universität München, und Dr. Agnes Koschmider, Professorin an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, erwarteten die Teilnehmer auch Beiträge sowie Workshops der GEZE GmbH, des Badischen Gemeinde-Versicherungs-Verbands (BGV) und der DB Systel GmbH, eines IT-Dienstleisters der Deutschen Bahn (DB).

Bisher war es sehr zeitaufwendig und kostspielig, auf herkömmlichem Wege – über Interviews – Einblicke in die Geschäftsprozesse von Unternehmen zu erhalten. Viele Unternehmen haben dadurch nur eine grobe Vorstellung von ihren Prozessen, bekannt sind nur bestimmte Kennzahlen, gewisse „Schleichwege“ und „Umwege“ bleiben ganz verborgen. Process Mining schafft hier ganz gezielt Abhilfe, um in allen Prozessen im Unternehmen schnell und effizient den Durchblick zu erhalten, sie zu analysieren und ganz gezielt zu verbessern. Dadurch werden Prozessautomatisierung, Produktionssteigerung und höhere Kundenzufriedenheit erreicht.

Für interessierte regionale Unternehmen sind vor allem die Vorteile der Process-Mining-Technologie aus Anwenderperspektive interessant. GEZE, BGV und DB Systel GmbH gaben wertvolle Einblicke, indem sie über ihre jeweiligen Erfahrungswerte sprachen. Die in den Vorträgen vertretenen Unternehmen zählen zum Kundenstamm der Herstellerfirmen Celonis und MEHRWERK – beide Branchen-Pioniere im Anbieterbereich Process Mining.



Abb. 8: Impressionen vom PME. Begrüßung und Vorträge (links oben), Workshops mit Vertretern aus regionaler Wirtschaft mit Studierenden (rechts oben und links unten) und Gruppenbild mit Referenten (rechts unten)

Hackathon AI meets Production

Nach den Smart City Days und dem Process Mining Event fand ein drittes Event im Rahmen des Monats der Innovation statt: der Hackathon AI meets Production vom 21. bis zum 23. Oktober 2022. Erstmals in der Historie der Pforzheimer Hackathons wurde das Format um einen zusätzlichen Tag auf drei Veranstaltungstage erweitert. Zugleich stellt die Anzahl an Partnern, Sponsoren und weiteren Unterstützenden einen neuen Rekord dar. Der zweite Hackathon mit dem Fokus auf künstliche Intelligenz (2019 fand der Hackathon zum Thema Fashion meets AI statt) folgte einem anderen Paradigma. Anstatt eigene Problemstellungen zu identifizieren und die daraus formulierten Challenges mittels KI-Ansätze anzugehen, konnten im Vorfeld regionale Partner aus der produzierenden Industrie gewonnen werden, die konkrete Herausforderungen aus den Fachabteilungen identifizierten, dokumentierten und eine entsprechende Datenbasis aufbauten. Somit konnten die teilnehmenden Teams echte Challenges aus dem unternehmerischen Kontext auf Datenbasis mit KI-Methoden bearbeiten – ein besonderer Reiz für viele Tekkies. Es konnte eine hohe dreistellige Anmeldezahl erreicht werden. Unter den Teilnehmern befanden sich nicht nur Tekkies, sondern eine bunte Mischung von technisch versierten Menschen über Ideengeber bis hin zu Teilnehmenden, die noch nie auf einem Hackathon waren. Somit konnten interdisziplinäre Teams, bestehend aus Schülern und Studierenden, professionellen Programmierern, Designern oder Beratern, Startup-Gründern und Geschäftsführern gebildet werden. Ansprechpartner aus den challengegebenden

Unternehmen sowie technische Unterstützung in Form von Mentoren waren ebenfalls eingeplant.

Neben der Witzenmann Group waren die Blanc & Fischer Familienholding GmbH, die GFE-Media GmbH und die Techno-Step GmbH Partner des Hackathons. Unterstützt wurden die verschiedenen Teams von Mentoren der apollon GmbH+Co. KG, der medialesson GmbH, der Meyle+Müller GmbH+Co. KG sowie der xpace GmbH, allesamt regionale IT-Unternehmen. Weitere Unterstützter des Netzwerk-Formats waren das KI LAB Nordschwarzwald, der Eigenbetrieb Wirtschaft und Stadtmarketing Pforzheim, Intersport Schrey sowie die Wirtschaftsförderung Nordschwarzwald GmbH. Um der gestiegenen Challenge-Komplexität des Hackathons gerecht zu werden, wurde am Vortag ein KI-Crashkurs angeboten, der sich sowohl an absolute Neueinsteiger als auch an Fortgeschrittene richtete. Mehr als 50 Personen nahmen an dem halbtägigen kostenfreien KI-Kurs teil, der in den Räumlichkeiten der Hochschule Pforzheim veranstaltet wurde. Gehalten wurden die Kurse von Marian Lambert und Nico Döring (beide xpace). Zuvor begrüßte Prof. Dr. Thomas Schuster von der Hochschule Pforzheim die KI-Interessierten. Am Samstag, den 22. Oktober, startete der Hackathon, rund 75 Teilnehmende wurden dort über das komplette Wochenende registriert.



Abb. 9: Impressionen vom Hackathon. Check-in (links oben), Keynote von Evgenia Ostrovskaya (rechts oben), Challengebearbeitung in Gruppenarbeit (links unten) und Programmcode (rechts unten)

Hackathons können komplexe Problemstellungen in den seltensten Fällen im Rahmen der vorgegebenen Zeit vollumfänglich lösen. Vielmehr liefern sie einen ersten wertvollen Impuls und zeigen verschiedene Lösungsmöglichkeiten auf. Demnach ist der Austausch zwischen den einzelnen Teams und den Challengegebern wichtig. Auch Monate nach der Veranstaltung sind die Unternehmen im regen Austausch mit den Hackathon-Teams (inkl. Studierende), um an den Challenges weiterzuarbeiten. Das Organisationsteam um Prof. Dr. Rebecca Bulander, Prof. Dr. Thomas Schuster, Lukas Waidelich (M.Sc.) und Moritz Gieza (M.Sc.) zeigten sich rundum zufrieden mit dem Verlauf des Hackathons. Ein Aftermovie des Hackathons findet sich auf dem YouTube-Kanal der Hochschule Pforzheim.



Abb. 10: Hackathon: AI meets Production: Siegerehrung (links) und Gruppenfoto (rechts)

Monat der Innovationen

Das Format „Monat der Innovationen“ wurde aus dem INTEGRAL-Projekt gemeinsam mit der Stadt Pforzheim und der WSP initiiert. Der Monat der Innovationen beinhaltete die Smart City Days vom 4. bis zum 9. Oktober mit elf Einzelveranstaltungen und zahlreichen Interessierten, das Process Mining Event (siehe oben) sowie den Hackathon (siehe oben). Gemeinsam mit Vertreterinnen und Vertretern regionaler Partner aus Gesellschaft, Wirtschaft und Verwaltung wurden im Rahmen der Veranstaltungen Tüftlerinnen und Tüftler der Region sowie deren Ideen und Erfolge präsentiert – in der Pforzheimer Innenstadt sowie im Zentrum für Präzisionstechnik wurde eine Auswahl dieser Projekte auch im Nachgang noch der Öffentlichkeit präsentiert. Insgesamt zwölf Präsentationswände informierten über Projekte der Hochschule Pforzheim, der Stadt Pforzheim sowie regionaler Unternehmen. Unter anderem stellte die Hochschule Pforzheim hier ein neues pilotiertes Verfahren vor, das eine schnelle, faire und transparente Vergabe von Kitaplätzen ermöglicht. Das Verfahren wurde in Open-Source-Software umgesetzt und bisher in fünf deutschen Städten bis 100.000 Einwohnern erfolgreich eingeführt. Als Innovationsmotor und Impulsgeber ist die Hochschule ein wichtiger Akteur in der Region Nordschwarzwald. Neben Lehre und Forschung spielen Aktivitäten der dritten Mission eine zunehmend wichtigere Rolle. Damit sind der Ideen- Wissens- und Technologietransfer von Hochschule hin zu Gesellschaft, Wirtschaft, Politik und Verwaltung gemeint.



Abb. 11: Prof. Dr. Rebecca Bulander und Fabian Böppe (Stadt Pforzheim) mit einer Präsentationswand

Internet of Things (IoT) – Smart City

Unter dem Oberbegriff Smart City wird die intelligente, vernetzte und ressourceneffiziente Stadt der Zukunft subsummiert. Ziel ist es, das Leben in der Stadt noch lebenswerter zu gestalten. Beispielsweise unterstützen datenbasierte Services die Reduktion des Verkehrsaufkommens durch optimiertes Routing oder es können Wetterextreme durch Aggregation und

Auswertung von Umweltdaten im Blick behalten werden. Doch wo und wie können diese Daten generiert, sinnvoll zusammengeführt und visualisiert werden? Studierende des Masterstudiengangs „Engineering and Management“ (MEM) der Fakultät für Technik der Hochschule Pforzheim haben sich mit eben dieser Herausforderung beschäftigt – im Rahmen einer lokalen Kooperation mit der Stadt Pforzheim, den Stadtwerken Pforzheim sowie dem Eigenbetrieb Wirtschaft und Stadtmarketing Pforzheim (WSP). So sollte ein weitestgehend autark funktionierender Sensorwürfel entwickelt und realisiert werden, der Umweltdaten datenschutzkonform an verschiedenen Stellen in Pforzheim erhebt, aggregiert und visualisiert.



Abb. 12: MEM-Studierende bei der Abschlusspräsentation der Sensorwürfel

Smart-City-Projekte scheitern oftmals an einer nicht vorhandenen Datenbasis. Im Zeitalter des Internet of Things (IoT) sind unsere täglichen Begleiter wie Smartphones oder Smartwatches mit Sensoren ausgestattet, die diese erforderlichen Daten sammeln können. Auch industrielle Sensorik ist mittlerweile in großen Stückzahlen zu wirtschaftlichen Konditionen verfügbar. So können Sensoren Daten erfassen, wie beispielsweise Temperatur oder Luftdruck aus der Umwelt. Werden Daten strukturiert und eingeordnet, bspw. durch Darstellung von Temperaturen oder Luftdrücken in Zeitreihen, werden nützliche Informationen gewonnen. Wissen entsteht, indem Informationen in den richtigen Kontext – lokal, temporal oder kausal – gesetzt werden. Jeder Sensorwürfel besteht aus IoT-Sensorbauteilen sowie einem IoT-Baukastensystem; die Studierenden fügten die verschiedenen technischen Komponenten zu einem funktionierenden Ganzen zusammen. Insgesamt acht ausgegebene Sensoreinheiten können u.a. Daten zu Schalldruck, Luftdruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, CO₂-Konzentration und UV-Strahlung erheben. Eine zentrale Recheneinheit übernimmt die Datensammlung der angeschlossenen Sensorik sowie die Datenkommunikation.



Die erhobenen Daten wurden über das Mobilfunknetz übermittelt, in einem definierten Intervall ausgelesen und an einen Server in das Hochschulnetz übertragen. Die aggregierten Daten wurden schließlich durch den Einsatz von Dashboards visualisiert; jede der fünf studentischen Gruppen entwickelte ihr eigenes, individuell auf die örtlichen Begebenheiten angepasstes Dashboard.

Abb. 13: Blick auf die entwickelten Sensorwürfel

Außerdem wurde ein gemeinsames Kursdashboard konzipiert, in dem verschiedene Datenwerte gegenübergestellt wurden. Damit können lokale Unterschiede identifiziert und Parameter über die Standorte teilweise vergleichbar gemacht werden. Eine weitere Herausforderung, welche die Studierenden meisterten, war das Design des Sensorwürfels. Die Studierenden haben die Würfel mit computergestützter Software entworfen und mithilfe eines 3D-Druckers an der Hochschule Pforzheim gedruckt.



Abb. 14: Dashboard mit exemplarischen Umweltdaten erhoben am Standort der SWP

Institutsleitung: Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr. Bernhard Kölmel (Stellvertreter)

Weitere Informationen: www.hs-pforzheim.de/ios3

1.2.3 Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT

Auch im Jahre 2022 gab es in der Zusammensetzung der Arbeitsgruppen des IWWT keine Änderungen. Gesamtheitlich setzt sich das IWWT mithin wie folgt zusammen:

1. **Metallische Werkstoffe** (Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Norbert Jost)
2. **Kunststoffe und Fertigungstechnologien** (Prof. Dr. Gerhard Frey)
3. **Stanztechnik** (Prof. Dr. Matthias Golle)
4. **Werkstoffkreisläufe** (Prof. Dr. Jörg Woidasky)
5. **Abtragende Fertigungsverfahren** (Prof. Dr. Kai Oßwald)
6. **Materialwissenschaften in der medizinischen Anwendung** (Prof. Dr. Volker Biehl, Prof. Dr. Ulrich Heinen, Prof. Dr. Tobias Preckel)

Der nachfolgende Bericht fasst in bewährter Weise wieder die wesentlichen Aktivitäten des IWWT in den Arbeitsgruppen zusammen. Leider hat auch im Berichtsjahr 2022 der Status der Corona-bedingten Einschränkungen in der Arbeit des IWWT ihren Tribut gefordert. Gleichwohl gelang es aber in bereits bewährter Weise, die Arbeiten in bestehenden Projekten planmäßig zu erfüllen und eine weiter gute Basis für die Zukunft zu schaffen.

1. Metallische Werkstoffe (Prof. Dr. Norbert Jost)

a) Metallische Schäume

Diese Arbeitsgruppe setzte sich in 2022 aus fünf wissenschaftlichen Mitarbeitern, M.Eng. Bettina Stefanie Matz, M.Eng. Pierre Kubelka, M.Sc. Jan Frömert, M.Sc. Johann Heimann und B.Eng. Oliver Hügel zusammen. Zeitweise wurde die Gruppe durch die Masterstudentin Frau B.Sc. Nadine Dittler unterstützt. Die einzelnen Forschungsvorhaben in dieser Gruppe wurden außerdem durch studentische Hilfskräfte sowie zahlreiche Projektarbeiter und Bacheloranden unterstützt.

Auch dieses Jahr lag der Fokus der Arbeitsgruppe auf dem Forschungsprojekt InSeL, das im Mai 2022 erfolgreich zum Abschluss gebracht werden konnte. Im Folgenden werden die, am IWWT durchgeführten Forschungsinhalte des Teilprojektes II **Produktion und Charakterisierung von metallischen Schaumstrukturen** dargestellt:

Feinguss von offenporigen Schaumstrukturen

Einen wichtigen Teil in Teilprojekt II der zweiten Förderphase von InSeL stellt die reproduzierbare Herstellung von metallisch basierten Schäumen im Feingussverfahren hinsichtlich der Reproduzierbarkeit und der skalierten Produktionskapazität an der HS Pforzheim dar. Die Synthese von metallisch basierten Schäumen konnte so weit angepasst werden, dass eine sehr gute und reproduzierbare Herstellung mit einer Ausbeute von > 95% erreicht werden kann. Die Herstellung von Stahl-, Al- und Cu-Schäumen konnte auf die skalierte Produktion in den Laboranlagen der Firmen Indutherm und UltraFlex Power Technologies an der Hochschule Pforzheim durch das Verfahren des Schleuder- und Vakuum-/Niederdruckgusses appliziert werden. Hierbei können unter der Nutzung von retikulierten kommerziellen PU-Schäumen, biologisch orientierten polymeren Templatstrukturen (NMI, Universität Tübingen) sowie rechnergenerierten periodischen Strukturen (TPMS) relative Dichten von ca. 2 bis über 50% dargestellt werden. Die Auswahl der Materialien in den beschriebenen Materialklassen unterliegt keinerlei Einschränkung, so dass unter anderem martensitische Stähle (X40Cr13), austenitische Stähle (X5CrNi18-10), Kupferlegierungen (Messing, Bronze, Neusilber), reines Kupfer (OF-Cu), Al-Knetlegierungen (EN AW 1050, EN AW 2024, EN AW 5019, EN AW 7075, reines Al, AlCu4.5, ...) sowie Al-Gusslegierungen (EN AC 42100, AlSi7, AlSi12, ...) verarbeitet werden

können (vgl. Abb. 1 rechts). Neben der Maximierung der Probengeometrie, mit einer möglichen Kantenlänge von > 200 mm, wurde die Nutzung des bauraumbedingten Formvolumens durch eine Mehrfachbelegung realisiert und optimiert (vgl. Abb. 1 links).

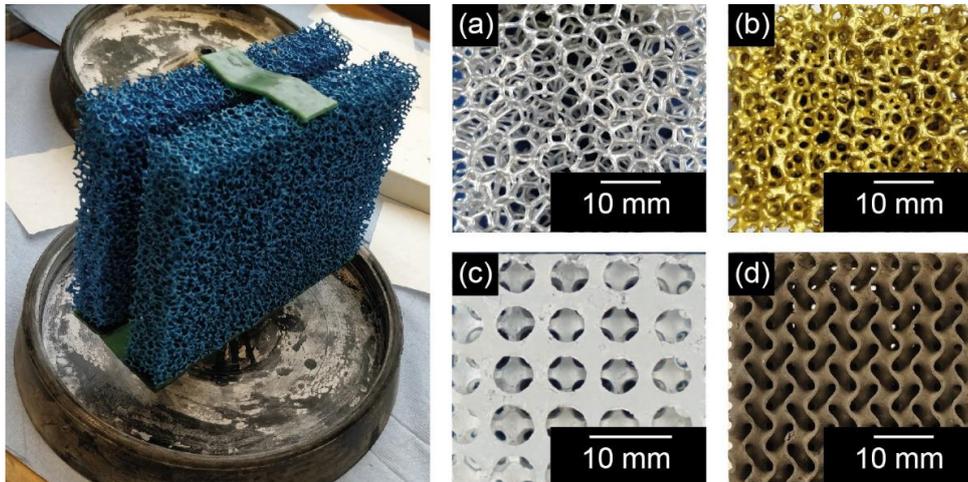
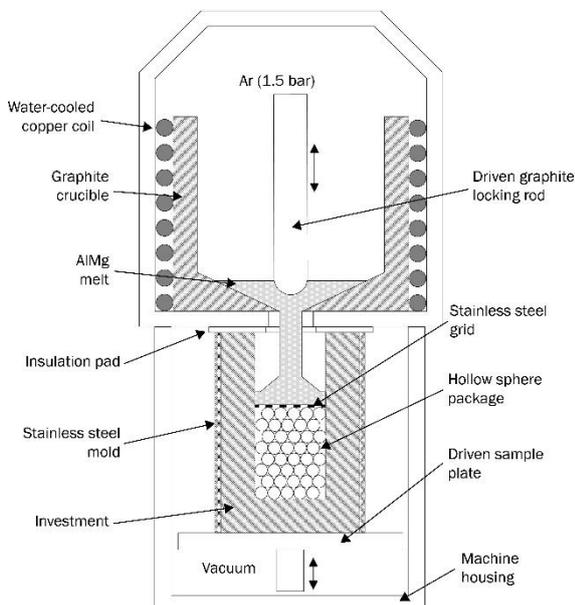


Abb. 1: Wachs- und Polymermodell eines Gussbaumes für den Feinguss von retikulierten offenporigen metallischen Schäumen (links); offenporige metallische Schäume aus unterschiedlichen Materialien und Strukturen, hergestellt durch das Feingussverfahren (rechts): retikulierter Al-Schaum (a), retikulierter Messing-Schaum (b), Al-Templatschaum (c), TPMS Al-Gyroid-Schaum (d)

Die Nutzung der TPMS und Templatstrukturen bietet gegenüber den retikulierten Schäumen die Möglichkeit zur gezielten Einstellung der Zellgeometrie und zu den daraus resultierenden relativen Dichten. Dadurch wird es einfacher die mechanischen Eigenschaften von offenporigen Schäumen zu manipulieren und gezielt einzustellen. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass unabhängig vom Material und der Struktur eine Nutzung des Feingusses für die Herstellung von offenporigen Schaumstrukturen sehr gut geeignet ist. Es ist dabei zu beachten, dass für unterschiedliche Gussmaterialien und Strukturen die geeigneten Hilfsstoffe (Gussformen, Einbettmassen) sowie Gussparameter (Formtemperatur, Schmelztemperatur) zu wählen sind. Durch die große Breite an untersuchten Materialien können, aufgrund der guten Datenlage, relativ schnell neue Werkstoffe auf die vorliegenden Prozesse appliziert werden.

Herstellung und Charakterisierung von syntaktischen Schäumen



Die Herstellung syntaktischer Schäume wurde mit Mg und unterschiedlichsten Al-Legierungen in Kombination mit keramischen Hohlkugeln (Al_2O_3 und Al_2O_3/SiO_2) untersucht. In diesem Projekt galt es den Zusammenhang der Anteile der jeweiligen Materialkombinationen auf das makroskopische mechanische Verhalten sowie das dazugehörige Gefüge zu untersuchen. Die Herstellung der Schäume erfolgte hierbei durch die abgewandte Nutzung des Feingusses über den Vakuum-/Niederdruckguss. Die Kugeln wurden in Gusswachs eingebettet, um diese an-

Abb. 2: Schematische Darstellung des Vakuum-/Niederdruckgusses von syntaktischen Schäumen

schließlich in Gipsmassen für den Feinguss einbetten zu können. Diese Preform wurde letztlich ausgebrannt und gehärtet, so dass die Zwischenräume für das Infiltrieren durch das flüssige Metall wieder freigegeben wurden. Die Infiltration dieser Kavität erfolgt im letzten Schritt durch die Nutzung des Verfahrens des Vakuum-/Niederdruckgusses (siehe Abb. 2). Durch die Nutzung unterschiedlichster Al-Legierungen wurde ein relativ breites Spektrum an mechanischen Verhaltensweisen dargestellt. Es wurden Al-Knetlegierungen (EN AW 1050, EN AW 2024, EN AW 5019, EN AW 7075, reines Al) sowie Al-Gusslegierungen (EN AC 42100) verarbeitet und untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass höherfeste Al-Legierungen (EN AW 5019, EN AW 7075) zu höheren Steifigkeiten in Kombination mit höheren maximalen Festigkeiten im Druckversuch führen, jedoch einen sehr starken Abfall im Plateau-Niveau aufweisen. Die nieder- bis mittelfesten Al-Legierungen (EN AW 1050, EN AW 5019, EN AC 42000) weisen niedere Festigkeiten und Steifigkeiten auf, haben jedoch eine insgesamt höheres Plateau-Niveau. Hierbei haben sich die AlMg-Legierungen als die Variante mit dem höchsten Potenzial herauskristallisiert (siehe Abb. 3 rechts). Um den Einfluss des Mg-Gehaltes auf das Grenzflächenverhalten beurteilen zu können, wurden weiterhin syntaktische Schäume mit reinem Mg in unterschiedlichen Materialzuständen sowie AlMg-Legierungen mit unterschiedlichen Mg-Gehalten (5, 10 und 15 wt%) untersucht.

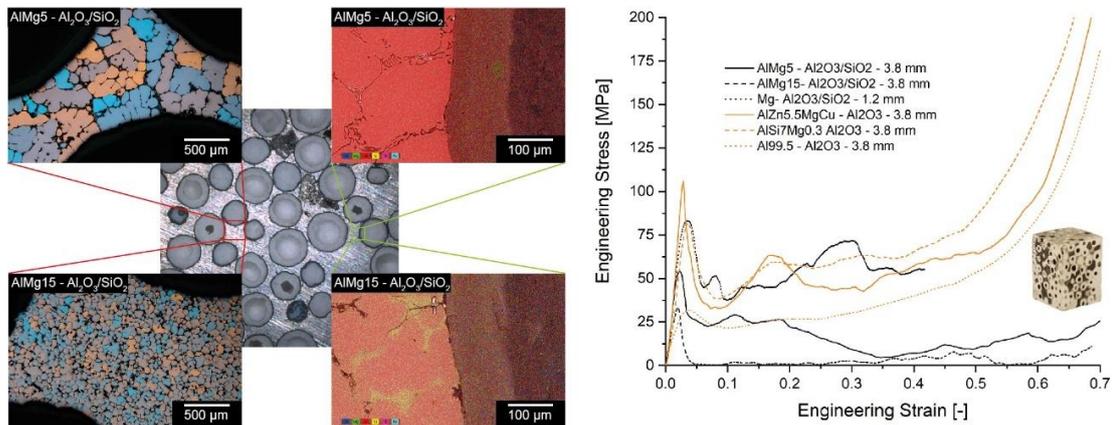


Abb. 3: Ergebnis der Herstellung von syntaktischen Schäumen mittels des adaptierten Feingusses und der daraus resultierenden Gefüge von Schäumen mit Reaktionen (mit Mg) und ohne Reaktionen (ohne Mg) (links); Spannungs-Dehnungs-Diagramm mit Kurven von unterschiedlichen Materialkombinationen aus keramischen Kugeln und Al-Legierungen (rechts)

Für die Nutzung von reinem Mg hat sich beim Einsatz von Al₂O₃ mit SiO₂ gezeigt, dass sich bei langsamerer Abkühlung und bei nachgeschaltetem Glühen unterschiedliche Grenzflächenphasen und -strukturen ausbilden können. Die langsam abgekühlte Struktur zeigt eine interpenetrierende Kompositstruktur aus unterschiedlichen Phasen, die zu einer Steigerung der Steifigkeit und Festigkeit im Druckversuch führt. Um diese Erkenntnisse weiter auszubauen wurden AlMg-Legierungen mit unterschiedlichen Mg-Gehalten betrachtet. Hierbei sollte der wesentliche Einfluss des Mg auf die einfacher zu gießenden Al-Legierungen adaptiert werden. Deren metallographische und mechanische Charakterisierung zeigte allgemein einen stärkeren Zusammenhang zwischen der Festigkeit und Duktilität der metallischen Matrix als die der Hohlkugeln zum makroskopischen Verhalten des Schaums. Die Versprödung des Schaumes bei einer Erhöhung des Mg-Gehaltes in der Matrix sorgt dafür, dass geringere Lasten im Druckversuch übertragen werden können (siehe Abb. 3 rechts). Der Einsatz von Kugeln mit einer Al₂O₃/SiO₂-Mischung führt (im Vergleich zu reinem Al₂O₃) für kleinere Mg-Gehalte zu Reaktionen/Diffusionen im Grenzflächenbereich, die mit reinem Mg zu vergleichen sind (siehe Abb. 3 links). Die dadurch induzierte festigkeitsändernde Anpassung des Gefüges (Legieren der

Grundmatrix und Senkung der Festigkeit der Kugeln) verringert ebenfalls die gesamtheitliche mechanische Performance des Schaums. Dies zeigt, dass der Einfluss der Kugeln (Anwesenheit von Si) sowie die Anwesenheit und Menge von Mg in der Legierung festigkeitsändernde Reaktionen/Diffusionen im Verbund mit sich bringen.

Herstellung von Magnesiumstrukturen

Im Teilprojekt Magnesiumschaumstrukturen wurde eine Herstellungsrouten für offenporige Schaumstrukturen aus Magnesiumlegierungen entwickelt. Magnesiumschaumstrukturen besitzen durch ihre Porosität und Geometrie sehr interessante mechanische Eigenschaften. Während das Forschungsgebiet der Metallschäume aus anderen Werkstoffen wie z.B. Aluminium und Stahl sehr fortgeschritten ist, existieren nur sehr wenig bis keine Forschungsergebnisse im Bereich der Magnesiumschäume und deren Herstellung. Dabei hat dieses Leichtmetall, mit einer Dichte von $\rho_{\text{Mg}} = 1,738 \text{ (g/cm}^3\text{)}$, nur etwa $2/3$ der Dichte von typischen Aluminiumlegierungen und besitzt somit ein sehr großes Potenzial im Bereich Leichtbau. Die angestrebten Schaumstrukturen ähneln unter anderem dem makroskopischen Aufbau eines Knochengewebes, weswegen diese auch im Bereich der Biomedizin als Implantatwerkstoff ein vielversprechende Applikationspotenzial besitzen. Implantate aus herkömmlichen Werkstoffen wie z.B. Edelstahl verbleiben nach der Genesung dauerhaft oder müssen wieder aus dem Körper entfernt werden, wohingegen Magnesiumstrukturen vom menschlichen Körper selbstständig abgebaut werden können.

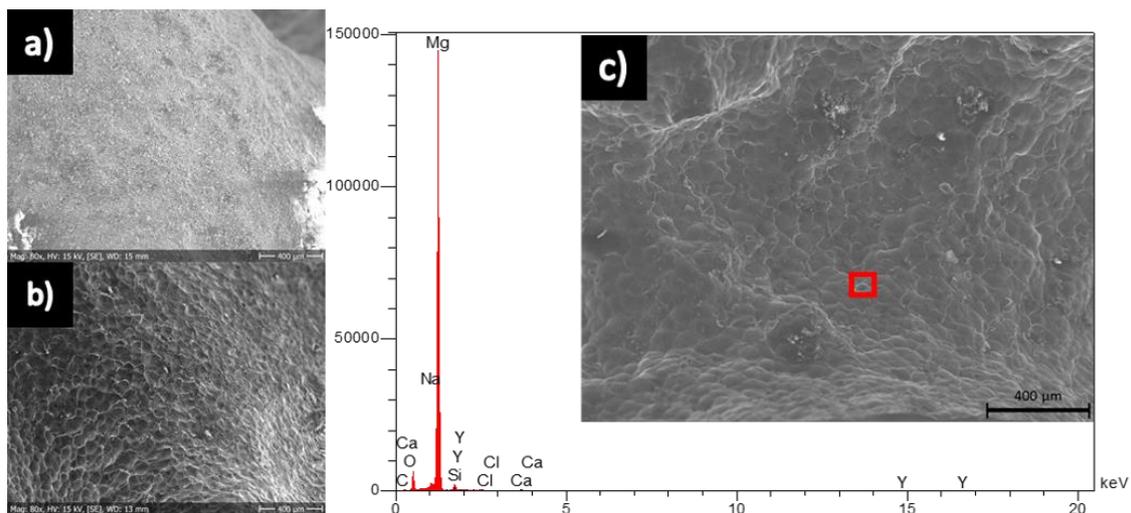


Abb. 4: Oberflächenaufnahmen der Magnesiumstrukturen am Rasterelektronenmikroskop mit (a) unbehandelte und (b) sandgestrahlte Struktur. Die Oberfläche in dem rot markierten Bereich in (c) wurde mit einer EDX-Analyse charakterisiert, die Yttrium-Einbettmasse konnte erfolgreich entfernt werden

Dazu wird aufbauend auf den Prozessen der Metallschaumherstellung aus der Hochschule Pforzheim eine Herstellungsrouten für offenporigen Magnesiumschaumstrukturen entwickelt. Zum einen ist das Ziel eine komplette Formfüllung und zum anderen eine glatte Oberfläche ohne Wechselreaktionen zwischen Magnesium und Einbettmasse zu erreichen. Hergestellt werden die Schaumstrukturen mittels des Feingießens mit Polymerschaummodellen, in der Regel wird eine phosphat- oder sulfatgebundene Einbettmasse zum Ausfüllen der Gussform verwendet. Da diese aber Füllstoffe aus Quarzsand enthalten, in welchem sich Silizium befindet, reagieren diese mit der Magnesiumschmelze. Um einen reaktionsträgen Gießvorgang zu erzielen, wurde das experimentelle Setup an die Magnesiumschmelze adaptiert. Hierfür wurde gewerbliche keramische Einbettmasse durch eine auf Yttriumoxid basierte Eigenentwicklung substituiert und der Einbettprozess zur Erstellung der Gusskille in zwei Teilschritte zerlegt.

Im ersten Schritt wird das Modell mit einem Schlicker aus einer keramischen Yttriumoxid-Einbettmasse versehen. Der primäre Schlicker besteht aus dem Verhältnis von 24 g Yttriumoxid, 15 g Wasser und 1 g Kieselgel, anschließend wird er für $t = 48$ h bei $\vartheta = 60$ °C getrocknet und ausgehärtet. Im zweiten Schritt wird das Modell mit dem aufgetragenen Schlicker in feingemahltes Meersalz eingebettet. Die Gusskokille wird durch einen mehrstufigen Ausbrennzyklus erzeugt. Die Starttemperatur beträgt $\vartheta = 110$ °C, welche für drei Stunden gehalten wird. Hierbei wird das Wachs verflüssigt. In der zweiten Stufe wird bei $\vartheta = 240$ °C für drei Stunden vortemperiert. Danach wird der Polymerschäum bei $\vartheta = 360$ °C für zwei Stunden pyrolysiert. Zuletzt wird der Ofen auf die Gusstemperatur der Kokille von $\vartheta = 500$ °C aufgeheizt und bis zum Gießvorgang gehalten. Zum Gießen der Metallschäume wird eine Vakuum-Druck-Gießanlage unter Schutzgas Argon 4.6 verwendet. Beim Guss wird die vorgeheizte Kokille von der Magnesiumschmelze infiltriert. Dies geschieht bei einer Gießtemperatur von $\vartheta = 850$ °C und mit einer Druckdifferenz von $\Delta p = 2,5$ bar. Durch das anschließende Sandstrahlen werden bei den Magnesiumstrukturen die restlichen kleinen Oberflächenreaktionen (siehe Abb. 4) beseitigt.

Durch die Darstellung von unterschiedlichsten Schaumstrukturen und Materialien auf der Laborskala sowie deren Charakterisierung und Belegung mit Parametern konnten bereits erste Gespräche zu Projektvorhaben geführt und deren Umsetzung in Prototypen eruiert werden. Um die Attraktivität hinsichtlich einer Realisierung eines Produktes mit metallisch basierten zellularen Strukturen zu steigern, sollen in einer Nachprojektphase noch weitere Untersuchungen zu skalierenden Strukturen und Materialien getätigt werden. Bei der Herstellung und Untersuchung metallisch basierter syntaktischer Schaumstrukturen wird der Fokus dabei weiterhin auf die AlMg-Legierungen gesetzt. Deren mechanisches Verhalten soll durch variierende Kugelgeometrien weiter untersucht und durch zusätzliche Analysemethoden (Versagensverhalten, Mikrostruktur) analysiert und definiert werden.

Charakterisierung von metallischen Schäumen

Die mechanische Charakterisierung der hergestellten Schäume bildete einen wichtigen Bestandteil des Teilprojektes, da diese Kennwerte die Grundlage für die Konstruktion und Simulation von potenziellen Anwendungen bilden. Zur Ermittlung der Eigenschaften wurden in der zweiten Projektphase von InSeL Druckversuche an Metallschäumen mit relativen Dichten von 4 bis 50% und verschiedenen Metalllegierungen (Aluminiumlegierungen, Stähle, Messing, Kupfer) durchgeführt. Hierbei wurden insbesondere das Verdichtungsverhalten und die Energieabsorption bei hohen Verformungen untersucht. Eine Ermittlung der elastischen Eigenschaften ist in diesem Versuch durch die inhomogene Struktur der zellularen und damit auch inhomogenen Verformung der Stege nicht möglich, da nur globale Verformungen gemessen werden. Eine Möglichkeit der Ermittlung der elastischen Eigenschaften ist die Resonanzfrequenz-Dämpfungs-Analyse (RFDA), wie in Abb. 5 dargestellt. Bei dieser Methode wird das Material durch einen Hammerschlag zum Schwingen angeregt und die Resonanzfrequenz akustisch

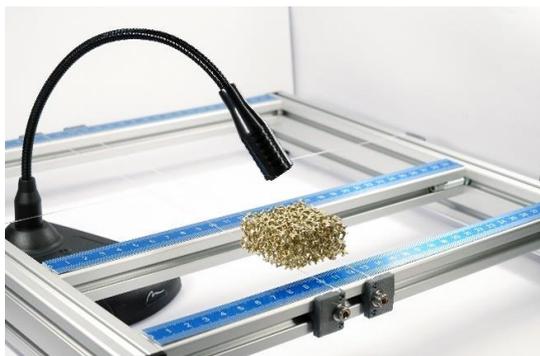


Abb. 5: Resonanz-Frequenz-Dämpfungsanalyse (RFDA) zur zerstörungsfreien Ermittlung der elastischen Eigenschaften (Elastizitätsmodul, Schubmodul, Querkontraktionszahl) von porösen Materialien sowie Festkörpern

ermittelt. Aus dieser Frequenz lassen sich die elastischen Eigenschaften (E-Modul, Schubmodul) zerstörungsfrei und reproduzierbar berechnen.

Im Rahmen des Projektes fanden in diesem Jahr noch zwei weitere Webinare mit den Titeln „Komplexe Schaumstrukturen – von der Fertigung bis hin zur Anwendung“ und „Zellulare metallische Hybridschäume“ statt. Bei diesen wurden die bisher erzielten Forschungsergebnisse der Öffentlichkeit vorgestellt. Um das 5-jährige Projekt zum Abschluss zu bringen, lud die Arbeitsgruppe alle beteiligten Forschungspartner zum Abschluss Symposium am 3. Mai 2022 an der Hochschule Pforzheim ein.

Des Weiteren wurden die aktuellen Forschungsthemen der „metallischen Schäume“ bei der von der IHK ausgerichteten Veranstaltung „2. Symposium Additive Fertigung/3D-Druck“ in der Kulturhalle Remchingen ausgestellt. Weitere Ergebnisse aus der Forschung im Rahmen des InSeL-Projektes und der Kooperation mit der Universität Budapest zu den Themen der syntaktischen Schäume wurden auf der CellMAT 2022 in Dresden vorgestellt.

Zum Abschluss des Jahres richtete die Arbeitsgruppe am 24. November 2022 zusammen mit den beiden Instituten ISBT und INEC die von der Leichtbau BW GmbH ins Leben gerufene Veranstaltung „KMU@Science“ an der Hochschule aus. Das Konzept ermöglicht es interessierten Vertretern aus der Industrie, die neuesten Forschungsergebnisse und Entwicklungen vor Ort zu präsentieren. Die Veranstaltung wurde gut angenommen und es konnten interessante Gespräche geführt werden.



Abb. 6: KMU@Science an der Hochschule Pforzheim

b) Projekt „Bühler-Stiftung“ – Aufbau verschleißfester Laserhartschichten nach bionischen Vorbildern

Das Laserpulverauftragschweißen (LPA) gehört zur Gruppe der Auftragsschweißverfahren. Diese Verfahrensgruppe ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Zusatzwerkstoff mittels einer Energiequelle aufgeschmolzen und auf ein Substrat aufgetragen wird. Beim LPA entsteht eine schweißmetallurgische Verbindung zwischen Substrat und Auftragwerkstoff, wodurch die Haftfestigkeit auftragsgeschweißter Schichten sehr hoch ist.

Teil 1 - Mehrschichtauftrag

Viele der Anwendungen finden sich im Verschleißschutz wieder. Häufig werden Werkzeuge an den verschleißbeanspruchten Zonen partiell mittels LPA gepanzert. Es werden u.a. hartmetallähnliche Legierungen aufgetragen, die aus einem metallischen Binder (Co- oder eine Ni-Basis-Matrix) und eingelagerten oder sich ausscheidenden Hartstoffen (WC, NiC, TiC) bestehen. Diese monolithisch strukturierten Schichten weisen hervorragende Verschleiß Eigenschaften bei Abrasion, Korrosion und tribochemischer Reaktion auf. Beim industriellen Einsatz

von Werkzeugen muss aber das gesamte tribologische System betrachtet werden. Eine daraus resultierende Anforderung an die erforderliche Härte und die dabei benötigte Duktilität stellt eine Kontroverse für die monolithischen Schichten dar. Das Laserpulverauftragsschweißen ist durch seine schichtweise Generierung eine geeignete Methode, ein Mehrschichtsystem mit jeweils unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften in einer technischen Anwendung zu adaptieren. Das hier aufgebrachte Mehrschichtsystem, basierend auf dünnen Zwischenschichten aus duktilen Titan- oder Kupferlegierungen, soll die Verschleißigenschaften der Hartschichten unterstützen indem das sprödes Bruchverhalten unterbrochen wird (Bild 1).

Die beim LAS aufgebrachten Schichten erhalten durch die Schmelzverbindung und die damit verbundene Diffusion eine ausgezeichnete Haftung (Bild 2).

Die Ergebnisse bei der mechanischen Prüfung der Schichtverbunde zeigen deutlich, dass die bei hoher Belastung entstandenen Risse in der Hartschicht an den duktilen Zwischenschichten zum Stillstand kommen (Bild 3).



Bild 1

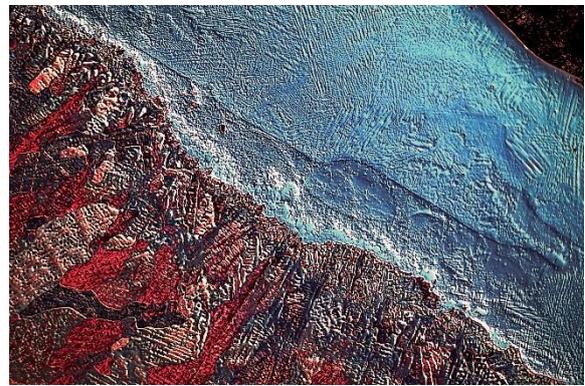


Bild 2

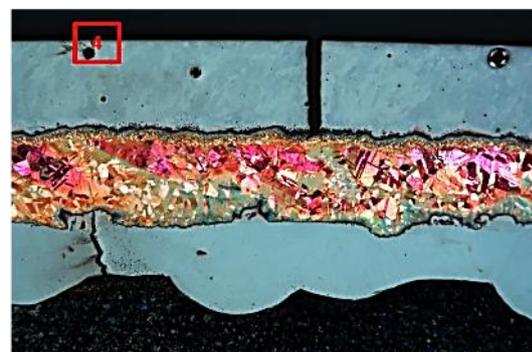
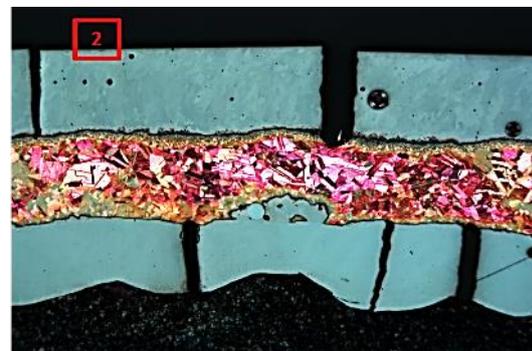


Bild 3

Abb. 7: Mehrschichtauftrag

Teil 2 – Untersuchung bionischer Vorbilder

Bei genauerer Betrachtung der Natur ist festzustellen, dass sie für ähnliche Problemstellungen bereits über Millionen von Jahren Lösungen entwickelt und perfektioniert hat. Die Schalen von Meeresschnecken unterliegen ähnlichen Verschleißbeanspruchungen wie Verschleißschutzschichten für den Werkzeugbau. Die Schale muss eine hohe Härte aufweisen, um dem ständigen Kontakt zum sandigen Boden entgegenzuwirken und bei einem Biss eines Raubfisches ausreichende Duktilität mit sich bringen, um Schäden zu vermeiden. Das Schalenmaterial ist Perlmutter, ein natürlicher Kompositwerkstoff, bestehend aus Aragonit-Platten und einem dazwischenliegenden organischen Polymer, das schichtweise gradiert ist. So übersteigen seine mechanischen Eigenschaften, die vieler technischer Keramiken. Des Weiteren ist es unempfindlich gegen Brüche, da die Risspitzen in den duktilen Zwischenschichten an einem Fortschreiten gehindert werden.

Bei einer Übertragung eines biologischen Beispiels in ein technisches System ist es wichtig, die Wirkprinzipien genau zu untersuchen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, den Aufbau und die daraus entstehenden mechanischen Eigenschaften des Perlmutter zu analysieren, zu verstehen und zu charakterisieren. Mithilfe der hieraus gewonnenen Erkenntnisse wurde der natürliche Verbundwerkstoff Perlmutter mithilfe von Werkstofftests untersucht. Die erlangten Schlussfolgerungen und Erkenntnisse über den Werkstoff Perlmutter sollen dabei helfen, einen Verbundwerkstoff/ein Mehrschichtsystem basierend auf dem LPA herzustellen, welcher dieselben (bruchmechanischen) Eigenschaften aufweist wie natürliches Perlmutter. Vor einer ausführlichen Versuchsplanung wurde eine eingehende Literaturrecherche zum Thema Perlmutter durchgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse über die Zusammensetzung, den Aufbau und das Wachstum von Perlmutter helfen dabei, den Werkstoff zu verstehen und somit Rückschlüsse während der Versuchsdurchführung ziehen zu können. Ebenfalls ist es wichtig, experimentell aufgenommene Werte über die Festigkeit und die elastischen Eigenschaften von Perlmutter aus der vorhandenen Literatur zu sammeln, um anschließend einen Vergleich zwischen den ermittelten Werkstoffkennwerten und den aus der Literatur stammenden Werten ziehen zu können. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wurden die benötigten Perlmutter-Proben für die Härteprüfung nach Vickers, den Zugversuch und die 3-Punkt-Biegung konzipiert und gefertigt. Nach erfolgreicher Probenpräparation wurden die Versuche durchgeführt und anschließend ausgewertet. Überdies konnte durch REM- sowie Stereomikroskopaufnahmen der Bruchflächen der Proben weiterer Aufschluss über die Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften von Perlmutter aufgezeigt werden.

Die gewonnenen Ergebnisse aus den Perlmutter-Untersuchungen sollen in einem weiteren Schritt auf technische Mehrschichtsysteme übertragen werden.

c) Projekt „Sonotronic“ – systematische Untersuchungen an Ultraschall-Schneidsonotroden (SUS-Ti)

Sonotroden sind Werkzeuge, die es ermöglichen, Schwingungen im Ultraschall-Bereich auf Werkstücke zu übertragen. Dadurch können dünne Folien aus Kunststoff oder Metall geschweißt, Bauteile durch die schnellen Amplituden geläppt oder auch Stranggut, vor allem in der Lebensmittelindustrie, geschnitten werden.

Sonotroden werden meist aus Aluminium-, Titan- und Stahllegierungen gefertigt. Sie müssen exakt auf ihren Resonanzbereich optimiert werden. Die Leerlaufleistung, die Leistungsaufnahme, die erforderlich ist, um die Sonotrode in Resonanzschwingung zu versetzen, sollte so gering wie möglich sein.

Der Projektpartner nutzt für die untersuchte Anwendung hauptsächlich die Legierung TiAl6V4. Die dafür benötigten Werkzeuge werden mittels Wasserstrahlschneiden aus einem angelieferten Grobblech ausgeschnitten und zu sog. Schneidsonotroden fertig bearbeitet. Diese Schneidsonotroden zeigten in jüngster Vergangenheit unterschiedliche Standzeiten beim Kunden.

Die in diesem Projekt erstmals systematisch wissenschaftlich untersuchten Materialproben von derartigem Sonotrodenmaterial bzw. fertigen Sonotroden können in drei Segmente aufgeteilt werden: Proben aus dem Grobblech im Anlieferungszustand, Proben aus Schneidsonotroden und Proben aus Rohlingen für die Beschallung.

Die systematische Untersuchung des Grobbleches zeigte unterschiedliche Gefüge. Aufgrund des fertigungstechnischen Herstellverfahrens des Grobbleches ist ein Zeilengefüge in den mikroskopischen Aufnahmen zu erkennen, welches sich entweder gleichmäßig in feinen gleichbleibenden Zeilen mit einer 50:50-Verteilung oder stochastisch unterbrochenen und ungleichmäßig verteilten Zeilen unterschiedlicher Dicken ausprägt. Dies ist abhängig von der Stelle des Grobbleches, an der die zu präparierende Probe entnommen wurde. Analysen unter dem Rasterelektronenmikroskop zeigten, dass die Zeilen in kristallographisch hexagonale Alpha-Titan-reiche Phasen und Phasen mit höheren Anteilen an kristallographisch kubisch raumzentriertem Beta-Titan unterteilt werden können. Somit konnte ein neues und sehr wichtiges Forschungsergebnis für diesen Industriezweig erzielt werden. Eine solche Mikrostruktur wirkt sich sowohl auf die Eigenschaften der Schallübertragung, wie auch auf das Verschleißbild mit evtl. und nicht erwartetem anschließendem Ausfall des Werkzeuges aus. Die Schneidsonotroden, die in SUS-Ti untersucht wurden, waren aus unterschiedlichen Einsatzzuständen. Dabei zeigten Sonotroden mit hoher Standzeit beim Kunden ein gleichmäßiges Zeilengefüge. Sonotroden mit ungleichmäßigem oder für die Anwendung ungünstig orientiertem Gefüge fielen meist bei geringer Standzeit aus und zeigten ein Verschleißbild, das mit nachgestellten Simulationen auf eine ungleichmäßige Schallübertragung zurückzuführen ist, die der unterschiedlichen Gefügebrauch zugrunde liegt. Dieses Projekt SUS-Ti konnte aufgrund grundlegender, systematischer und umfangreicher Untersuchungen des Materials anwendungsspezifische Anforderungen an dieses definieren, um mithin eine optimale Schallqualität und hohe Standzeiten der Schneidsonotroden zu ermöglichen.

2. Kunststoffe und Fertigungstechnologien (Prof. Dr. Gerhard Frey)

Keine berichtenswerten Ereignisse.

3. Stanztechnik (Prof. Dr. Matthias Golle)

Keine berichtenswerten Ereignisse.

4. Werkstoffkreisläufe (Prof. Dr. Jörg Woidasky)

In der Arbeitsgruppe Werkstoffkreisläufe wurden im Jahr 2022 vor allem Arbeiten zum Kunststoffrecycling durch Tracer-Based-Sorting sowie zur Proteinerzeugung durch Insekten durchgeführt. Darüber hinaus fand im Rahmen einer studentischen Arbeit die Demontage eines Flugzeugtriebwerks statt.

Der Ansatz des **Tracer-Based-Sorting** (TBS) wird im Rahmen des vom BMBF im Zeitraum von 2021 bis 2023 geförderten Forschungsprojektes „Tracer-Based-Sorting – ein effizientes und flexibles Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffe (**Tasteful**)“ von insgesamt fünf Partnern für den Einsatz in der Abfallwirtschaft weiterentwickelt. Das Projekt baut hierbei auf den Ergebnissen des im Jahr 2020 abgeschlossenen Verbundforschungsprojektes „Markerbasiertes Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffverpackungen (MaReK)“ auf. Ziel des Tasteful-

Vorhabens ist eine Steigerung der Effizienz und Praktikabilität der TBS-Sortiertechnologie. Die Vorteile der TBS-Technologie bestehen darin, dass anorganische, durch IR-Anregung aktivierbare Tracersubstanzen eine hohe Quanteneffizienz aufweisen, so dass geringe Tracer-Mengen von etwa 1–10 ppm (bei nicht rußgefüllten Kunststoffen) für eine eindeutige Identifikation ausreichend sind. Anwendungsuntersuchungen haben zudem gezeigt, dass die Tracer bei Mehrfachverarbeitung stabil gegenüber thermischer und mechanischer Einwirkung und damit grundsätzlich gut kreislauffähig sind. Im Ergebnis wurden durch Projektpartner insgesamt 25 Sortiercodes aus 3 Tracersubstanzen sowie ein KI-gestütztes Programm zur Signalauswertung entwickelt. Die Signaldaten der Tracer werden mit Bilddaten der Objekte kombiniert und ermöglichen somit eine noch robustere Aufschlüsselung in festlegbare Sortierfraktionen. Den Abschluss des Projekts wird ein Stakeholder-Workshop im Januar 2023 bilden, bei dem die Projektergebnisse vorgestellt und neue Anwendungsszenarien des TBS-Ansatzes diskutiert werden.

Das Forschungsprojekt „Innovationsprojekt zur industriellen Herstellung von Insektenprotein“ (**Insektenprotein 2**) ist das Folgeprojekt zu „Insektenprotein als nachhaltiger Rohstoff in der Lebens- und Futtermittelindustrie“ (Insektenprotein) und startete im November 2021. Hierbei wird die Hochschule Pforzheim gemeinsam mit dem Projektpartner Alpha-Protein vom Ministerium für Ernährung, ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR) in der Förderlinie „Nachhaltige Bioökonomie als Innovationsmotor für den ländlichen Raum“ gefördert. Es wird das Ziel verfolgt, Reststoffe aus der Lebensmittelherstellung als Anzuchtsubstrat für die Produktion von Mehlwürmern einzusetzen. Konkret sollen während des Projektes die Module zur Automatisierung der Fütterung von Insektenlarven mit Lebensmittelresten sowie der Separation von Insektenlarven von Puppen, Käfern, Eiern und Substrat im Pilotmaßstab aufgebaut, erprobt und deren Leistungsfähigkeit als Teil eines Gesamtkonzepts aus technischer, wirtschaftlicher und Umweltsicht bewertet werden.

Hintergrund des Projekts sind die jährlich in Deutschland anfallenden Reststoffe aus der Lebensmittelproduktion von ca. 12 Millionen Tonnen, die mit Hinblick auf die Klimawirkung der Nahrungsmittelproduktion und die wachsende Weltbevölkerung dringend hochwertig genutzt werden müssen. Gleichzeitig werden Seefische als Fischmehl für Aquakulturen eingesetzt, so dass durch Überfischung die marine Biodiversität geschädigt wird. Daher sind alternative Proteinquellen zur Sicherung einer hochwertigen globalen Ernährung erforderlich. Dies kann z.B. durch Erzeugung von Larven des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*) geschehen, die eine hochwertige Proteinquelle darstellen (Abb. 8). Die regionale, kreislaforientierte Aufzucht von Mehlwürmern kann Futtermittel wie Soja und Fischmehl vollwertig substituieren, wenn es gelingt, Mehlwurm-Larven in großen Mengen und dadurch kostengünstig herzustellen.



Abb. 8: Mehlkäfer-Entwicklungsstadien Imago – Mehlwurm – Puppe (v.l.n.r.; Quelle: HSPF)

Die Arbeitsgruppe der Hochschule Pforzheim unterstützt das Startup Alpha-Protein bei der technischen Umsetzung und Skalierung der automatisierten Mehlwurm-Aufzucht. Dabei müssen nicht nur die optimalen Klima- und Fütterungsbedingungen für den Mehlkäfer in seinen verschiedenen Entwicklungsstadien, sondern auch eine schonende Handhabung und Abtrennung von Futter und Kot im technischen Maßstab entwickelt werden. Dafür sind neben der Puppenaufzucht auch Aspekte der Belüftung, des Temperaturmanagements sowie der Eignungsprüfung verschiedener Lebensmittelabfälle relevant. Parallel dazu wird die Verfügbarkeit regionaler Lebensmittel-Reststoffe als Futter untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Reproduktion von *Tenebrio molitor* grundsätzlich als automatisierter Prozess betrieben werden kann. Dies wurde im Vorgängerprojekt bereits im Technikkonzeptmaßstab gezeigt und wird jetzt im Pilotmaßstab aufgebaut. Die Hochschule Pforzheim bestimmt entwicklungsbegleitend die Umweltauswirkungen des Verfahrens. Parallel hierzu wird in einem Regionalscreening das Potenzial an möglichen Futterquellen identifiziert und ein Logistikkonzept erarbeitet.

Im Lehrbereich wurde im Rahmen einer interdisziplinären studentischen Projektarbeit eine **Zerlegestudie von Triebwerken** aus der Luftfahrt durchgeführt. Das Recyclingthema gewinnt auch in der Luftfahrtbranche an Bedeutung, da Triebwerke, Turbinen-Komponenten, Avionik und Fahrwerk wertvolle Metalle wie Magnesium, Titan oder Nickel enthalten. Airbus geht davon aus, dass in den nächsten 20 Jahren 39.000 neue Passagier- und Frachtflugzeuge in Einsatz genommen und rund 15.250 ausgemusterte Flugzeuge im gleichen Zeitraum ersetzt werden. Als Folge der zunehmenden Umweltvorschriften und der hohen Nachfrage an Rohstoffen nimmt die Bedeutung des Flugzeugrecyclings immer weiter zu. Ziel der Arbeit war eine vollständige Demontage des Triebwerks mitsamt verbauten Modulen, um Massen und eingesetzte Werkstoffe zu identifizieren. Der Basis-Motor mit einer Masse von knapp 2 Tonnen kann in die vier Module Hoch-, Mittel- und Niederdruckturbinen sowie die Schubdüse demontiert werden. Diese Module sind geflanscht und miteinander verschraubt. Jedes dieser Module besteht wiederum aus bis zu 10 weiteren Modulen, bspw. Hüllenelementen, Rotor- und Statorstufen. Die eingesetzten Legierungen enthalten die Elemente Nickel, Chrom, Cobalt, Molybdän, Wolfram und Titan. Für das Recycling von besonderem Interesse sind platinbeschichtete Komponenten.



Abb. 9: a) Anlieferung des Flugzeugtriebwerks in das ZPT; b) Demontiertes Flugzeugtriebwerk (Quelle: HSPF)

5. Abtragende Fertigungsverfahren (Prof. Dr. Kai Oßwald)

Die Aktivitäten der Arbeitsgruppe Abtragende Fertigungsverfahren fokussierten sich im Jahr 2022 auf die Themenfelder „Schaben von Metalloberflächen“ sowie „Funkenerosives Feinbohren“. Darüber hinaus konnte die zukünftige Forschungsarbeit an der Charakterisierung von Arbeitsmedien für das High Speed Wire EDM vorbereitet werden.

a) Schaben von Metalloberflächen

Das Forschungsprojekt „Gezielte Erzeugung funktionaler Oberflächen mittels Metallschaben“ im Rahmen des Programms „Innovative Projekte / Kooperationsprojekte an den Hochschulen Baden-Württembergs“ war zum 01.10.2021 begonnen worden und wurde im Jahr 2022 intensiv fortgesetzt. Projektziel ist die Gewinnung von Erkenntnissen zum Zusammenhang zwischen der Geometrie geschabter Oberflächen und deren tribologischer Eigenschaften sowie die Anwendung dieser Erkenntnisse für manuelle und automatisierte Schabprozesse.



Abb. 10: Geplanter Prüfstand für die tribologische Untersuchung geschabter Oberflächen

Im Rahmen der Vorbereitung der experimentellen Arbeit kam es noch zu Verzögerungen, die überwiegend durch die Corona-Pandemie verursacht wurden. Jedoch konnte an der Konstruktion eines Prüfstands zur Messung tribologischer Kenngrößen an geschabten Oberflächen gearbeitet werden. Des Weiteren wurden bereits Proben zur späteren Untersuchung angefertigt und Kriterien und Kennwerte für die Charakterisierung besagter Oberflächen erarbeitet. Der Prüfstand (vgl. Abb. 10) soll im ersten Quartal 2023 in Betrieb genommen und anschließend intensiv für die wissenschaftliche Arbeit genutzt werden.

b) Funkenerosives Feinbohren

Im August 2021 war ebenfalls das Projekt „HSE – Hochqualitatives und schnelles erosives Feinbohren in höchster Materialdiversität“ begonnen worden, das im Rahmen des „Zentralen Investitionsprogramms Mittelstand“ (ZIM) gefördert wird. Gemeinsam mit Firma Agema Germany, einem Hersteller von hochwertigen Erodierbohrmaschinen und Teil der Firmengruppe Henniger in Straubenhardt-Conweiler, wird an der Weiterentwicklung der Maschinen gearbeitet, wobei hochschulseitig ein Schwerpunkt auf der Entwicklung einer neuartigen Regelung des Erodierprozesses liegt.



Abb. 11: Frau Larissa Kerres (Fa. Agema) und Professor Oßwald an der Projektmaschine im Zentrum für Präzisionstechnik

Um ein effizientes Arbeiten an den Forschungsaufgaben zu ermöglichen, wurde der Hochschule von Agema eine Erodierbohrmaschine bereitgestellt, die im September im Labor der Arbeitsgruppe im neuen „Zentrum für Präzisionstechnik“ (ZPT) aufgestellt wurde (vgl. Abb. 11).

Für die Entwicklung der angestrebten Prozessregelung werden intensive Voruntersuchungen durchgeführt, um die auftretenden Entladungen und deren jeweilige Anteile im Erodierprozess zu ermitteln. Diese In-Process-Untersuchungen bedingen einen großen Programmieraufwand (vgl. Abb. 12) und ihre Interpretation setzt eine umfangreiche Erfahrung mit Erodierprozessen voraus. Um anschließend eine optimale Regelung aufbauen zu können, wird außerdem das gesamte Systemverhalten der Maschine charakterisiert.

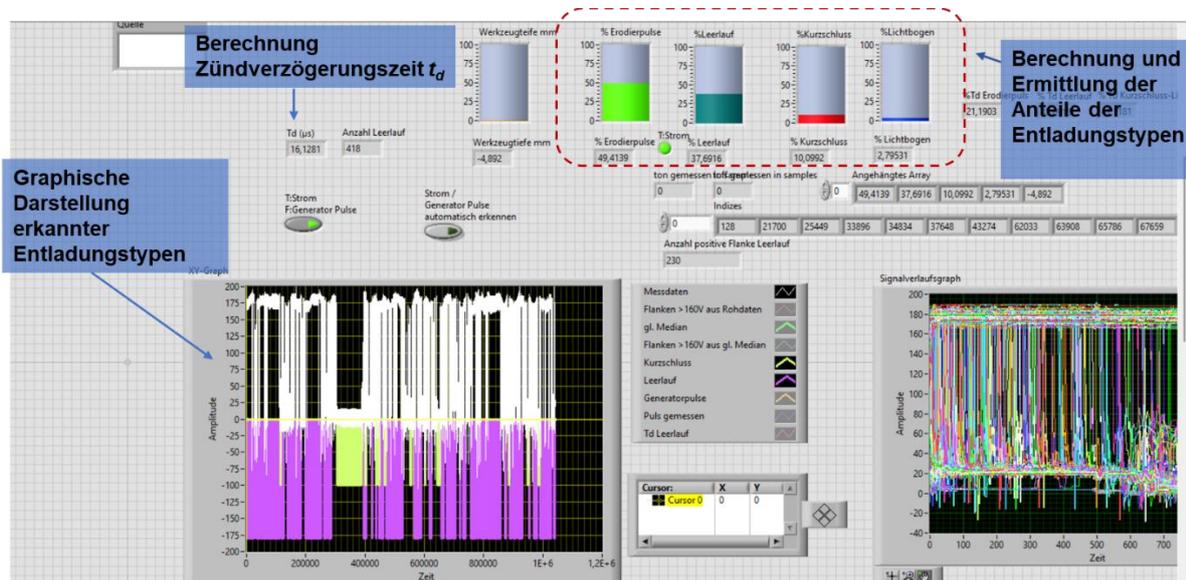


Abb. 12: Bedienoberfläche der Software für die Entladungsanalyse im funkenerosiven Feinbohren

6. Materialwissenschaften in der medizinischen Anwendung

Bildgebungssysteme für Forschung und Lehre – (Prof. Dr. Ulrich Heinen)

Die im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten konzentrierten sich auf den Aufbau zweier Bildgebungssysteme für Forschung und Lehre.

Im Herbst 2019 kurz vor Ausbruch der Coronapandemie konnte von der Hochschule Karlsruhe ein alter Magnetresonanztomograph (MRT) für Forschungsaufgaben übernommen werden, allerdings mit einer veralteten Systemelektronik und ohne die zugehörige Betriebssoftware. Anders als klinische MRT-Systeme setzt das Gerät statt eines mit flüssigem Helium gekühlten supraleitenden Magneten einen wassergekühlten Elektromagneten mit einer maximalen Flussdichte von 0,5 T ein, was für das vorgesehene Einsatzprofil einen kostengünstigen und auch im Vergleich zu Permanentmagneten besonders sicheren Betrieb ermöglicht. Die teuren Leistungskomponenten (Hauptmagnet, Gradientenspulen inkl. Shimsystem), Magnetnetzteil, Gradientenverstärker, HF-Sender und der HF-Vorverstärker sind in gutem Zustand und können unverändert weiterverwendet werden; vollständig neu entwickelt werden muss die Steuerelektronik inkl. Echtzeitsteuerung, wofür an der Fakultät alle erforderlichen Kompetenzen vorhanden sind. Das Konzept für die neue Elektronik wurde im Rahmen zweier Projektarbeiten innerhalb des Masterstudiengangs „Embedded Systems“ weitgehend fertiggestellt. Im Berichtszeitraum wurden außerdem im Rahmen von praxisorientierten Wahlfachangeboten gemeinsam mit Studierenden mehrerer Studiengänge viele der Systemkomponenten durchgeprüft und das Kühlsystem für die Wiederinbetriebnahme vorbereitet. Der aus Karlsruhe übernommene Faradaykäfig wurde verkleinert, umgebaut und schließlich am geplanten neuen Aufstellungsort des MRT-Systems wieder aufgestellt. Nicht zuletzt wurde bereits eine umfangreiche Risikoanalyse vorgenommen, die das gesamte Projekt weiter begleiten wird. Aktuell gibt es noch Verzögerungen bezüglich der Bereitstellung von Kühlwasser und einer ausreichenden Stromversorgung seitens der Haustechnik; hierzu laufen Gespräche.

Das MRT-System bedarf einer neuen Steuersoftware, deren Grundkonzept und wesentliche Komponenten basierend auf früheren Arbeiten bereits während eines Forschungssemesters (WS20/21) erarbeitet wurden. Im Berichtszeitraum wurde diese Software um die automatische Konfiguration und Ansteuerung der neuen Sequencer-Hardware und des vorhandenen Vorverstärkers ergänzt. Außerdem wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit ein parametrischer Sequenzcompiler entwickelt, der die Ablaufprogramme für die neue Echtzeiteinheit erstellt. Im Zusammenwirken mit einem leistungsfähigen neuen Konzept zur Verwaltung der Messparameter ist es damit künftig möglich, auf sehr einfache Weise eine große Vielfalt von unterschiedlichen Messsequenzen auf dem Pforzheimer MRT-System zu implementieren.

Neben einem Einsatz in der Lehre sind nach Indienststellung des MRT-Systems Messungen zur Relaxivität von magnetischen Nanopartikeln bei niedrigen Feldstärken und in Verbindung mit Ultraschallwandlern MRT-elastographische Untersuchungen geplant.

Mit einem optischen CT-Demonstrator steht ein zweites Bildgebungssystem kurz vor der Fertigstellung. Anders als bei einem klinischen Computertomographen kommt im Pforzheimer System statt Röntgenstrahlung sichtbares und ungefährliches Weißlicht zum Einsatz, was den Einsatz von semitransparenten Untersuchungsobjekten (beispielsweise Fruchtgummis) erforderlich macht – es handelt sich daher in erster Linie um ein System für den Lehreinatz. Nachdem frühere Anläufe noch nicht zum Erfolg geführt hatten, konnte nun im Rahmen einer Bachelorarbeit noch vor Fertigstellung des Gerätes bereits das erste Querschnittbild eines Gummibärgchens rekonstruiert werden – allerdings noch mit Bildartefakten aufgrund von Lichtrefle-

nen. Das Gerät bietet vielfältige Einstellungsmöglichkeiten, um die Einflussfaktoren auf Kontrast und Bildauflösung, Streustrahlungseffekte einschließlich Filtermöglichkeiten und die Auswirkung von wellenlängenabhängiger Absorption (als Modell für die Strahlaufhärtung in realen CT-Systemen) praktisch erfahrbar zu machen.

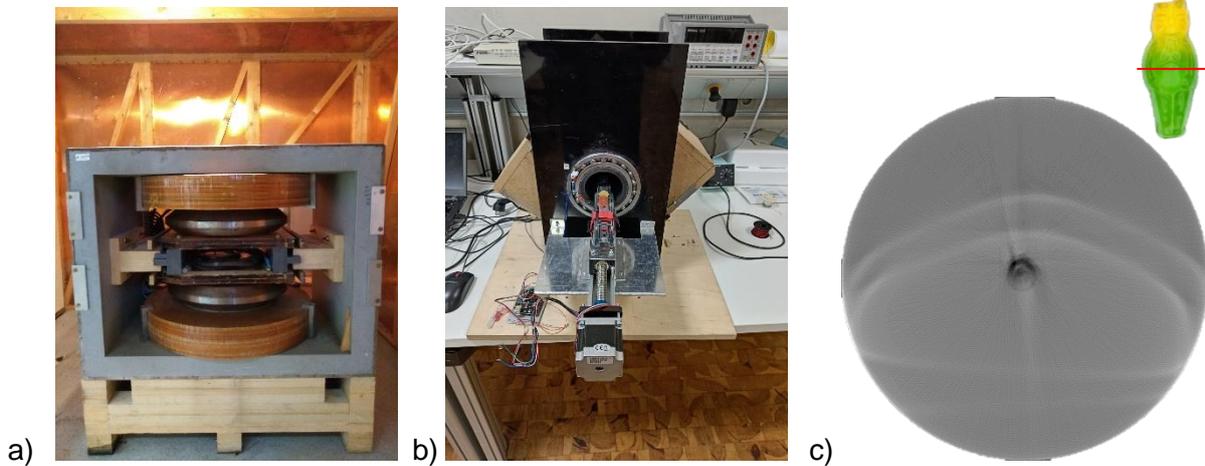


Abb. 13: a) Resistives 0,5T-Magnetsystem des MRT-Systems. b) Aktueller Zwischenstand des CT-Aufbaus mit Objektträger im Vordergrund und der rotierenden Optik zwischen den schwarzen Trägerplatten. c) Das erste erhaltene Querschnittbild eines Fruchtgummi-„Patienten“. Der schwarze Fleck im Zentrum ist ein Reflexionsartefakt, die doppelten Konturen beruhen mutmaßlich auf der großen Blendenwahl; weitere Untersuchungen dazu sind im Gange. Foto b und c: Christian Reiser

Institutsleitung: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Norbert Jost, Prof. Dr. Gerhard Frey (Stellvertreter)

Weitere Informationen: www.hs-pforzheim.de/iwwt

1.2.4 Institute for Smart Bicycle Technology – ISBT

Motivation und Gründung

Die Fahrradtechnik hat sich in den letzten Jahren rasant in Richtung Hightech entwickelt: Leichtbau (Alu und Carbon), Einzug der Elektronik und Sensorik mit elektrisch unterstützten Fahrrädern (Pedelecs/E-Bikes) und ersten Fahrerassistenzsystemen, wie zum Beispiel ABS. Die Entwicklung steht jedoch erst am Anfang und bietet noch viel Potenzial, speziell in Richtung einer umweltfreundlichen Mobilität. Auch die Qualitätsansprüche sind stark gewachsen und damit die Anforderungen an die Prüfstandstechnik.



Besonders Pedelecs, aber auch E-Bikes ohne Pedale oder Elektroleichtfahrzeuge bieten ein ideales, interdisziplinäres Betätigungsfeld für Forschung und Entwicklung an HAWs. Vereinzelt Aktivitäten auf diesen Gebieten sind bekannt, jedoch kein gebündeltes Institut.

An der Hochschule Pforzheim, speziell der Fakultät für Technik, wurden in den vergangenen Jahren sehr erfolgreich Drittmittel in erheblichem Umfang eingeworben, sowohl aus der Industrie für Prüfstandsbau und Leichtbau (Kooperation von Prof. Dr. Peter Kohmann mit Canyon Bicycles GmbH) als auch aus öffentlich geförderten Programmen (FHprofUnt: BikeSafe, Ingenieurwachstum: BikeAssist, beides mit Partner Bosch und Fa. IPG Automotive GmbH in Karlsruhe). Eine kooperative Promotion (O. Maier) wurde auf diesem Gebiet bereits abgeschlossen, bei 2 weiteren wurde die schriftliche Fassung abgegeben und weitere Promotionen sind in der Anbahnung. In Summe sind dort zurzeit und perspektivisch für die nächsten Jahre insgesamt 6 Mitarbeiter (VZÄ) beschäftigt.

Um diese Aktivitäten zu bündeln, wurde 2019 das Institute for Smart Bicycle Technology gegründet.

Mitglieder des Instituts aus den Fachbereichen Maschinenbau und Informationstechnik sind:



Prof. Dr.-Ing. Peter Kohmann



Prof. Dr.-Ing. Ingolf Müller
Stellvertretender Leiter



Prof. Dr.-Ing. Martin Pfeiffer



Prof. Dr.-Ing. Stefan Hillenbrand



Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Wrede
Leiter



Prof. Dr.-Ing. Peter Heidrich



Abb. 1: Institutsmitglieder und Mitarbeiter im ISBT, v.l.n.r. Matthias Häcker, Yannick Hanakam, Marc Schulz (in 2022 ausgeschieden), Prof. Ingolf Müller, Prof. Stefan Hillenbrand, Prof. Martin Pfeiffer, Prof. Peter Kohmann, Manuel Gerth, Marian Burkhardt, Philipp Bauer, Manuel Hauer, Prof. Jürgen Wrede, Daniel Steudle (in 2022 ausgeschieden), Foto: Julia Kikel

Institutsaktivitäten im Jahr 2022

Aufgrund der Corona-Pandemie waren die Aktivitäten auch zu Jahresbeginn 2022 noch behindert.

Im Sommersemester und im November fanden Treffen der Institutsmitglieder statt, bei denen jeder Arbeitsbereich – Assistenzsysteme, Prüfstandsbau und Leichtbau – seine aktuellen Aktivitäten vorstellte und Ideen ausgetauscht wurden.

Die Idee einer interdisziplinären Wahlfachvorlesung „Fahrrad- und E-Bike-Technologie“ an der Fakultät für Technik wurde erörtert und weiter ausgearbeitet. Die Vorlesung wird im SS23 mit Dozenten des ISBT und von Fa. Bosch ebike Systems starten.

Am 11. Juli fand ein vom Hochschulinstitut HEED vorbereiteter und moderierter halbtägiger Workshop mit den Mitgliedern des ISBT statt. Ziel war es, methodisch neue Projektideen für Forschungsprojekte im Fahrrad- und E-Bike-Umfeld zu finden.



Abb. 2 und 3: Innovationsworkshop des HEED mit ISBT. Foto: Alexandra Göhring

Die gemeinsame Fahrradtour im Sommer führte über Wege und Trails von der Hochschule zur Eisdiele nach Mühlacker und auf dem Enztalradweg zurück (Abb. 4).



Abb. 4: Radtour von ISBT-Mitgliedern nach Mühlacker, v. l. n. r. Prof. Jürgen Wrede, Matthias Häcker, Prof. Peter Kohmann, Manuel Hauer, Yannick Hanakam, Prof. Stefan Hillenbrand. Foto: unbekannte Passantin

Themenfelder:

Am ISBT werden verschiedene Aspekte der Fahrradtechnik adressiert:

- Neue mechatronische Fahrerassistenzsysteme, z.B. ABS für E-Bikes
- Komponenten- und Prüfstandentwicklung für Fahrräder (MTB, Rennrad, E-Bikes)
- Entwicklung von Leichtbaukomponenten mit neuem 3D-Faser-Wickelroboter, Entwicklung von hybriden Leichtbau-Materialien
- Entwicklung neuer Forschungsfelder, z.B. Lastenräder, Elektroleichtfahrzeuge etc.



Abb. 5: Fahrerassistenzsysteme für E-Bikes, selbstfahrender Versuchsträger und Hardware-in-the-Loop-Prüfstand für E-Bike-ABS aus abgeschlossenem Projekt „BikeSafe“

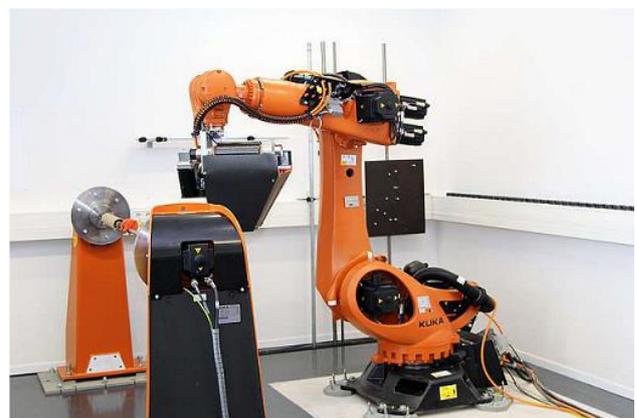


Abb. 6: 3D-Faserwickel-Roboter



Abb. 7: Prüfstandstechnik für Fahrräder und E-Bikes, Multiforce-Prüfstand zur Dauerprüfung von Fahrrad-Rahmen

Projekte

BikeAssist – Assistenzsystem für E-Bikes

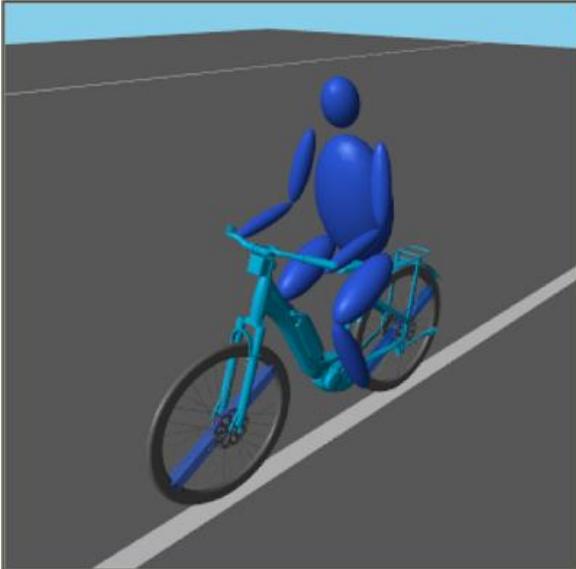
Das vom BMBF im Rahmen des Programms „Ingenieurnachwuchs2016“ geförderte Projekt „Querstabilisierung elektrisch unterstützter Fahrräder bei niedrigen Geschwindigkeiten – BikeAssist“ (FKZ 13FH533IX6) wird seit Oktober 2018 bis 2022 gefördert. Aufgrund von Corona und des administrativ verzögerten Projektanlaufs wurde eine kostenneutrale Verlängerung des Projekts bis Ende Februar 2023 bewilligt.

Während das Fahrradfahren bei mittleren Geschwindigkeiten von den meisten Menschen problemlos beherrscht wird, ist das Gleichgewicht halten und das präzise Kurshalten in engen Fahrspuren bei langsamer Fahrt besonders für weniger geübte Fahrerinnen und Fahrer sowie für viele ältere Menschen eine anspruchsvolle Fahraufgabe. Entsprechend einer Studie aus den Niederlanden ereignen sich daher 16% aller Fahrrad-Alleinunfälle bei geringer Geschwindigkeit. Kritische Situationen sind insbesondere das Anfahren und das Anhalten.

Ziel des Forschungsprojektes ist es, ein Assistenzsystem für Fahrräder zu entwickeln, mit dessen Hilfe das Fahrrad bei langsamer Fahrt (Geschwindigkeit kleiner ca. 7 km/h) genauso einfach und sicher gefahren werden kann wie bei mittleren Geschwindigkeiten. Das System soll für E-Bikes entwickelt werden, um deren Stromversorgung und Steuergerät zu nutzen, und so ausgelegt sein, dass es eine realistische Option für einen späteren Serieneinsatz gibt.

Im Rahmen des Projektes sollen verschiedene Eingriffsmöglichkeiten des Systems (z.B. über Lenkmoment oder Kreisel) in der Simulation untersucht und darauf aufbauend das ausgewählte Aktorkonzept prototypisch an einem Versuchsfahrrad umgesetzt werden. Die Wirkungsweise und der Nutzen des Systems sollen in Probandenstudien nachgewiesen und bewertet werden.

Am Projekt BikeAssist sind die Institutsmitglieder Prof. Dr. Martin Pfeiffer, Prof. Dr. Stefan Hillenbrand und Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Wrede beteiligt. Im Rahmen der Probandenstudie besteht eine intensive Zusammenarbeit mit Prof. Christa Wehner von der Fakultät W&R. Bezüglich elektrischer Aktorik unterstützt uns Kollege Prof. Dr. Peter Heidrich aus dem Maschinenbau.



Ein weiteres wichtiges Werkzeug für die Untersuchung der Fahrstabilität ist die Simulation. Im Rahmen einer Bachelor- und einer darauf aufbauenden Master-Thesis wurde dazu in SimScape (Fa. mathworks) ein umfangreiches Simulationsmodell eines Fahrrads mit Fahrer/-in entwickelt. Es ermöglicht die Parametrierung unterschiedlicher Personen von der 5-Perzentil-Frau bis zum 95-Perzentil-Mann, unterschiedliche Fahrmanöver und Stelleingriffe. Das Simulations-Programm wurde optimiert und durch weitere Fahrversuche validiert.

Abb. 8: 3D-Simulation des E-Bikes mit Radfahrer/-in

Der E-Bike-Versuchsträger wurde prototypisch mit einem über Leistungsendstufen ansteuerbaren Getriebemotor als Lenkaktor ausgerüstet, der über Zahnräder direkt in die Lenkung eingreifen kann. Für die Implementierung der Regelung konnte statt der teuren MicroautoBox eine sehr günstige Ansteuerkarte von Texas Instruments verwendet werden, die auch bei Bosch eBike Systems zum Einsatz kommt. Mit Simulink am PC erstellte Regelalgorithmen können direkt heruntergeladen und getestet werden.

Verschiedene Regelkonzepte wurden zunächst offline in der Simulation getestet. Anfang Dezember konnten dann die am Projekt beteiligten Mitarbeiter und Professoren auf dem Hochschulparkplatz eine erste prototypische Version des Assistenzsystems erfolgreich Probe fahren.

Im Januar 2022 konnte das System auf dem E-Bike-Testgelände von Fa. Bosch in Reutlingen u.a. auch an Steigungen und von Mitarbeitern des Projektpartners ausgiebig und mit sehr positiver Resonanz getestet werden.

Im Frühjahr 2022 fand ebenfalls auf dem Hochschulparkplatz eine weitere, umfangreiche Probandenstudie statt, bei der Wirkung und Akzeptanz mit 30 Fahrern und 30 Fahrerinnen im Alter über 60 getestet wurde.



Abb. 9: Probandenstudie des prototypischen Assistenzsystems auf dem Hochschulparkplatz



Abb. 10: Probandenstudie des prototypischen Assistenzsystems auf dem Hochschulparkplatz

Die umfangreich erhobenen Messdaten und Befragungsergebnisse wurden im Lauf des Jahres statistisch ausgewertet. Aus den im Mittel mit Assistenzsystem geringeren Lenk- und Wankraten lässt sich auf eine bessere Stabilität schließen.

Bei der subjektiven Bewertung durch die Probanden und Probandinnen waren die Eindrücke gemischt. Nur etwa ein Drittel empfand die Lenkunterstützung als hilfreich, ein Drittel fühlte sich eher irritiert. Als ein Grund dafür wurde die versuchstechnisch bedingte kurze Eingewöhnungs- und Testzeit identifiziert. Bei längeren Fahrten wird eine höhere Akzeptanz vermutet.

Doktorand Yannick Hanakam stellte die Ergebnisse auf der International Cycling Safety Conference im November 2022 in Dresden dem Fachpublikum vor.



Abb. 11: Doktorand Yannick Hanakam und Prof. Jürgen Wrede auf der ICSC 2022 in Dresden

Die Ergebnisse werden in einem abschließenden Projekttreffen mit den Partnern im Januar 2023 diskutiert und besprochen.

Die mit dem Projekt verbundene kooperative Promotion mit der Universität Rostock befindet sich in der Abschlussphase.

Kooperationsprojekte mit der Firma Canyon Bicycles GmbH

High-End-Rennräder und -Mountainbikes haben sich in den letzten Jahren zu Leichtbaustrukturen weiterentwickelt. Um die Betriebssicherheit dieser Räder zu gewährleisten, ist eine umfassende Qualitätssicherung notwendig, die eine dynamische Betriebsfestigkeitsuntersuchung beinhaltet. Die dazu notwendigen Prüfmaschinen (Abb. 7) werden seit Jahren exklusiv vom ISBT für die Firma Canyon entwickelt und gebaut.

Da diese Sportgeräte deutlich stärker belastet werden als „normale“ Fahrräder, sind die bekannten EN-Standardprüfverfahren häufig unzureichend. Ferner sind die Entwicklungszyklen in diesem Bereich sehr kurz und die Kunden wünschen sich neue Räder, die es ihnen ermöglichen, alte Grenzen zu sprengen und noch ambitioniertere Ziele (schneller, höher, weiter) zu erreichen. Daher hinken die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Prüfanforderungen häufig den tatsächlichen Belastungen in der Praxis hinterher.

Diese Anforderungen an die Qualitätssicherung bedingen, dass sich auch die Prüfmaschinen stetig weiterentwickeln. Insbesondere die Lastkollektive, die für die unterschiedlichen Fahrradkategorien gelten, müssen kontinuierlich erweitert und die aktuellen Nutzungsprofile angepasst werden. Da nicht für alle Bereiche standardisierte Prüfbedingungen vorliegen, müssen auch immer wieder neue Prüfkonzepte entwickelt und realisiert werden.

Da es für extreme Fahrsituationen nur unzureichende Kenntnisse über die tatsächlich auftretenden Belastungen gibt, sind für diese Grenzbereiche neue Messungen erforderlich. Hierzu wurde in diesem Jahr ein Messrad mit entsprechenden Sensoren ausgestattet und erste Messreihen für unterschiedliche Fahrsituationen wurden ermittelt.



Abb. 12: Messrad mit Sensoren und Datenlogger

Mit dem Programm *nCode* der Firma HBM lassen sich aus diesen Messdaten schädigungsäquivalente Lastkollektive ermitteln. Diese neu generierten Lastkollektive bilden die Grundlage für zukünftige Komponententests bei der Firma Canyon.

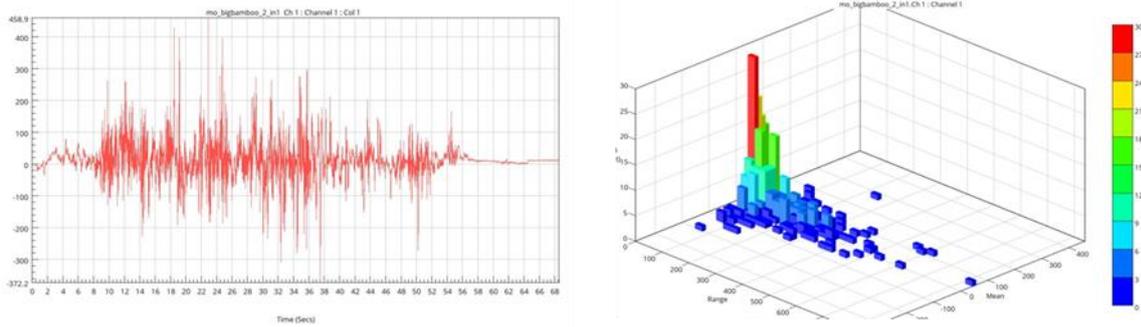


Abb. 13: Gemessenes Kraftsignal und Auswertung zur Ermittlung von Lastkollektiven für den Prüfstand

Speziell bei Downhill MTB's mit großen Federwegen spielt der dynamische Komfort der Fahrwerke eine essenzielle Rolle für die Bewertung von unterschiedlichen Konstruktionen. Der Komfort wiederum wird maßgeblich durch die Fahrwerksgeometrie, das Design der Hinterbaukinematik und die dazugehörigen Anbauteile bestimmt. Aktuell wird die Bewertung unterschiedlicher Bauarten durch den subjektiven Fahreindruck einzelner Testfahrer vorgenommen. Wissenschaftlich fundierte, allgemein anerkannte Kriterien gibt es in diesem Bereich noch nicht. Aus diesem Grund sollen im Rahmen eines Promotionsvorhabens grundlegende Untersuchungen durchgeführt werden. Für dieses Forschungsprojekt wurde eine strukturierte Planung vorgenommen und Kontakt zu möglichen Partnern aufgenommen.

Erweiterung des Wickelkopfes des 3D-Faserwickelroboters um eine Trenn- und Anlegeeinheit

Der aktuelle Wickelkopf kann zwei Stränge des TowPreg-Materials gleichzeitig ablegen. Bei vielen Strukturen kann es aber nötig sein, im Prozess kurzzeitig nur mit einem Strang zu wickeln und dann anschließend wieder mit zwei Strängen fortzufahren. Dieses Erfordernis tritt vor allem an Strukturen auf, die aus einer Topologieoptimierung gewonnen wurden, da hier in der Regel keine konstanten Materialstärken vorliegen. Um dies zu ermöglichen und somit die richtige Menge an Material an jedem Ort im Bauteil ablegen zu können, wird aktuell eine automatisierte Trenn- und Anlegeeinheit entwickelt. Diese ermöglicht es, einen Fadenstrang im laufenden Betrieb zu durchtrennen und bei Bedarf anschließend wieder anzulegen, wobei die größte Schwierigkeit eines solchen Systems in dem automatisierten Wiederanlegen des durchtrennten Strangs besteht.

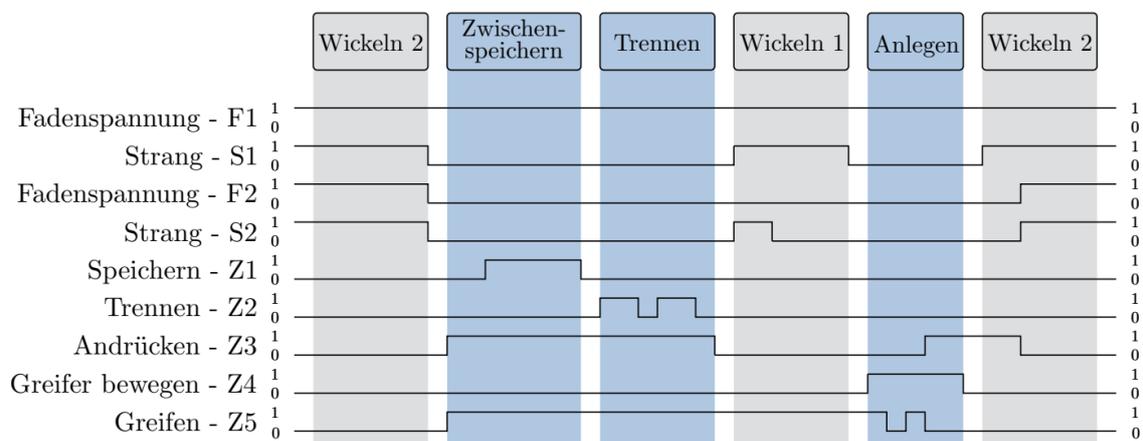


Abb. 14: Ablaufdiagramm zur Steuerung der Trenn- und Anlegeeinheit

Die Trenn- und Anlegeeinheit besteht aus unterschiedlichen pneumatischen Zylindern, die durch entsprechende Ventile über die zentrale SPS gesteuert werden. Der Prozessablauf ist in der folgenden Abbildung detailliert beschrieben. Dabei steht F für die jeweilige Fadenspannung und S kennzeichnet, ob der Strang zum jeweiligen Zeitpunkt auf dem Fadenträger abgelegt wird. Z1–Z5 kennzeichnen die jeweiligen Zylinder mit den dazugehörigen Funktionen. Die Zustände 1 und 0 geben an, ob die Fadenspannung aktiv ist, der Strang am Fadenträger abgelegt wird oder der Zylinder die Aufgabe ausführt.

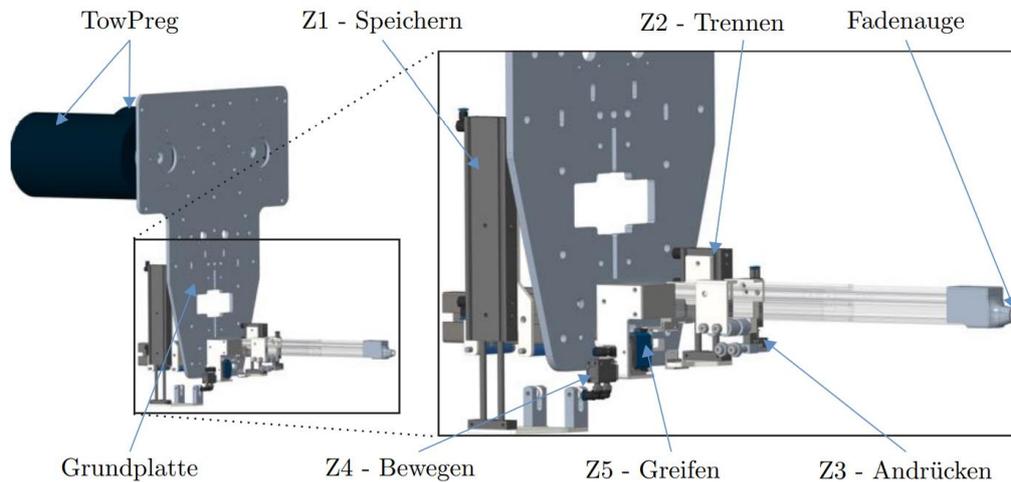


Abb. 15: Grundkonstruktion des Wickelkopfes mit geöffneten Zylindern der Trenn- und Ablegeeinheit

Leichtbau-Strukturen aus Thermoplast-Duroplast-Hybriden auf der Basis von Polyamid 6 und kohlenstofffaserverstärktem Epoxid

Die Kombination von duroplastischen und thermoplastischen faserverstärkten Kunststoffverbunden ermöglicht die Herstellung von hochbelastbaren, kostengünstigen und vollautomatisiert herstellbaren Strukturbauteilen. Ziel ist es, roboterbasierte 3D-Faserwickelstrukturen aus endloskohlenstofffaserverstärktem Epoxid mit kurzfaserverstärktem Polyamid 6 zu kombinieren. Eine solche vorteilhafte Kombination der beiden Werkstoffe ist bislang nicht oder nur unter starken Einschränkungen bei den mechanischen Eigenschaften möglich.

Hochbelastbare, ultraleichte, endlosfaserverstärkte Kunststoffbauteile können beispielsweise mithilfe des roboterbasierten 3D-Towpreg-Wickelverfahrens hergestellt werden. Die durch dieses Verfahren erzeugten Strukturen sind meist fachwerkartige, lastpfadgerechte Bauteile und Konstruktionen. Nachteil dieses Fertigungsverfahren ist neben der nicht optimalen Oberflächenqualität insbesondere das Problem, dass meist keine ebenen, flächigen Bauteile mit in sich geschlossener Oberfläche fasergerecht erzeugt werden können. Durch Umspritzen der Strukturen mit thermoplastischem Material können solche Bauteile jedoch erzeugt werden. Dabei bildet das bereits ausgehärtete duroplastische TowPreg-Material das lasttragende zwei- oder dreidimensionale Grundgerüst (Skelett) und das thermoplastische Spritzgussmaterial übernimmt Zusatzfunktionen. Die Zusatzfunktionen können dabei geschlossene und qualitativ hochwertige Oberflächen sein oder Bereiche zur Schubunterstützung der hauptsächlich auf Zug und Druck belastbaren Tragstrukturen. Auch können Lasteinleitungselemente oder zusätzliche Befestigungselemente, wie etwa Clips oder Haken, dargestellt werden.

Damit diese Funktionen abgebildet werden können, muss aber eine hinreichend belastbare Anbindung (Interface) zwischen den beiden Kunststoff-Materialsystemen vorhanden sein. Dieses Interface wird im Labor für Festigkeitslehre & Leichtbau detailliert untersucht. Dabei kom-

men unterschiedliche Vorbehandlungsmethoden, wie etwa das Niederdruckplasma, zum Einsatz. Auch werden für die Untersuchung des Interfaces neuartige Ansätze untersucht, bei denen das vorhandene TowPreg-Material speziell an diesen Hybrid-Prozess angepasst wird und der roboterbasierte Wickelprozess modifiziert wird.

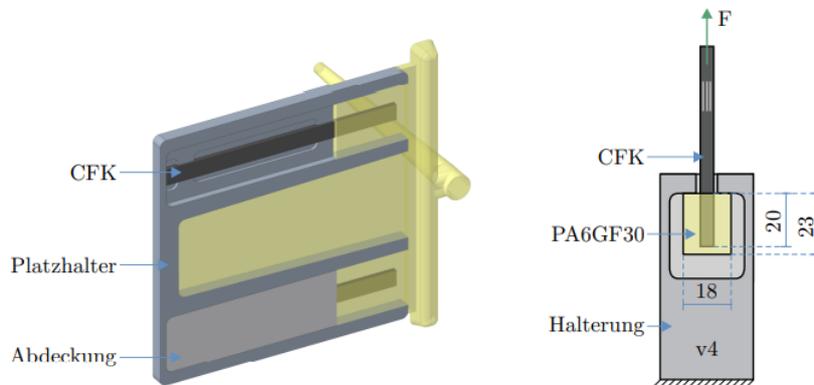


Abb. 16: Herstellung und Test der Proben für das Duroplast-/Thermoplast-Hybridmaterial zur Charakterisierung der Interface-Eigenschaften

Anhand des dargestellten Versuches konnte gezeigt werden, dass die Interface-Festigkeit des Verbundes zwischen Thermoplast und Duroplast von ca. 2 MPa (ohne Behandlung) auf ca. 15 MPa durch eine geeignete Vorbehandlung mit Niederdruckplasma gesteigert werden kann. Hierdurch wird ein sogenanntes Faserinterface erzeugt, bei dem die Fasern im duroplastischen Skelett durch die Plasmabehandlung derart freigelegt werden, dass der Thermoplast optimal an Fasern andocken kann.

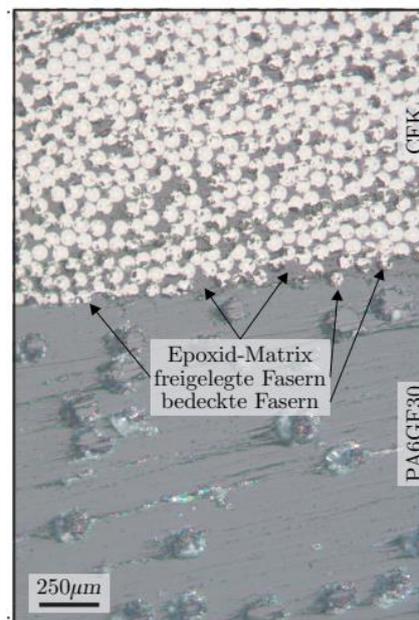


Abb. 17: Mikroskopaufnahme der Grenzfläche einer hybriden Probe nach Plasmabehandlung zur Ausbildung einer Faserinterfacezone

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden im zurückliegenden Jahr drei Publikationen (1x Peer Review Journal, 2x Tagung) veröffentlicht und die Arbeiten zur Dissertation von Herrn Philipp Bauer abgeschlossen. Eine weitere Vertiefung der Erkenntnisse – insbesondere zur Steigerung der Qualität der hybriden Bauteile – soll im Rahmen eines DFG-Forschungsprojektes erzielt werden, welches gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe an der TU Kaiserslautern geplant ist.

Herstellung von duroplastischem unidirektionalem Faserhalbzeug (Towpreg) zum Einsatz im 3D-Faserwickelverfahren

Ziel des Projektes ist es, eine kostengünstige Laboranlage zur Herstellung von vorimprägnierten Kohlenstofffasern (Towpreg) – auf Basis von Epoxidharzen – zu entwickeln.



Abb. 18: Carbonfaser-Towpreg-Material (links); Faserimprägnieranlage (rechts)

Charakterisierende Größen für das erzeugte Towpreg-Material sind zum einen der Faservolumengehalt (FVG) und zum anderen die Klebrigkeit (Tack). Im zurückliegenden Jahr wurde ein System zur Online-Messung der FVG im Betrieb der Anlage entwickelt, das mit den erzielten Messwerten die Imprägniereinheit entsprechend regelt. Hierfür wurde eine Reihe von möglichen Messprinzipien verglichen, die den Imprägniergrad des Towpregs ableiten können.

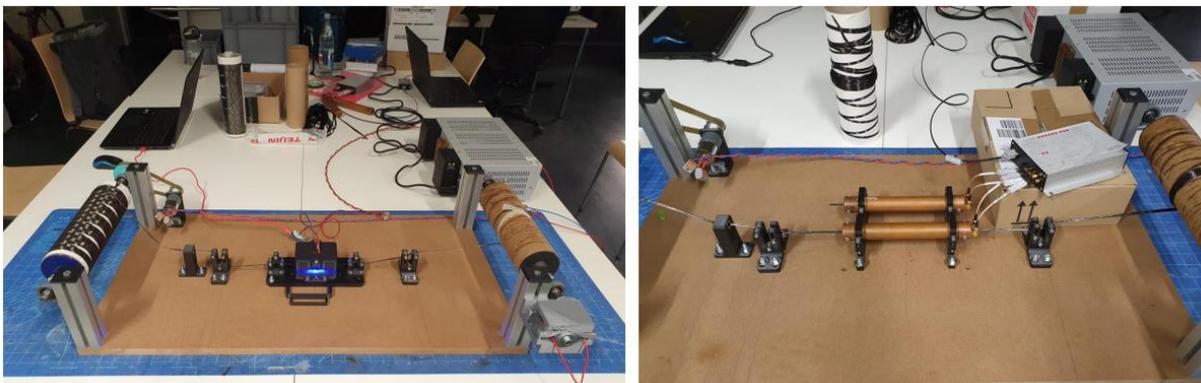


Abb. 19: Versuchsaufbauten zur Online-Messung des FVG; links: NIR-Spektroskopie, rechts: kapazitive Messung
Die Arbeiten an der Anlage werden im kommenden Jahr fortgesetzt.

Entwicklung von Rennrad-Antriebskomponenten (Kurbel & Kettenblatt)

Mit der am Leichtbaulabor entwickelten 3D-Roboterwickelanlage sollen High-End-Rennrad-Antriebskomponenten gefertigt werden. Ziel hierbei sind hohe Steifigkeiten bei gleichzeitig geringer Masse und einer automatisierten Fertigung der Komponenten.

Zum einen ist dies ein Hybrid-Kettenblatt für einen Einfach-Antrieb an Rennrädern. Hierbei werden die Direct-Mount-Schnittstelle und die Verzahnung weiterhin aus Aluminium gefertigt, die lasttragenden Streben allerdings aus unidirektionalem CFK gewickelt. Entwicklungsziel ist es, die Masse der derzeit leichtesten Produkte am Markt von ca. 125 Gramm zu unterbieten.

Darüber hinaus wird durch verschiedene studentische Arbeiten an einer Voll-Carbon-Rennrad-Kurbel gearbeitet. Die meisten Rennradkurbeln bestehen vollständig aus Metall oder aber haben nur CFK-Kurbelarme. Lediglich eine High-End-Variante nutzt zusätzlich eine CFK-Welle (diese Kurbel wird allerdings händisch gefertigt). Die Kurbel des Leichtbau-Labors soll zweiteilig aufgebaut sein und somit ultraleicht und gleichzeitig hochsteif werden.

Die Arbeiten an beiden Produkten werden im kommenden Jahr fortgesetzt.



Abb. 20: CFK-Rennrad-Kurbel hergestellt im 3d-Wickelverfahren

Institutsleitung: Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Wrede, Prof. Dr.-Ing. Ingolf Müller (Stellvertreter)

Weitere Infos: <https://www.hs-pforzheim.de/isbt/>

1.2.5 Schmucktechnologisches Institut – STI

Das Schmucktechnologisches Institut der Hochschule Pforzheim entwickelt feinwerktechnische Verfahren, Geräte und Vorrichtungen zur Automatisierung von Fertigungsschritten sowie schmuckrelevante Werkstoffe und wurde 1996 als „Antwort“ auf den Strukturwandel in der Schmuckbranche gegründet. Um diesem Strukturwandel entgegenzutreten, nahm sich das STI zum Ziel, eine eigene Wertigkeit zu definieren und neue Ideen in der Fertigung voranzutreiben. Die regionalen Schmuckunternehmen setzten sich zusammen mit der Landesregierung für die Gründung eines wissenschaftlichen Instituts ein, das diese Ansprüche fördern sollte. Von Beginn an beschäftigte sich das Institut mit der Übertragung neuer, moderner, serieller Fertigungstechnik auf die Schmuckbranche. Die Fortsetzung der erfolgreichen Zusammenarbeit mit der regionalen Schmuckindustrie, die Entwicklung neuer Verfahren in der Schmuckherstellung sowie innovative Werkstoffe für die Luxusgüterherstellung sind wichtige Bestandteile der tagtäglichen Arbeit am Schmucktechnologischen Institut. Das Institut wird von regionalen Unternehmen der Schmuckindustrie, Verbänden, der Stadt Pforzheim und der Sparkasse Pforzheim Calw sowie der baden-württembergischen Landesregierung getragen.

Seit der Übernahme der Leitung des Instituts durch Prof. Dr. Carlo Burkhardt hat das Institut, unter Beibehaltung seiner bisherigen Tätigkeitsschwerpunkte, seine Forschungsthemen um die Entwicklung von Werkstoffen und Technologien für die indirekte additive Fertigung und Methoden zum Recycling und zur Weiterverarbeitung von Permanentmagneten auf Nd-Fe-B-Basis erweitert.

Durch die vielseitige Geräteausstattung und Fachkunde bietet das STI eine breite Vielzahl unterschiedlicher Leistungen an:

- Unterstützung bei der Entwicklung neuer Produkte und Verfahren
- Untersuchung verschiedenartigster Schadensfälle, Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen
- Fehlersuche und Analyse von Fremdpartikeln in der Oberfläche und im Material, die zu Kommas, Flecken und sonstigen Verarbeitungsproblemen führen
- Messungen der Festigkeit und der Härte an Bauteilen, elektrochemischen Komponenten und an Ringen, Verschlüssen und Ketten
- Untersuchung z.B. von Gefügen, Korngrößen und Ausscheidung an Werkstoffen aller Art
- Messung der Zusammensetzung von Metallen, Keramiken und Edelsteinen, galvanischen Schichten und deren Aufbau mittels REM-EDX, ICP-EOS, Infrarotspektroskopie und O/N/H bzw. C/S-Analyse
- Messung der Rautiefe an komplizierten Oberflächen mit einem 3D-Laserscan-Mikroskop
- Untersuchung der Ursachen von Gießfehlern wie Poren, Risse, Grobkorn, Blausilber
- Messung von Schmelztemperatur von Legierungen, Wachsen
- Messung von Gewichtsveränderung oder Schmelzverhalten von Stoffen bei Erwärmung
- Überprüfung von Temperaturen in Öfen, Gieß- und Sinteranlagen
- Korrosionstests, Salzsprühstests und Prüfung eines Anlaufschutzes oder des Einflusses von Verpackungsmaterialien auf Silber- und Goldlegierungen
- Beispiele für Geräteentwicklungen: Zuführeinrichtungen, Positionierhilfen, elektronischer Ringmessschieber, Induktionslötten, Messvorrichtungen

Im Jahr 2022 wurde für einen namhaften Kunden der Schmuckindustrie in einer umfangreichen Versuchsreihe das Alterungsverhalten verschiedener farbgebender Beschichtungen auf Feingoldträgern untersucht, klassifiziert und verbessert.

Für einen weiteren namhaften Kunden der Schmuckindustrie wurden die Auswirkungen branchenüblicher Verpackungsmaterialien und Klebstoffe auf das Anlaufverhalten von Silberwerkstoffen bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen untersucht. Mittels speziell entwickelter Versuchsaufbauten und Zeitraffer-Testmethoden konnten die Ursachen für die Oxidation der Silberwerkstoffe ermittelt werden. Die untersuchten Verpackungs-/Klebstoffkombinationen wurden hinsichtlich ihrer Kontaminationswirkung klassifiziert, geeignete Kombinationen identifiziert.

Für einen Zulieferer der Bahnindustrie wurden detaillierte Untersuchungen der Schweißnahtgeometrie und zugehöriger Fehlerbilder an Aluminiumbauteilen durchgeführt, um die Einflussparameter und das Schweißverhalten im fortlaufenden Prozess zu evaluieren und zu optimieren. Hierzu wurden Proben über die gesamte Prozesskette vom Rohmaterial über beschichtete Proben bis hin zu verschweißten Bauteilkomponenten metallographisch und chemisch untersucht und den entsprechenden Fertigungsparametern zugeordnet.

Für einen Zulieferer der Medizintechnik wurden detaillierte Untersuchungen der Vorprodukte und zugehöriger Fehlerbilder an NiTi-Legierungen durchgeführt, um die Einflussparameter im fortlaufenden Herstellungsprozess zu evaluieren und zu optimieren. Hierzu werden Proben über die gesamte Prozesskette vom Rohmaterial über unbearbeitete Proben bis hin zu polierten Produkten metallographisch und elektrooptisch untersucht und den entsprechenden Fertigungsparametern zugeordnet.

Folgende öffentlich geförderten Forschungsprojekte wurden bearbeitet:

Projekt IMPRINT

Im Forschungsschwerpunkt „indirekte additive Fertigung“ läuft ein Förderprojekt im Rahmen des Invest BW Förderprogramms. Das Projekt „Innovativer Metalldruck von Präzisionsteilen aus Nickel-Titan-Werkstoffen“ (IMPriNT) startete am 01.10.21 und hat eine Laufzeit von 2 Jahren. Durchgeführt wird dieses Projekt in Zusammenarbeit mit der MetShape GmbH (einer Ausgründung des Instituts). Außerdem wird im Rahmen des Projekts eine Promotion am Institut für Werkstoffwissenschaft durchgeführt.

Ziel des Projekts ist es, die gesamte Prozesskette der Lithographie-basierten additiven Fertigung für Nickel-Titanlegierungen zu untersuchen. Dafür wurden zunächst legierte Pulver von mehreren Herstellern beschafft, die die Pulver mit unterschiedlichen Verfahren herstellen und anschließend untersucht. Dabei unterscheiden sich die angelieferten Pulver nicht nur in der Chemie, sondern insbesondere in der Partikelform und Teilchengrößenverteilung (Abb. 1).

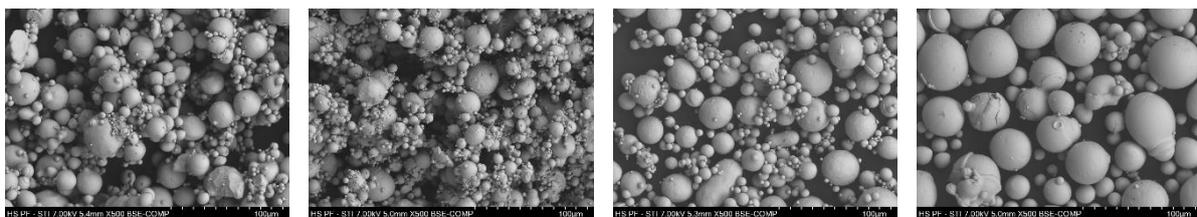


Abb. 1: REM-Aufnahmen der gelieferten Pulver

Für die Fertigung von Nickel-Titanlegierungen ist die chemische Reinheit eine kritische Komponente die in der sinterbasierten Fertigung maßgeblich durch die verwendeten Polymere be-

einflusst wird. Daher wird ein neues Bindersystem in Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller Incus GmbH entwickelt um das Zersetzungsverhalten zu optimieren. Mittels ausgiebiger Thermogravimetrie-Untersuchungen konnten so Komponenten identifiziert werden, die dem bestehenden Bindersystem deutlich überlegen sind. Die resultierenden Ergebnisse haben bereits zu einer Reduktion des kritischen Kohlenstoffgehalts auf ein Drittel des Ausgangssystems geführt.

Parallel wurde eine Druckparameterstudie durchgeführt, die mittels eines statistischen Versuchsplans Zusammenhänge zwischen Grünteileigenschaften und unterschiedlichen Parameterstufen untersucht. Dieses Experiment wurde im Rahmen der WorldPM22-Konferenz in Lyon unter dem Titel „Impact of Printing Parameters on Green Density Homogeneity in Lithography-based Metal Manufacturing“ vorgestellt. Daraus resultierte die Einladung zu einem Vortrag im Expertenkreis additive Fertigung im Ausschuss für Pulvermetallurgie im kommenden März.

Außerdem wurde das gesamte Forschungsprojekt auf der HI-AM-Konferenz in Form eines Vortrags unter dem Titel „Lithography based Metal Manufacturing of Nickel Titanium Alloys“ vorgestellt.

Projekt REsolve

Ein Verbundvorhaben im Rahmen Forschung an Fachhochschulen in Kooperation mit Unternehmen (FH-Kooperativ) wurde in Zusammenarbeit mit der Hochschule Aalen, der Kolektor GmbH & Co. KG (Essen), der MIMplus GmbH & Co. KG (Ispringen) sowie der Clausing GmbH (Pforzheim) erfolgreich beantragt und gestartet. Das Projekt „Ultraeffizienzkonzept für die Wiederverwertung von Seltenerd magneten für Hochleistungsanwendungen in Elektromobilität, erneuerbare Energie und Digitalisierung“ (REsolve) wurde am 01.02.2021 gestartet und soll bis 31.01.2025 bearbeitet werden. Im Projekt wird ein Ultraeffizienzkonzept für die Wiederverwertung von Seltenerd magneten für Hochleistungsanwendungen in Elektromobilität, erneuerbarer Energie und Digitalisierung entwickelt.

Im Rahmen des Projekts wurden ein Partikelmessgerät und diverse Pulveraufbereitungsanlagen angeschafft.

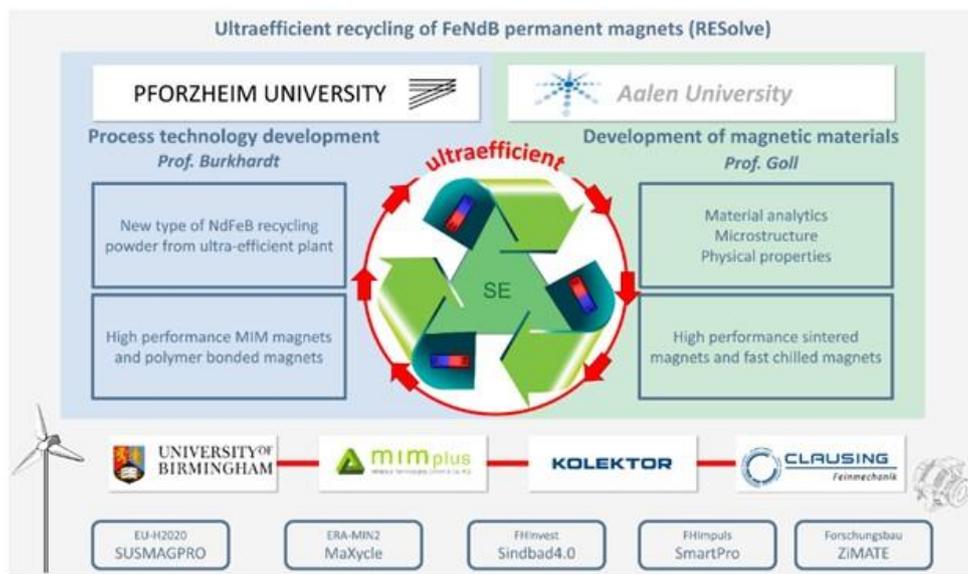


Abb. 2: Resolve-Projektstruktur

Es wurde ein nasschemischer Prozess entwickelt, wodurch die neodymreiche Phase von der hartmagnetischen Phase getrennt wird. Dies geschieht durch Auflösen der Nd-reichen Phase

in einer organischen Säure. Da sich die Nd-reiche Phase bevorzugt auflösen lässt, konnte ein Optimum bei den Prozessparametern Behandlungszeit und Säurekonzentration ermittelt werden. In der Abbildung 3 sind REM-Aufnahmen des Magnetpulvers nach den verschiedenen Prozessschritten abgebildet. Die End-of-Life-Magnete werden im sogenannten HPMS-Prozess (Hydrogen Processing of Magnetic Scrap) mit Wasserstoff zu Pulver zersetzt. Das Grobpulver wird gemahlen, um die Agglomerate aufzubrechen. An dem gemahlten Pulver sind feine Partikel zu erkennen, bei diesen handelt es sich um die Nd-reiche Phase, welche im nächsten Prozessschritt aufgelöst wird.

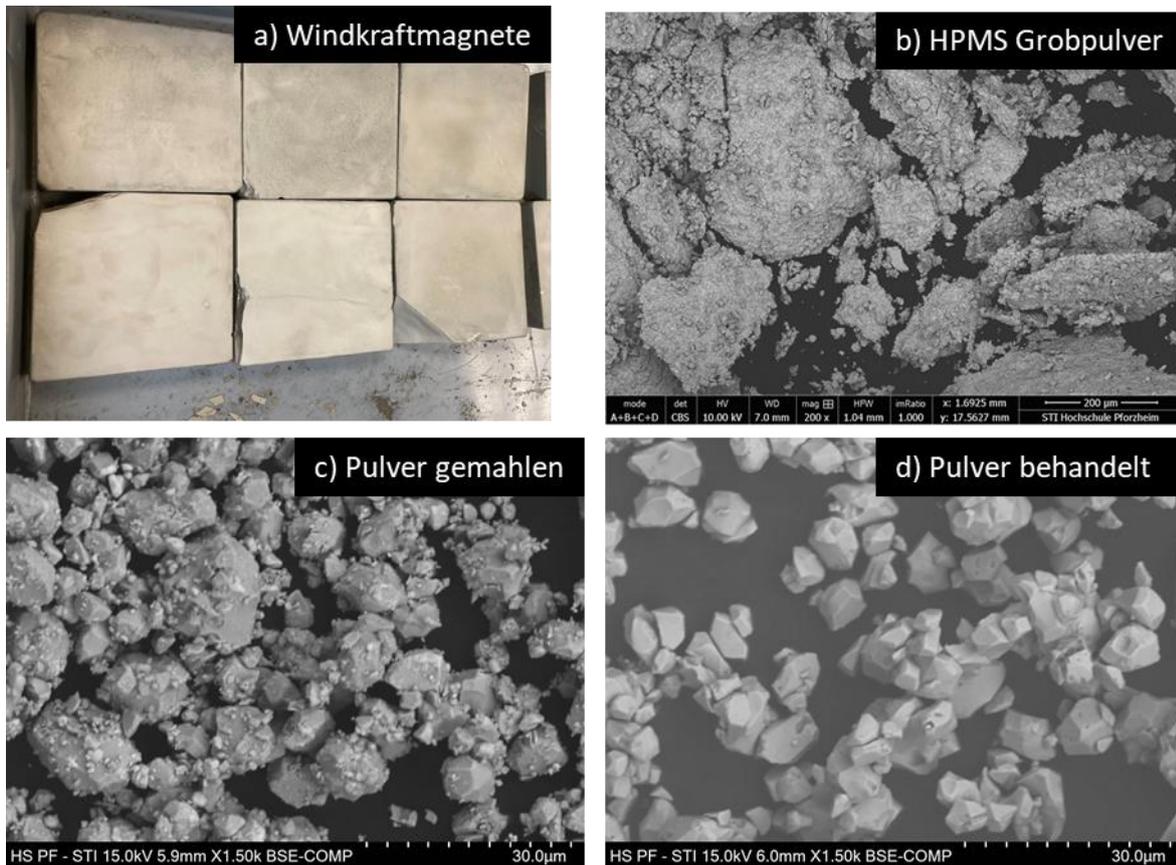


Abb. 3: Aufnahmen nach verschiedenen Prozessschritten: a) Foto sandgestrahlter Magnete, b) REM-Aufnahme Grobpulver nach HPMS, c) REM-Aufnahmen Pulver nach Kugelmahlen, d) REM-Aufnahme nach Säurebehandlung

Im weiteren Projektverlauf soll dieses Pulver verwendet werden, um neue Hochleistungsmagnete herzustellen. Hierbei werden verschiedene Methoden betrachtet. Zum einen sollen Sintermagnete mit Zugabe von neuem Neodym hergestellt werden. Um die Recycling-Effizienz zu optimieren, könnte das Nd aus der Säurelösung zurückgewonnen werden. Hierzu wurden erste Untersuchungen eingeleitet. Zudem soll eine neue niedrigschmelzende Legierung als Zweitphase entwickelt werden sowie das Pulver für kunststoffgebundene Magnete verwendet werden.

In Zusammenarbeit mit dem Jožef Stefan Institute (Slowenien) als assoziiertem Partner wird eine Promotion durchgeführt.

Projekt INSPIRES

Im Regional Innovation Scheme (RIS) des EIT-RawMaterial-Programms der EU wurde das Projekt „Intelligent and Sustainable Processing of Innovative Rare-Earth magnets“ (INSPIRES) bewilligt. Das Projekt zielt darauf ab, seltene Erden innerhalb der EU beim Recycling von Permanentmagneten aus Haushaltsgeräten zurückzugewinnen. Im Projekt sollen Methoden für die nachhaltige Gewinnung und das Recycling sowie die Verwendung von recycelten Magneten in neuen Motoren im industriellen Maßstab, am Beispiel des regionalen Industrieraums Slowenien, optimiert werden.



Abb. 4: Regionale Kreislaufwirtschaft im Regional Innovation Scheme (RIS) INSPIRES

Dafür werden umfangreiche Sammlungen an Haushaltsgeräten, E-Rollern und Elektrowerkzeugen demontiert und auf ihren Magnetgehalt untersucht. Die magnethaltigen Teile wie z.B. Rotoren werden daraufhin auf ihre Recyclingfähigkeit geprüft. Dabei werden Demontagemethoden mit verschiedenen (Motor-)Konstruktionen sowie Separationsmethoden mit verschiedenen Magnetbeschichtungen erprobt, um möglichst sauberes Magnetpulver herzustellen. Die Ergebnisse dieser Analysen werden durch die im Projekt mitarbeitenden Hersteller aufgegriffen und zwecks besserer Recyclebarkeit wenn möglich umgesetzt. Recyclingunternehmen im Projekt nutzen die Erkenntnisse aus den Demontageversuchen, um Magnetschrottquellen zukünftig zuverlässig lokalisieren zu können und die Möglichkeiten zur ökonomischen und ökologischen Verarbeitung bestmöglich auszuschöpfen. Die Herstellung und Prüfung von recycelten Magnetpulvern und daraus hergestellten polymergebundenen Magneten erprobt die erarbeiteten Prozesse und bereitet die Projektpartner auf eine kommerziell skalierte Produktion in Zukunft vor. Slowenien ist als eine der führenden Nationen bei der Forschung und Verarbeitung von Magneten ein hervorragendes Zentrum für das „Regional Innovation Scheme“ und wird dabei von verschiedenen Forschungsinstituten aus Europa unterstützt.

Das Projekt hat eine Laufzeit vom 01.03.21 bis 28.02.2024. Projektpartner sind das Centre for European Policy Studies (CEPS) (Belgien), National Research Council (Italien), Domel, Elektromotorji in gospodinjski aparati, d.o.o (Slowenien), Gorenje gospodinjski aparati, d.o.o (Slowenien), Jožef Stefan Institute (Slowenien), KOLEKTOR KFH, Pogonski sistemi in komponente d.o.o (Slowenien), Hochschule Pforzheim (Deutschland), Surovina družba za predelavo odpadkov d.o.o (Slowenien), Technical University of Denmark (Dänemark), ZEOS, ravnanje z

električno in elektronsko opremo, d.o.o.(Slowenien) und das Spanish National Research Council (Spanien) als Koordinator.

Im Rahmen des Projekts wurde ein Kohlenstoffanalysegerät angeschafft. In Zusammenarbeit mit der Universität Ljubljana wird ein Promotionsvorhaben durchgeführt.

Projekt SUSMAGPRO

Im Forschungsförderungsprogramm Horizon2020 der Europäischen Union wurde das Projekt „Sustainable Recovery, Reprocessing and Reuse of Rare-Earth Magnets in a Circular Economy“ (SUSMAGPRO) fortgeführt, bei dem das STI die Projektkoordination innehat. Das Projekt hat eine Laufzeit vom 01.06.2019 bis 31.05.2023. Zusammen mit den Partnern B&C Speakers s.p.a (Italien), Bunting Magnetics Europe Limited (Großbritannien), Fotec Forschungs- und Technologietransfer GmbH (Österreich), Grundfos Holding AS (Dänemark), Inserma Anoa, S.L. (Spanien), Jožef Stefan Institute (Slowenien), Kolektor Magnet Technology GmbH (Slowenien), Less Common Metals Limited (Großbritannien), Magneti Ljubljana d. d. (Slowenien), MIMplus Technologies GmbH & Co. KG (Deutschland), Montanuniversität Leoben (Österreich), Rise Research Institutes of Sweden AB (Schweden), Steinbeis Innovation gGmbH (Deutschland), Stena Recycling International AB (Schweden), Universität Leiden (Niederlande), University of Birmingham (Großbritannien) und ZF Friedrichshafen AG (Deutschland) entwickelt das Projekt die Infrastruktur zur Rückgewinnung der vielen Tonnen Magnete, die bereits in Millionen von Geräten nach Europa eingeführt wurden, anstatt diese kritische Ressource am Ende des Produktlebenszyklus auf Deponien zu entsorgen oder in andere Teile der Welt zu exportieren. Die in 4 Pilotanlagen realisierten Aufbereitungswege decken die gesamte Wertschöpfungskette ab, von der robotergestützten Sortierung, Trennung und Magnet-/Legierungsherstellung bis hin zu neuen Permanentmagneten aus recyceltem Material.

Im Rahmen der Analyse wurden bisher über 150 verschiedene magnethaltige Anwendungen zerlegt und hinsichtlich Zerlegefreundlichkeit, Magnetqualität/chemischer Zusammensetzung, Recyclingattraktivität und vieler weiterer Parameter untersucht und klassifiziert (Abb. 5).



Abb. 5: Analyse von magnethaltigen Komponenten

Zur Auswertung wurde eine Datenbank entwickelt und mit den entsprechenden Daten gefüllt (Abb. 6). Die Ergebnisse bilden die Basis für die Magnetherstellung aus Recyclingmaterial und liefern wichtige Erkenntnisse für recyclinggerechtes Design.

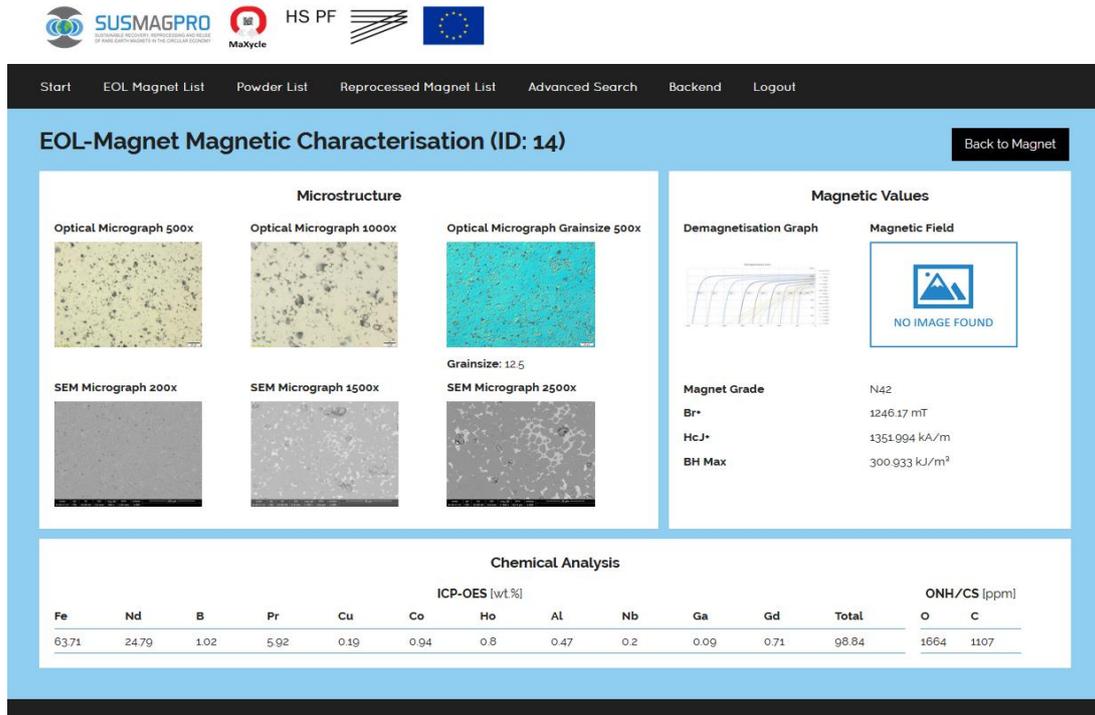


Abb. 6: Auszug aus der SUSMAGPRO Datenbank

Im Rahmen eines Life-Cycle-Assessments wurde eine Stoffstromanalyse für die EU durchgeführt, um die für das Magnetrecycling interessanten Anwendungen und Warenströme zu identifizieren (Abb. 7).

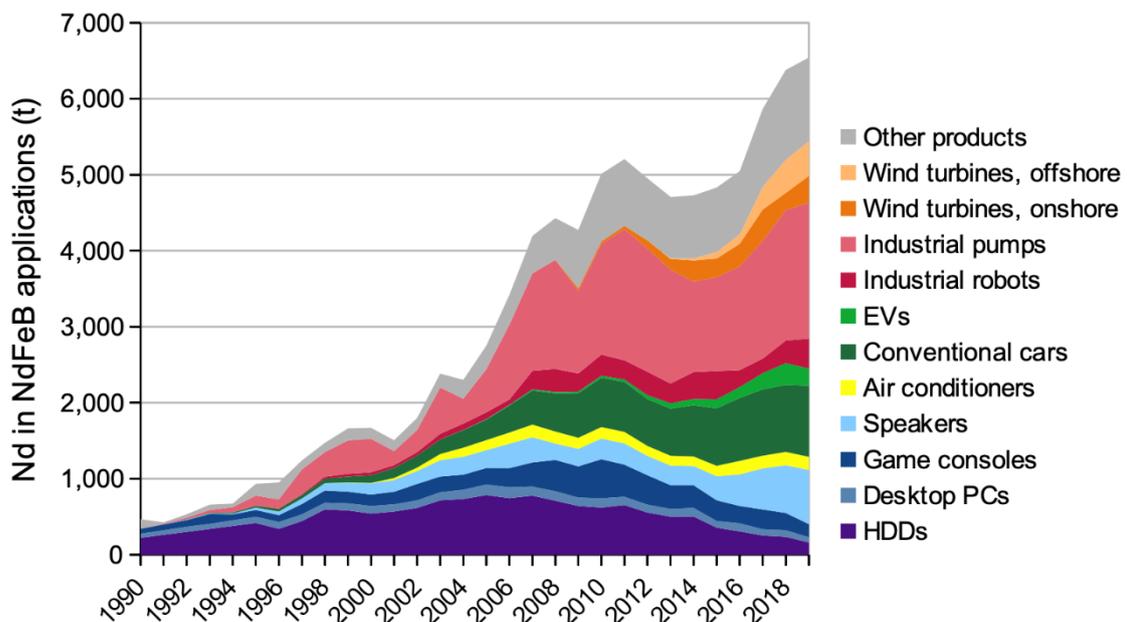


Abb. 7: Nd-Stoffströme in EU-28 (incl. Großbritannien)

Zur automatisierten Zerlegung von magnethaltigen Komponenten wurden anwendungsspezifische Pilotanlagen aufgebaut (Computerfestplatten aus Serverfarmen, Flachbildschirme, Rotoren von Elektromotoren und -generatoren). Zur Identifikation kommen im Projekt entwickelte Sensoren, Bilderkennungsprogramme und Automatisierungen zum Einsatz (Abb. 8 und 9).

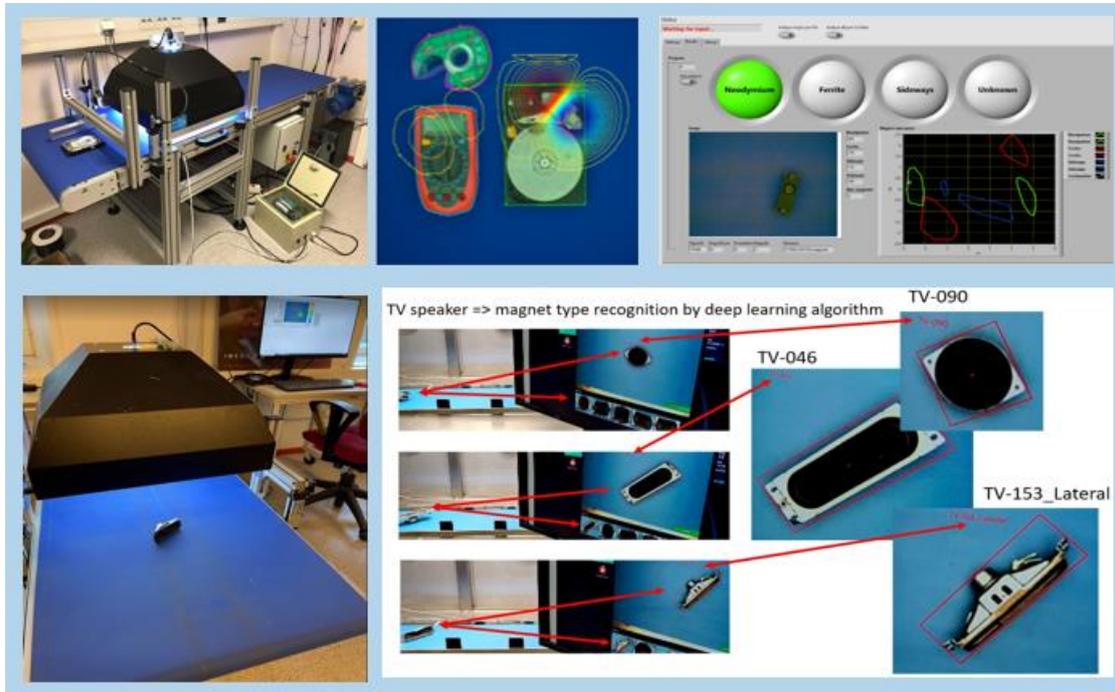


Abb. 8: Automatisierte Erkennung von magnethaltigen Lautsprechern in Flachbildschirmen



Abb. 9: Mobile Einheit zur automatisierten Extraktion von Magneten aus Computerfestplatten

Aus den extrahierten Magneten wurden gesinterte, polymergebundene und MIM-Magnete hergestellt. Hierbei konnten Recyclatmagnete mit vergleichbaren Eigenschaften zu Neumagneten hergestellt werden (siehe Abb. 10).

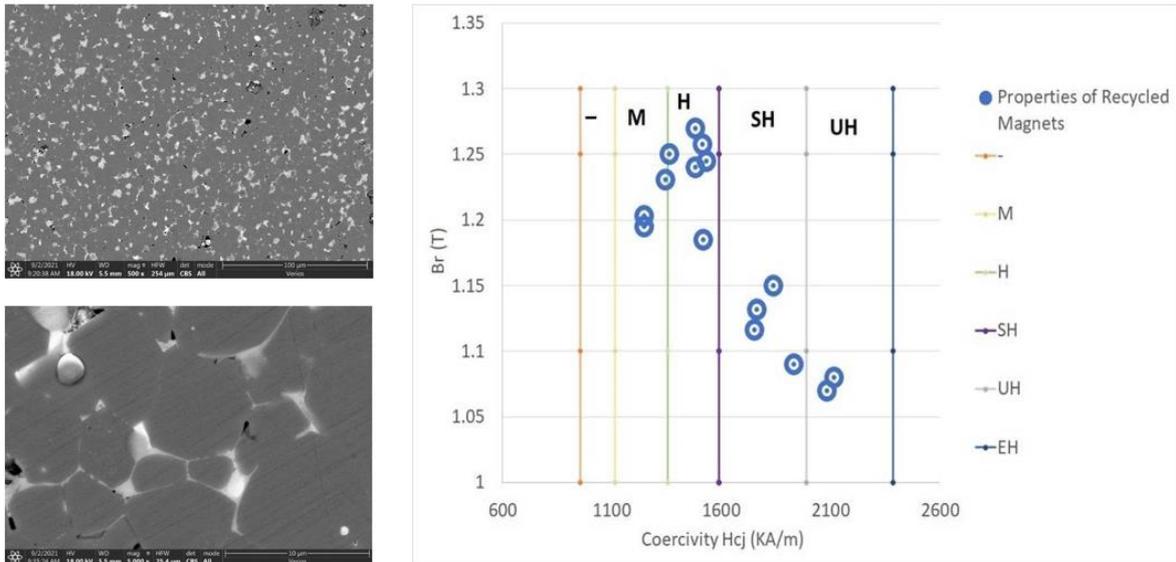


Abb. 10: Eigenschaften von gesinterten Recyclatmagneten

Die Magnete wurden in Lautsprecher-Demonstratoren eingebaut, in umfangreichen Audio- und Alterungsversuchen konnten keine Unterschiede zu Magneten aus Neumaterial festgestellt werden (siehe Abb. 11).

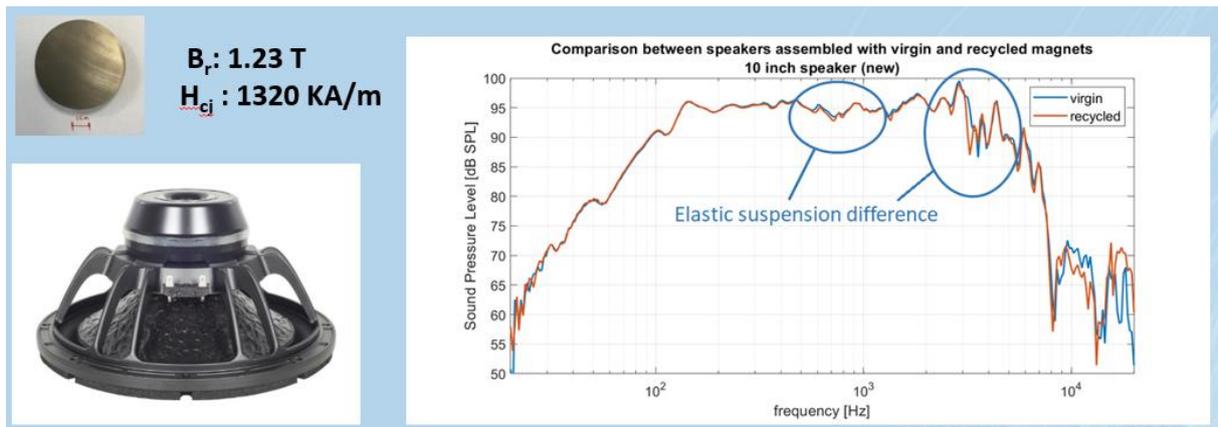


Abb. 11: Audioversuche an Lautsprechern mit Recyclatmagneten

Derzeit werden weitere Demonstratoren für Traktionsmotoren von E-Fahrzeugen, Heizungspumpen und Sensoren aufgebaut, bei denen auch polymergebundene und MIM-Magneten zum Einsatz kommen werden. Im Rahmen eines Promotionsvorhabens in Zusammenarbeit mit der Montanuniversität Leoben wird zudem ein neues Herstellungsverfahren für anisotrope, endkonturgetreue Permanentmagnete mittels Extrusion entwickelt (siehe Abb. 12).

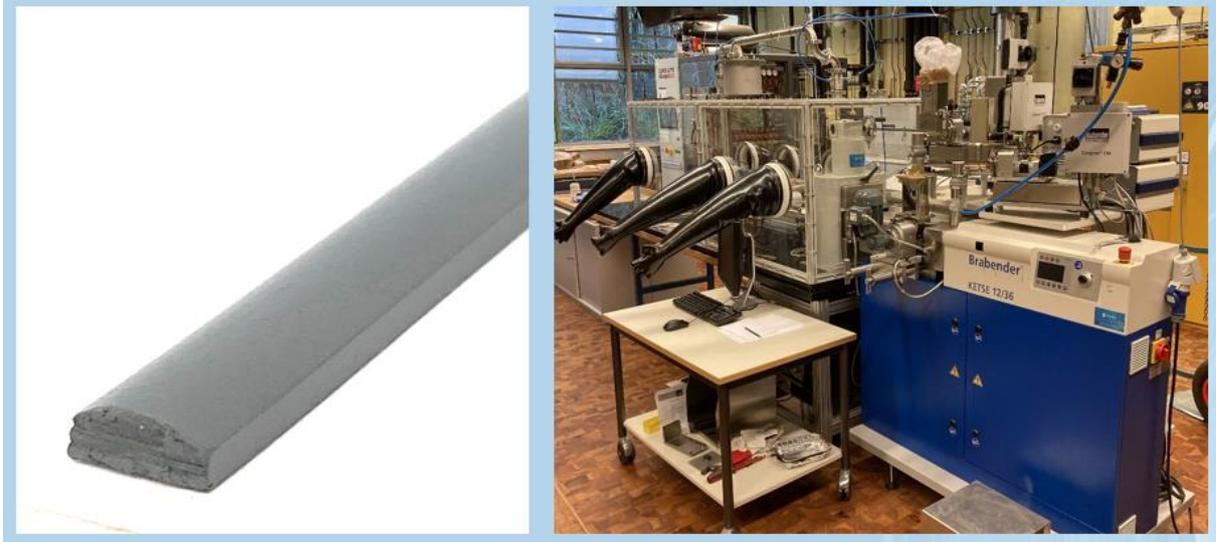


Abb. 12: neu entwickelte Extrusionsanlage zur Herstellung von anisotropen Permanentmagneten

Im Rahmen des Projekts wurden ein Magnetometer, ein Magnetpulser, ein Extruder zur Fertigung magnetischer Profile, eine OES-ICP sowie ein weiterer Sinterofen angeschafft, um die umfangreichen Projektaufgaben zu bewältigen. 2022 wurden im Rahmen von SUSMAGPRO zwei Studentenprojekte, eine Masterarbeit und eine Promotion betreut.

Das Projekt wurde im Rahmen der European Raw Materials Week 2022 im November 2022 als *HORIZON 2020 Success Story* ausgezeichnet.

Projekt REEsilience

Im HORIZON-EUROPE-Förderprogramm der EU wurde erfolgreich das Projekt „REEsilience“ beantragt. Im Projekt (Laufzeit: 01.07.2022 – 30.06.2026) wird ein Produktionssystem aufgebaut, das eine belastbare und nachhaltige Versorgungskette für RE als kritische Rohstoffe für Elektromobilität, erneuerbare Energien und andere strategische Sektoren in Europa mit geringerer Abhängigkeit von außereuropäischen Volkswirtschaften gewährleistet. Ein neu entwickeltes Software-Tool wird optimale Mischungsverhältnisse ermitteln, um eine gleichbleibend hohe Produktqualität mit einem Maximum an Sekundärstoffen für Hightech-Anwendungen zu gewährleisten. In Verbindung mit neuen und verbesserten Technologien für die Legierungsherstellung und die Pulveraufbereitung, insbesondere von Sekundärwerkstoffen, werden die Ausbeute und die Stabilität der Prozesse weiter verbessert, was eine weitere Erhöhung des Anteils von Sekundärwerkstoffen an der RE-PM-Produktion ermöglicht, während gleichzeitig Abfall, Umweltschäden und der Energieverbrauch im Zusammenhang mit der Herstellung von Neuware verringert werden. Derzeit finden die vorbereitenden Arbeiten (Mapping der Primär- und Sekundärquellen, Bewertung der ESG-Kriterien der Quellen (Ethics, Sustainability, Governance), Definition der Software-Anforderungen etc. statt, die erforderlich sind, um ein wettbewerbsfähiges Produktionssystem darzustellen.

Das Projekt wird vom STI der Hochschule Pforzheim koordiniert, das Konsortium besteht aus 19 europäischen Partnern: Steinbeis Europa Zentrum (Deutschland), University of Birmingham (Großbritannien), Jožef Stefan Institute (Slowenien), University of Leiden (Niederlande), Valeo EEM (Frankreich), Research Institute of Sweden RISE (Schweden), INSERMA ANOIA, S.L. (Spanien), Mkango Polska (Polen), Kolektor Group (Slowenien), Kolektor KFH (Slowenien), Kolektor ASCOM (Slowenien), Circularise (Niederlande), Bergakademie Freiberg (D), der STI Ausgründung HyProMag GmbH (D), Donau-Universität Krems (Österreich), Delft University (Niederlande), HyProMag Ltd (Großbritannien), Carester S.a.r.l. (Frankreich), der Rare Earth Industry Organisation REIA (Belgien) sowie den assoziierten Partnern Siemens Gamesa Renewable Energy (Dänemark) und SUEZ Recycling (Frankreich).

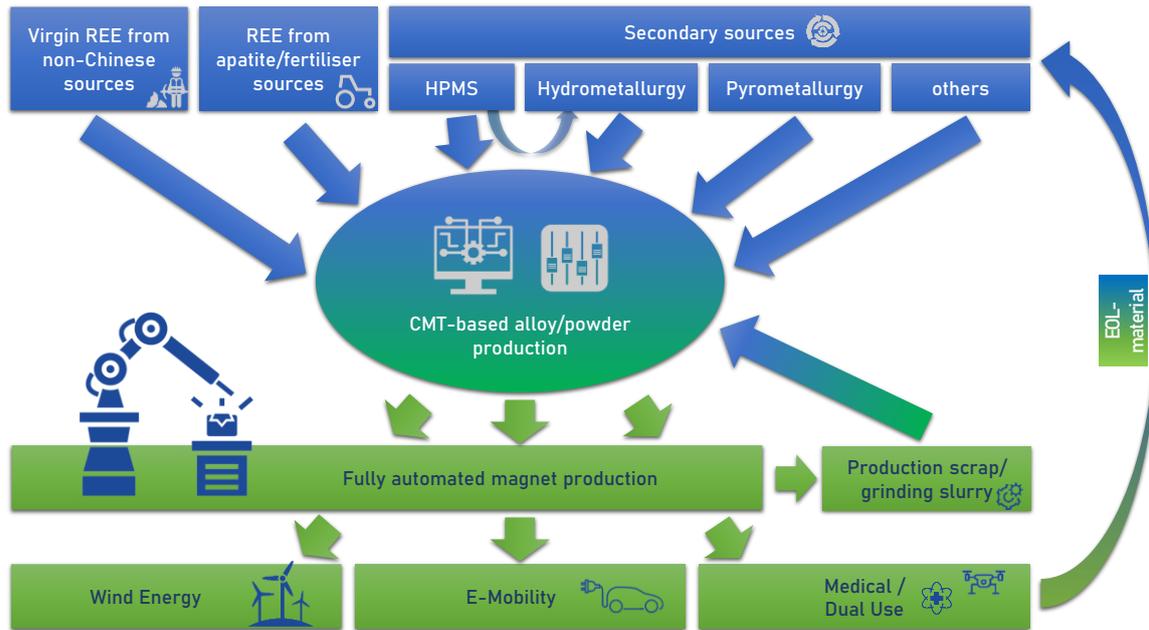


Abb. 13: REEsilience Materialflusskonzept

Aufgrund ihrer Expertise im Bereich der Kreislaufwirtschaft von Permanentmagneten auf Basis seltener Erden konnte die Institutsleitung einen erheblichen Beitrag zur Erstellung des European-Action-Plans „Rare Earth Magnets and Motors: A European Call for Action (siehe Kapitel Publikationen)“ der European Raw Material Alliance (ERMA) leisten.

Institutsleitung: Prof. Dr. Carlo Burkhardt

Weitere Informationen: www.hs-pforzheim.de/sti

1.2.6 Institut für Personalforschung – IfP

Das Institut für Personalforschung im Human Resources Competence Center (HRCC) an der Hochschule Pforzheim arbeitete auch im Jahr 2022 in Forschungsprojekten zu unterschiedlichen Themenbereichen.

Im **Themenbereich Agilität und Innovation** agierte das IfP weiterhin gemeinsam mit dem Institut für Industrial Ecology (INEC, Prof. Dr. Claus Lang-Koetz) im Forschungsprojekt „Selbstorganisiertes Innovationsmanagement im digitalen Zeitalter“ (InnoDiZ). Das Projekt wurde im Rahmen des Förderprogramms „Zukunft der Arbeit“ als Teil des Dachprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfond gefördert (FKZ 02L17C50). Details zum Projektverbund können der Website des Projekts entnommen werden (www.innodiz.com). Projektbeteiligte am IfP waren Prof. Dr. Stephan Fischer und Dr. Sabrina Weber. Das dreijährige Forschungsprojekt endete am 31.12.2021. Im Fokus für das abgelaufene Jahr 2022 stand die weitere Verwertung der wissenschaftlichen Ergebnisse. Die Ergebnisse wurden dabei gemeinsam mit den Kolleginnen und Kollegen des INEC sowohl für den wissenschaftlichen Diskurs als auch für die anwendungsorientierte Praxis publiziert.

Im **Themenbereich Rekrutierung und Bindung** stand im abgeschlossenen Jahr 2022 das Projekt EmokiS „**Emotionale Mitarbeiter*innenbindung im Evangelischen Kirchenkreis Stuttgart**“ im Fokus. Projektbeteiligte am IfP sind Prof. Dr. Stephan Fischer und Dr. Sabrina Weber. Das Projekt verfolgt einen quantitativen und qualitativen Ansatz, um einen möglichst großen Erkenntnisgewinn zu gewährleisten, und ist in zwei Projektphasen unterteilt. In Phase 1 lag der Schwerpunkt der Arbeit auf neuen Formen der Personalbindung im Bereich der Kindertageseinrichtungen des Evangelischen Kirchenkreises Stuttgart. Hierdurch sollen die Mitarbeiter*innenzufriedenheit und letztlich auch die Qualität in den Einrichtungen (weiter) gesteigert werden. Im Projekt wurde die Fluktuation der letzten drei Jahre analysiert und es erfolgte eine quantitative Untersuchung des affektiven und normativen Commitments der Fachbeschäftigten. Es haben ca. 300 pädagogisch Beschäftigte aus dem evangelischen Kirchenkreis an der Befragung teilgenommen. Das sind ca. 30% aller pädagogisch Beschäftigten in den Kindertageseinrichtungen des Evangelischen Kirchenkreises Stuttgart. Gut ein Viertel der Befragten arbeitet schon mindestens 20 Jahre beim Träger; knapp ein weiteres Viertel zwischen einem Jahr und unter fünf Jahren und gut ein weiteres Fünftel mindestens 5 Jahre, aber weniger als 10 Jahre.

Erste vorläufige deskriptive Auswertungen zum Commitment, zur Arbeitszufriedenheit und zur Fluktuationsabsicht zeigen folgendes Bild: Das Commitment der Mitarbeitenden wurde einmal in Bezug auf den Beruf und einmal in Bezug auf den Träger erfragt. Erste Mittelwert-Indizes zu den drei Formen des Commitment zeigen, dass die Werte für den Beruf jeweils höher liegen als zum Träger. Die Werte für das affektive Commitment sind dabei am höchsten (vgl. Abb. 1). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es den Befragten weniger wichtig ist, bei welchem Träger sie arbeiten, so lange sie in ihrem Beruf tätig sein können.

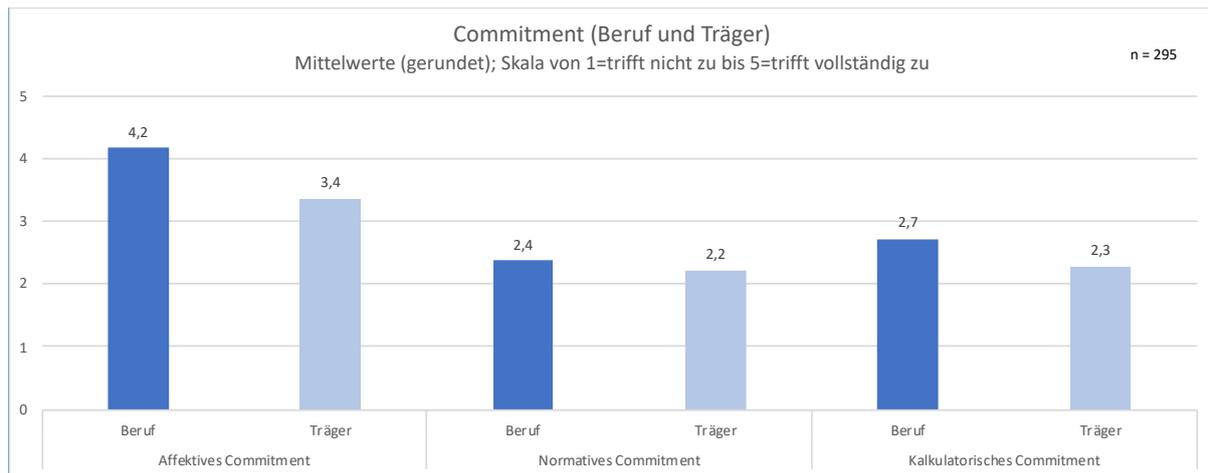


Abb. 1: Commitment gegenüber Beruf und Träger. Quelle: eigene Darstellung (Hochschule Pforzheim)

Betrachtet man die Ergebnisse zur Arbeitszufriedenheit so fällt auf, dass die Zufriedenheit mit dem Gehalt am niedrigsten ist; dies ist aufgrund der im Berufsfeld vorhandenen Vergütungsstrukturen wenig überraschend. Für die weitere Maßnahmenentwicklung im Blick zu behalten ist sicherlich, dass der zweitniedrigste Wert bei den Entwicklungsmöglichkeiten zu finden ist, während Team und Arbeitstätigkeit die höchsten Zufriedenheitswerte erreichen (vgl. Abb. 2).

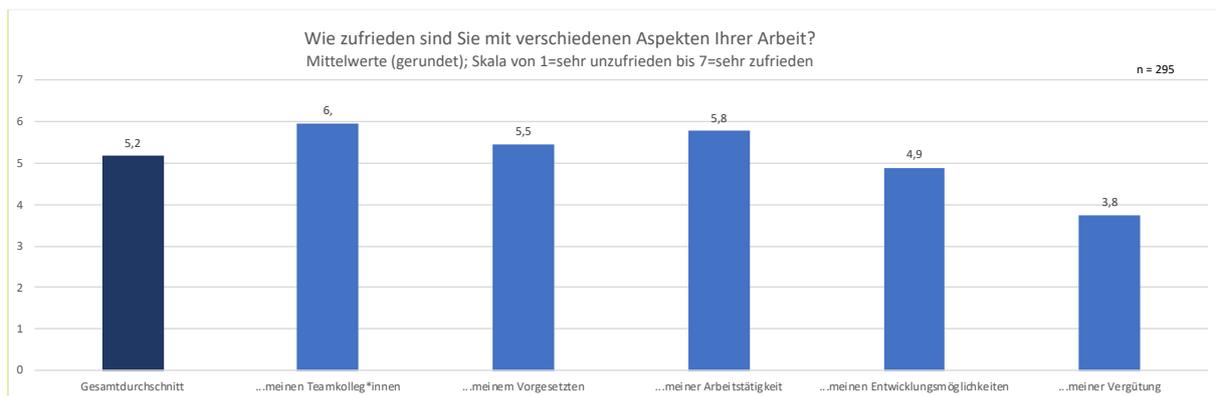


Abb. 2: Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten der Arbeit. Quelle: eigene Darstellung (Hochschule Pforzheim)

Abschließend kann noch ein Blick auf deskriptive Ergebnisse zu den Fluktuationsabsichten bzw. zur Wechselbereitschaft der Befragten geworfen werden. Die Befragten wurden hier gebeten, über einen Schieberegler anzugeben, für wie wahrscheinlich sie drei Aussagen zur Wechselbereitschaft halten. Im arithmetischen Mittel wählten die Befragten mit rund 40% Wahrscheinlichkeit aus, in den nächsten Jahren zu einem anderen Träger zu wechseln. Für einen Wechsel innerhalb des Trägers lag dieser Wert bei 33%. Dies könnte womöglich ein Hinweis darauf sein, dass ein trägerinterner Arbeitsmarkt nicht besteht, nicht ausreichend bekannt ist oder nicht in Erwägung gezogen wird. Für die Aussage zum Wechsel in ein anderes Berufsfeld wurde im Mittel eine Wahrscheinlichkeit von knapp 38% ausgewählt (vgl. Abb. 3).

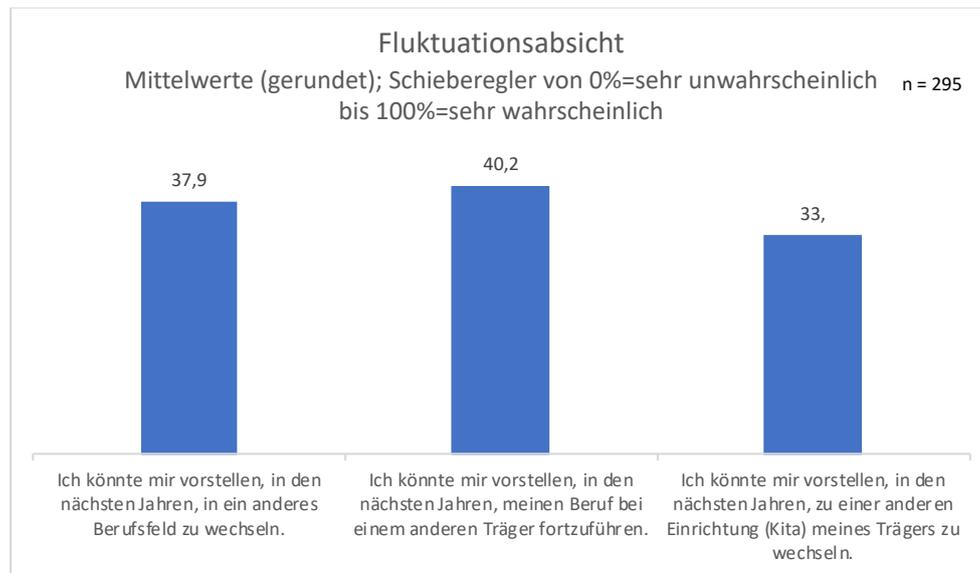


Abb. 3: Fluktuationsabsicht. Quelle: eigene Darstellung (Hochschule Pforzheim)

Neben der quantitativen Analyse wurden die bestehenden Anreize des internen Personalmarketings (als Indikator für die Arbeitgebermarke) gesichtet und erste inhaltliche Entwicklungsfelder auf Basis der einschlägigen Literatur und vorhandener empirischer Daten aus anderen Studien erarbeitet. Schließlich wurden über qualitative Interviews mögliche Anreize für eine Verstärkung des affektiven und normativen Commitments bei den Fachbeschäftigten exploriert. Für mögliche Entwicklungsfelder – *Stärkung* von Angeboten, *Überprüfung/Anpassung* von Angeboten, *Entwicklung* neuer Angebote – für den Evangelischen Kirchenkreis Stuttgart ergeben sich bislang vorläufige erste Überlegungen:

1. **Teams stärken** (z.B. Maßnahmen mit Freizeitcharakter; Teamzeit für konzeptionelle Arbeit)
2. **Weiterentwicklung fördern** (z.B. Angebote für Fachkräfte und/oder Führungskräfte)
3. **Familienfreundlichkeit verankern** (z.B. Arbeitszeitmodelle; Belegplätze; Familienservices)
4. **Gesundheit leben** (Angebote und konkrete Maßnahmen, z.B. Ergonomie)
5. **Zufriedenheit steigern** (keine Befristungen; Wertschätzung durch MA-Gespräche; Verbesserungsvorschläge gut erfassen; Vernetzungsangebote)
6. **Nachwuchs fördern** (z.B. Verbesserung des Onboardings; vermehrte Angebote/Kooperationen für Praktika, Ausbildungen, FSJ, BFD; Angebote speziell für Azubis/PIA, Zeit für Anleitung(sgespräche); Vertretungskräfte wertschätzen)
7. **Digitale Welt öffnen** (z.B. Angebote zum Umgang mit und Einsatz von digitalen Medien und Mediennutzung bei Kindern; digitale Angebote (Gesundheit, Vernetzung, Kurzimpulse); Kommunikationskanäle prüfen)

Aufgrund der erreichten Projektziele in Teilprojekt 1 (Ergebnisse der Befragung und der Interviews sowie die Auswertung der Fluktuationsquoten) wurde Teilprojekt 2 beauftragt: Dabei geht es um die konkrete inhaltliche Ausgestaltung von Maßnahmen und Angeboten für Mitarbeitende. Das Projekt wurde zudem bis zum 31.05.2023 verlängert und entsprechend durch zusätzliche Mittel weiter finanziert.

Im **Themenbereich New Learning** startete im September 2022 das von Prof. Dr. Anja Schmitz geleitete Projekt New Learning@DB. Das Projekt wird in Kollaboration mit Dr. Julian Decius (Researcher und Leiter des Arbeitsgebiets Organisationspsychologie der Universität Bremen)

und Prof. Dr. Timo Kortsch (Denkverstärker) durchgeführt. Es hat eine Laufzeit von 10 Monaten und endet am 30.06.2023. Im Rahmen des Projektes soll in zwei Studien untersucht werden, wodurch neue Lernformen (z.B. Blended Learning, digital unterstütztes Lernen, informelles Lernen) im organisationalen Kontext beeinflusst werden und wie diese gefördert werden können. Insbesondere soll dabei die Sicht der gewerblichen Mitarbeitenden erfasst werden. Hierzu sollen quantitative Fragebogenerhebungen (Selbsteinschätzung), qualitative Interviews sowie eine quasiexperimentelle Vergleichsstudie unterschiedlicher Trainingsvarianten genutzt werden.

Das Projekt hat folgende Ziele:

- Entwicklung neuer Erhebungsinstrumente für den Blue-Collar-Bereich zur Untersuchung komparativer Trainingswirksamkeit
- Ermittlung von Einflussfaktoren auf den Blue-Collar-Bereich beim New Learning bzw. digitalen Lernen
- Beitrag zur Schließung der aktuell bestehenden Forschungslücke zum digitalen und selbstgesteuerten Lernen im Blue-Collar-Bereich

Als erste Arbeitspakete wurden das Untersuchungsdesign spezifiziert und die Erhebungsinstrumente für die geplante Fragebogenstudie entwickelt: In der Fragebogenstudie wird in einem Untersuchungsmodell mit 2 Messzeitpunkten untersucht, wie sich die Erfüllung psychologischer Grundbedürfnisse auf Lernergebnisse auswirkt und wie dieser Zusammenhang durch individuelle und organisationale Variablen beeinflusst wird (Moderationseffekt). Diese Zusammenhänge werden mit Fokus auf gewerbliche Mitarbeitenden untersucht, um die bisher bei dieser Zielgruppe bestehende Forschungslücke zu schließen.

Im Erhebungsinstrument wurden dabei Variablen spezifiziert und durch validierte Skalen operationalisiert, die folgende Untersuchungsbereiche abbilden:

- Erfüllung psychologischer Grundbedürfnisse/need satisfaction
- Lernergebnisse
- Individuelle Einflussvariablen
- Organisationale Einflussfaktoren

Im **Themenbereich industrielle Beziehungen/Arbeitsbeziehungen** ist das IfP am EU-Verbundprojekt „Health Risk Outlooks by Social Partners“ (HEROS) beteiligt. Das Verbundprojekt wird von 2021 bis 2023 von der Europäischen Kommission gefördert („Verbesserung des Kenntnisstandes im Bereich der Arbeitsbeziehungen“, VS/2021/0234). Koordiniert wird das Projekt an der Business School der Durham University (Großbritannien). Die weiteren Verbundpartner sind an der Linneaus University (Schweden), dem Institute of Public Affairs (Instytut Spraw Publicznych) (Polen) und der University of Warwick (Großbritannien) tätig. Die Projektleitung am IfP liegt bei Dr. Sabrina Weber.

Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz ist ein wichtiger Bereich der Politik der Europäischen Union (EU). Das Verbundprojekt HEROS untersucht die Beteiligung der Sozialpartner – Arbeitgeber bzw. Arbeitgeberverbände und Gewerkschaften – an Maßnahmen zur Verbesserung von Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz in zwei Branchen (Krankenhäuser, soziale Dienste mit einem Fokus auf Altenpflege) und in sechs Ländern (Deutschland, Großbritannien, Italien, Litauen, Polen, Schweden). Dabei wird auch die Koordination zwischen Ländern bzw. zwischen EU-Ebene und nationaler Ebene im branchenbezogenen Sozialdialog auf EU-Ebene in den Blick genommen. Ziel der qualitativen Studie ist es, effektive Wege zur Handhabung des Themas Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz, nicht zuletzt im Lichte der Erfahrungen im Zuge der Covid-19-Pandemie, zu identifizieren.

Das IfP wird im Verbundprojekt Sekundär- und Primärdaten auf EU-Ebene erheben und auswerten und die Länderfallstudie Deutschland durchführen. Weitere Aktivitäten umfassen u.a. die Koordination der Datenerhebungs- und -auswertungsstrategie, die Koordination der beiden Sektor-Fallstudien auf EU-Ebene sowie die Koordination der Integration von Länderebene und EU-Ebene bei der Datenerhebung und -auswertung. Das Jahr 2022 stand im Zeichen der Datenerhebung und -auswertung auf EU-Ebene und auf Länderebene. Hierbei wurde insbesondere auf qualitative Interviews mit Vertreterinnen und Vertretern von Gewerkschaften und Arbeitgeberverbänden und ergänzend mit weiteren Expertinnen und Experten zurückgegriffen. Im Herbst 2022 wurden erste Erkenntnisse aus den Interviews der sechs Länderfallstudien im Rahmen eines Online-Workshops mit einem Experten der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA) diskutiert.

Das Team des Instituts für Personalforschung (IfP)



**Prof. Dr.
Stephan Fischer**
Direktor



**Prof. Dr.
Cathrin Eireiner**
Stellv. Direktorin



**Prof. Dr.
Anja Schmitz**
Projektleiterin



**Prof. Dr.
Markus-Oliver Schwaab**
Projektleiter



**Prof. Dr.
Carsten Weber**
Projektleiter



Dr. Sabrina Weber
Projektleiterin
Akademische Mitarbeiterin

Institutsleitung: Prof. Dr. Stephan Fischer, Prof. Dr. Cathrin Eireiner (Stellvertreterin)

Weitere Informationen: www.institut-personalforschung.de oder www.hs-pforzheim.de/ifp

1.2.7 Institute for Human Engineering & Empathic Design – HEED

Seit Oktober 2016 agiert das von der Karl Schlecht Stiftung geförderte Institut HEED unter dem Dach des IAF. Mit der Berufung des Stiftungsprofessors Dr. Sven Schimpf, der seit März 2020 zum Team gehört, liegt ein Fokus des HEED auf Innovations- und Interdisziplinaritätsforschung. Im Juni 2020 wurde die Förderung des HEED durch die Karl Schlecht Stiftung um weitere fünf Jahre verlängert. Das Team des HEED umfasst acht Professor/-innen und vier Mitarbeiter/-innen.

Im folgenden Bericht werden die beiden Forschungsschwerpunkte (1.) Kreativität und Spiel (2.) sowie Innovation und Interdisziplinarität, die im Jahr 2022 am HEED maßgeblich bearbeitet worden sind, näher dargestellt.

1. Forschungsschwerpunkt: Kreativität und Spiel

Eine zentrale Forschungstätigkeit, die von HEED-Direktor Thomas Hensel in Zusammenarbeit mit diversen Kooperationspartnern durchgeführt wurde, widmet sich den Möglichkeitsbedingungen von Kreativität. Für das HEED-Credo „vom Hörsaal in die Werkstatt“ ist ein inspirierender Ort, an dem die multidisziplinären Teams empathisch zusammenarbeiten und ihre Kreativität entfalten können, von großer Wichtigkeit. Dementsprechend wurde begonnen, den Creative Space in der Östlichen Karl-Friedrich-Straße zu einem „Spielraum“ umzufunktionieren. Bestandteil dieses Spielraums ist eine weltweit einzigartige Sammlung von sogenannten Zündhilfen – Spielzeugen und Kreativitätswerkzeugen –, die historische Spielgaben von Friedrich Fröbel genauso wie zahlreiche Kartenspiele zu Innovationsmethoden oder das Noppensteinmodell „Burg Blaustein“ von BlueBrixx umfasst. Im Zentrum dieses Schwerpunktes stehen spielerische Praktiken, die durch Ausprobieren und Modellieren immer wieder neue Spielfelder eröffnen und so Neues und Unerwartetes hervorbringen.

Tagung zum Begriff des Spiels: *Homo faber ludens*

Nicht erst seit Friedrich Schillers berühmtem Diktum, dass „der Mensch [nur] spielt, wo er in voller Bedeutung des Worts Mensch ist, und er nur da ganz Mensch [ist], wo er spielt“, ist die kulturelle und soziale Bedeutsamkeit des Spiel(en)s allgemein anerkannt. Und länger schon werden in Feldern wie Ökonomie, Politik, Ingenieur- oder Naturwissenschaften Theorien und Praktiken des Spiel(en)s gedacht und angewandt. Die vom HEED und dem Lehrstuhl für Kunst- und Designtheorie an der Hochschule Pforzheim konzipierte und am 5. und 6. Mai ausgerichtete Tagung „Homo faber ludens“ versammelte renommierte Forscherinnen und Forscher, die sich aus kulturwissenschaftlicher Perspektive dem Thema ‚Spiel‘ widmen: unter anderem Natascha Adamowsky (Passau) („Playgrounds and Sandboxes – materiale Aufforderungen zum Spiel“), Hanns Christian Schmidt (Köln) („Homo Ludens, Homo Faber, Homo Lego: Klemmbausteine als Werk-Spiel-Zeug“), Anne Dippel (Jena) („Ludutopia. Elemente einer kulturwissenschaftlichen Spieltheorie“), Valentin Köberlein (Konstanz) („Mehr als ein Spiegel von Gesellschaft – Spielregeln und Spielweisen für eine Forschung an Gesellschaftsspielen“), Felix Raczkowski (Bayreuth) („Homo Ludens oder Homo Politicus? Herausforderungen für spielende Menschen im 21. Jahrhundert“), Larissa Kikol (Marseille) („Tollste Kunst – Kunst spielen“), Robert Eikmeyer (Pforzheim) („KUNST = Spiel Oder warum Dr. No mehr als ein Spaghetti-Mabuse ist“), Steffen Bogen (Konstanz) („Monopoly vs. Catan. Kontingenz vs. Arbitrarität“) und Thomas Hensel (Pforzheim) („Ars simia naturae. Martin Gerlachs Äffchen“). Abgerundet wurde die Tagung durch eine Lecture-Performance des Künstlers Jonathan Meese.



Abb. 1: Jonathan Meese bei seiner Lecture-Performance

https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/spieletagung_homo_faber_ludens

Veröffentlichung zum Thema:

Die Beiträge der Konferenz werden in der neu gegründeten Zeitschrift „Spiegelkabinett. Reflexionen der Designforschung“ veröffentlicht werden.

Wie kommt das Neue in die Welt? Das Beispiel „Ulmer Hocker“

Was haben eine Wanknutschäge, Platons Höhlengleichnis, ein Besenstiel und Max Bill gemeinsam? Antwort: Sie haben alle einen bedeutenden Anteil an der Herausbildung eines der berühmtesten Designklassiker des 20. Jahrhunderts. Kaum ein Gegenstand ist unscheinbarer als dieser und doch hat keiner mehr Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Die Rede ist vom sogenannten „**Ulmer Hocker**“.

Mit der von HEED-Direktor Thomas Hensel gemeinsam mit zwei Kolleg/-innen, Viktoria Heinrich und Martin Mäntele, kuratierten Ausstellung (8. Oktober 2021 bis 27. Februar 2022) „Der Ulmer Hocker: Idee – Ikone – Idol“ wurden die Möglichkeitsbedingungen von Kreativität auf ein singuläres Objekt bezogen untersucht. Im vergangenen Jahr ist eine von den drei Kurator/-innen verfasste Monografie entstanden, die unter Berufung vor allem auf die Akteur-Netzwerk-Theorie zehn Aktanten definiert, die an der Herausbildung des Ulmer Hockers als eines innovativen Möbelstücks, das Designgeschichte geschrieben hat, maßgeblich beteiligt waren (Kreativität, Technik, Ökonomie, Politik, Philosophie, Wissenschaft, Designtheorie, Kunst, Architektur, Möbel).

Veröffentlichung zum Thema:

Heinrich, Viktoria Lea; Hensel, Thomas; Mäntele, Martin: Der Ulmer Hocker. Idee – Ikone – Idol, Stuttgart: av edition, 2023 (328 S.) (im Druck – erscheint Feb. 2023) (<https://www.avedition.de/de/der-ulmer-hocker.-idee-ikone-idol/978-3-89986-360-4>).

Von den Anfängen des (Computer-)Spiels

Ein Schwerpunkt der Forschungsarbeit von HEED-Direktor Thomas Hensel liegt auf dem Computerspiel, insbesondere auf dessen Bildlichkeit. In einem (double blind peer reviewed) Aufsatz sucht er das Computerspiel in seiner medialen Einzigartigkeit und ästhetischen Bedeutsamkeit zu begreifen. Zu diesem Zweck wird mit der Figur des Schattens ein besonderer Aspekt freipräpariert, der das Computerspiel mit wegweisenden Anfängen abendländischer Kultur verknüpft, mit christlicher Religion, mit Philosophie und mit bildender Kunst.

Veröffentlichung zum Thema:

Hensel, Thomas: Das Computerspiel. Wie aus einer Kunst im Schatten die Kunst des Schattens wurde, in: Johannes Fromme/Ralf Biermann/Florian Kiefer (Hrsg.), Interdisziplinäre Einblicke in die Digital Game Studies, Leverkusen: Budrich, 2023 (im Druck).

2. Forschungsschwerpunkt: Innovation und Interdisziplinarität

Eine zentrale Forschungstätigkeit, die von HEED-Direktor Sven Schimpf in Kooperation mit verschiedenen Industriepartnern durchgeführt wurde, widmet sich interdisziplinären Innovationsaktivitäten unter der Hypothese, dass ambitionierte Innovationen zu einem wesentlichen Anteil an Schnittstellen entstehen – beispielsweise sowohl zwischen Disziplinen als auch zwischen Sektoren, gesellschaftlichen Schichten oder geografischen Regionen. Ambitionierte Innovationen werden dabei als Innovationen mit hohem Leistungszuwachs im Vergleich zu Referenzlösungen gesehen, auch bezeichnet als radikale Innovationen, wie von Richard Leifer im gleichnamigen Buch beschrieben, und vielfach mündend in disruptiven Veränderungen der Märkte.

Im Forschungsschwerpunkt Innovation und Interdisziplinarität stehen das System der interdisziplinären Innovationsaktivitäten in Unternehmen sowie das Verständnis einzelner Schnittstellen im Fokus – immer mit Blick auf den möglichen Mehrwert entlang des Innovationsprozesses sowie die damit verbundenen Herausforderungen und unterstützenden Ansätze.

Interdisziplinäre Innovationsaktivitäten in Unternehmen

Auf Basis der Grundhypothese, dass ein steigender Grad der Interdisziplinarität in Innovationsaktivitäten einen positiven Effekt auf den Leistungszuwachs von Innovationen im Vergleich zu Referenzlösungen bewirkt, liegt einer der Schwerpunkte darauf, die Rahmenbedingungen, Erfolgsfaktoren und Herausforderungen interdisziplinärer Innovationsaktivitäten in Unternehmen zu verstehen und zu unterstützen.

Die explorative Analyse zu den Zusammenhängen zwischen Interdisziplinarität und der erfolgreichen Durchführung von Innovationsprojekten wurde 2022 weiterentwickelt und zur Veröffentlichung im TIM Review angenommen.

Veröffentlichung zum Thema:

Schimpf, Sven; Weber, Hanno; Gerlach, Thomas (accepted for publication). „Enabling radical and potentially disruptive Innovations through interdisciplinarity: challenges and practices in industrial companies”. Technology Innovation Management Review

Bauhaus und Design Thinking

Das 100-jährige Jubiläum des Bauhauses im Jahr 2019 führte zu einer Welle akademischer Forschung, die sich zum Teil auf die weitere Analyse der dort entwickelten und verwendeten Methoden richtete. Heute erfährt Design Thinking auch in der Industrie und in der Wissenschaft große Aufmerksamkeit.

Die Zuordnung zu Methoden der Bauhaus-Bewegung im Design Thinking Prozess, der auf der R&D Management Konferenz 2021 als erste Version vorgestellt wurde, ist in diesem Kontext weiter bearbeitet worden und beim *International Journal of Technology Management* IJTM eingereicht.

Veröffentlichung zum Thema:

Schimpf, Sven; Kai Wussow; Mark Zeh (accepted for publication). „Back to the Roots and into the Future: applying Bauhaus Methodologies in Design Thinking“. *International Journal of Technology Management*

Roadmapping in der Praxis

2022 wurde die Praxisstudie Roadmapping aktualisiert, in Zusammenarbeit mit dem ifM Cambridge, dem MIT und TIM Consulting. Die Studie wurde erstmalig 2015 veröffentlicht, um den praktischen Einsatz von Roadmapping in Unternehmen zu untersuchen. Insbesondere die Methode des strategischen Roadmapping spielt eine essenzielle Rolle, um Transparenz zu Innovationsaktivitäten über unterschiedliche Unternehmensbereiche und Disziplinen zu schaffen. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse der Studie mit knapp 200 Teilnehmern ist für den Anfang 2023 vorgesehen.

Modellbasierte Produktentwicklung – Kundenbedürfnisse verstehen und tradierte Denkstile überwinden

Zum zweiten Forschungsschwerpunkt insbesondere der Interdisziplinarität, trägt die Forschungsarbeit von HEED-Direktor Werner Engeln bei, der eine Brücke schlägt zwischen Technik und Industriedesign in der Produktentwicklung.

Ausgangspunkt der Entwicklung technischer Produkte sind in den meisten Fällen die Anforderungen der Kundinnen und Kunden. Man geht davon aus, dass, wenn diese Anforderungen erfüllt werden, das Produkt auch erfolgreich im Markt sein wird. Das ist aber nicht zwangsläufig der Fall. Im Schnitt scheitern 75% der Produktneueinführungen, wie eigene Erfahrungen aber auch viele Untersuchungen zeigen.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurden zwei Aspekte betrachtet, die bisher nur wenig beachtet wurden: Wie objektiv können Anforderungen erfasst werden und wie objektiv werden diese von der Entwicklungsorganisation umgesetzt?

Betrachtet wurden die häufig genutzten Wege von Anforderungen in eine Entwicklungsorganisation.

- Kundeninnen/Kunden formulieren die Anforderungen selbst,
- Mittler (Beobachter) zwischen Kundeninnen/Kunden und Entwicklungsorganisation formulieren die Anforderungen,
- Beschreibung von Buyer Personas, sowie
- Personen aus der Entwicklungsorganisation beobachten Kundeninnen/Kunden und leiten daraus Anforderungen und erste Produktkonzepte ab.

Es zeigte sich, dass eine wirklich objektive Erfassung der Anforderungen nicht möglich ist. Und mit Blick hin zur Wissenschaftstheorie zeigt sich, dass eine objektive Umsetzung durch die Entwicklungsorganisation auch nicht wirklich möglich ist.

Folge sind dann Produkte, die bei den Kundinnen und Kunden keine Akzeptanz finden und am Markt ein Flop werden. Es wurde ein modellbasierter Ansatz zur Produktentwicklung in Form eines Regelkreises entwickelt, bei dem anhand von Modellen, die während des Entwicklungsprozesses erstellt werden, mit den Kundinnen und Kunden kommuniziert wird. Die Modelle besitzen mit fortschreitender Entwicklung immer mehr Attribute, die den Personen eine Wahrnehmung mit immer mehr Sinnen ermöglichen. Die in das Entwicklungshandeln eingebundenen Kundinnen und Kunden können so die in der Entstehung befindlichen Produkte mit immer mehr Sinnen wahrnehmen und den Entwicklerinnen und Entwicklern direkte Rückmeldung geben, ob damit ihre Bedürfnisse befriedigt werden oder aber nicht. So können Investitionen in die Entwicklung von Produkten vermieden werden, die am Ende im Markt doch keine Kundinnen/Kunden finden. Die entwickelten Produkte treffen mit Hilfe dieses Ansatzes zielgenauer die Bedürfnisse der Menschen und es steigt die Wahrscheinlichkeit für ein Unternehmen, mit den Produkten am Markt erfolgreich zu sein.

Institutsleitung: Prof. Dr.-Ing. Werner Engeln, Prof. Dr. phil. Thomas Hensel, Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf

Weitere Informationen: www.hs-pforzheim.de/heed

2 Personalia

2.1 Institut für Angewandte Forschung

Wissenschaftlicher Direktor	Prof. Dr. Thomas Greiner
Stellv. wissenschaftliche Direktorin	Prof. Dr. Rebecca Bulander
Forschungskoordinatorin	Dr. Monika Roller
Junior Forschungsreferentin	Iuliana Ancuța Ilie, M.A.

2.2 Persönliche Mitglieder des IAF

(1)	Prof. Dr. Tobias Brönneke	Wirtschaft und Recht
(2)	Prof. Dr. Ulrich Föhl	Wirtschaft und Recht
(3)	Prof. Dr. Rainer Gildeggen	Wirtschaft und Recht
(4)	Prof. Dr. Silke Helmerdig	Gestaltung
(5)	Prof. Dr. Jasmin Mahadevan	Technik
(6)	Prof. Dr. Ute Marx	Technik
(7)	Prof. Dr. Klaus Möller ²	Wirtschaft und Recht
(8)	Prof. Gabriele Naderer	Wirtschaft und Recht
(9)	Prof. Dr. Waldemar Pförtsch ³	Wirtschaft und Recht
(10)	Prof. Dr. Heiko Thimm	Technik
(11)	Prof. Dr. Jörg Tropp	Wirtschaft und Recht
(12)	Prof. Dr. Roland Wahl	Technik
(13)	Prof. Dr. Nadine Walter	Wirtschaft und Recht
(14)	Prof. Dr. Dirk Wentzel	Wirtschaft und Recht

² Im Ruhestand

³ Im Ruhestand

2.3 Fachinstitute und ihre Mitglieder

Institut für Industrial Ecology – INEC

(1)	Prof. Dr.-Ing. Frank Bertagnolli	Wirtschaft und Recht
(2)	Prof. Dr. Guy Fournier	Technik
(3)	Prof. Dr. Hendrik Lambrecht	Wirtschaft und Recht
(4)	Prof. Dr. Claus Lang-Koetz (Stellvertretender Leiter)	Wirtschaft und Recht
(5)	Prof. Dr. Mario Schmidt (Leiter)	Wirtschaft und Recht
(6)	Prof. Dr.-Ing. Nikolaus Thißen ⁴	Wirtschaft und Recht
(7)	Prof. Dr. Ingela Tietze	Wirtschaft und Recht
(8)	Prof. Dr. Tobias Viere	Wirtschaft und Recht
(9)	Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky	Technik

Institut für Smart Systems und Services – IoS³

(1)	Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach	Technik
(2)	Prof. Dr. Rebecca Bulander	Technik
(3)	Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath	Technik
(4)	Prof. Dr. Thomas Greiner (Leiter)	Technik
(5)	Prof. Dr. Alexander Hetznecker	Technik
(6)	Prof. Dr. Bernhard Kölmel (Stellvertretender Leiter)	Technik
(7)	Prof. Dr. Stefan Kray	Technik
(8)	Prof. Dr. Ansgar Kühn	Technik
(9)	Prof. Dr. Wolf-Henning Rech	Technik
(10)	Prof. Dr. Steffen Reichel	Technik
(11)	Prof. Dr. Guido Sand	Technik
(12)	Prof. Dr. Norbert Schmitz	Technik
(13)	Prof. Dr. Thomas Schuster	Wirtschaft und Recht
(14)	Prof. Dr. Sascha Seifert	Technik

⁴ Im Ruhestand

- | | | |
|------|------------------------|----------------------|
| (15) | Prof. Dr. Raphael Volz | Technik |
| (16) | Prof. Dr. Peter Weiß | Wirtschaft und Recht |

Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT

- | | | |
|-----|--|---------|
| (1) | Prof. Dr. Volker Biehl | Technik |
| (2) | Prof. Dr. Gerhard Frey (Stellvertretender Leiter) | Technik |
| (3) | Prof. Dr. Matthias Golle | Technik |
| (4) | Prof. Dr. Ulrich Heinen | Technik |
| (5) | Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Norbert Jost (Leiter) | Technik |
| (6) | Prof. Dr. Kai Oßwald | Technik |
| (7) | Prof. Dr. Tobias Preckel | Technik |
| (8) | Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky | Technik |

Institute for Smart Bicycle Technology – ISBT

- | | | |
|-----|---|---------|
| (1) | Prof. Dr.-Ing. Peter Heidrich | Technik |
| (2) | Prof. Dr.-Ing. Stefan Hillenbrand | Technik |
| (3) | Prof. Dr.-Ing. Peter Kohmann | Technik |
| (4) | Prof. Dr.-Ing. Ingolf Müller (Stellvertretender Leiter) | Technik |
| (5) | Prof. Dr.-Ing. Martin Pfeiffer | Technik |
| (6) | Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Wrede (Leiter) | Technik |

Schmucktechnologisches Institut – STI

- | | | |
|-----|------------------------------------|---------|
| (1) | Prof. Dr. Carlo Burkhardt (Leiter) | Technik |
|-----|------------------------------------|---------|

Institut für Personalforschung – IfP

- | | | |
|-----|--|----------------------|
| (1) | Prof. Dr. Cathrin Eireiner (Stellvertretende Leiterin) | Wirtschaft und Recht |
| (2) | Prof. Dr. Stephan Fischer (Leiter) | Wirtschaft und Recht |
| (3) | Prof. Dr. Anja Schmitz | Wirtschaft und Recht |
| (4) | Prof. Dr. Markus-Oliver Schwaab | Wirtschaft und Recht |

- | | | |
|-----|-------------------------|----------------------|
| (5) | Prof. Dr. Carsten Weber | Wirtschaft und Recht |
| (6) | Dr. Sabrina Weber | Wirtschaft und Recht |

Institute for Human Engineering & Empathic Design – HEED

- | | | |
|-----|--|----------------------|
| (1) | Prof. Dr. Felix Buchmann | Wirtschaft und Recht |
| (2) | Prof. Dr.-Ing. Werner Engeln (Leiter) | Technik |
| (3) | Prof. Dr. phil. Thomas Hensel (Leiter) | Gestaltung |
| (4) | Prof. Dr. Simone Huck-Sandhu | Wirtschaft und Recht |
| (5) | Prof. Dr. Claus Lang-Koetz | Wirtschaft und Recht |
| (6) | Prof. Dr. Jan Of | Gestaltung |
| (7) | Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf (Leiter) | Gestaltung |
| (8) | Prof. Dr. Andrea Wechsler | Wirtschaft und Recht |

4 Publikationen

4.1 Peer-Review-Publikationen (=59)

4.1.1 Beiträge aus Journals in Master Journal List (Clarivate) (=29)

1. **Antony, J.** & Klarl, T. (2022). Poverty and sustainable development around the world during transition periods. *Energy Economics*, 110, insg. 29 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106016>
2. Bartikowski, B., Gierl, H., Richard, M.-O. & **Fastoso, F.** (2022). Multiple mental categorizations of culture-laden website design. *Journal of Business Research*, 141, 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.11.076>
3. **Beck, H.**, Prinz, A. & van der Burg, T. (2022). The league system, competitive balance, and the future of European football. *Managing Sport and Leisure*, 39(3), insg. 24 Seiten. <https://doi.org/10.1080/23750472.2022.2137056>
4. **Bremser, K.** & Abraham, V. (2022). Exploring the influence of tourist ethnocentrism and risk perception on the hospitality and tourism industry. *EuroMed Journal of Business*, ahead of print, insg. 20 Seiten. <https://doi.org/10.1108/EMJB-09-2021-0137>
5. **Bremser, K.**, Crowley-Cyr, L., Abraham, V., Moreno-Martin, M. J. & Carreño, M. (2022). Application of the health belief model to explain public perceptions, travel intentions and actions during COVID-19: a sequential transformative design. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, 5(5), 865-885. <https://doi.org/10.1108/JHTI-12-2020-0235>
6. Crowley-Cyr, L., Gershwin, L.-a., **Bremser, K.**, Abraham, V., Moreno Martin, M. J., Carreño, M. & **Wüst, K.** (2022). Jellyfish risk communications: The effect on risk perception, travel intentions and behaviour, and beach tourism destinations. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 51(4), 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2022.03.002>
7. Fluchs, S., **Tastan, E.**, Mertens, M., Ritter, J., Horch, A., **Drath, R.**, & Fay, A. (2022). Security by Design für Automatisierungssysteme. Teil 1: Begriffsklärung und Analyse existierender Ansätze. *atp magazin*, 63(9), 54-62. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i9.2620>
8. Fluchs, S., **Tastan, E.**, Mertens, M., Ritter, J., Horch, A., **Drath, R.** & Fay, A. (2022). Security by Design Decisions für Automatisierungssysteme. Teil 2: Konzept für die Integration von Security-Entscheidungen. *atp magazin*, 63(11-12), 48–58. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i11-12.2643>
9. Hoffmann, M. W., **Drath, R.** & **Hildebrandt, G.** (2022). Business Model Canvas für die Promotion. *Bessere Wissenschaftskommunikation für Doktoranden und Betreuer im Ingenieursumfeld*. *atp magazin*, 63(11-12), 85-93. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i11-12.2614>
10. Höfling, T. T. A., Alpers, G. W., Büdenbender, B., **Föhl, U.** & Gerdes, A. B. M. (2022). What's in a face: Automatic facial coding of untrained study participants compared to standardized inventories. *PLoS ONE*, 17(3), insg. 16 Seiten. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263863>
11. **Hottenroth, H.**, Sutardio, C., Weidlich, A., **Tietze, I.**, Simon, S., Hauser, W., Naegler, T., Becker, L., Buchgeister, J., Junne, T., Lehr, U., Scheel, O., Schmidt-Scheele, R., Ulrich, P. & **Viere, T.** (2022). Beyond climate change. Multi-attribute decision making for a sustainability assessment of energy system transformation pathways. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, insg. 24 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111996>
12. Huber, D., **Viere, T.**, **Horschutz Nemoto, E.**, **Jaroudi, I.**, **Korbee, D.** & **Fournier, G.** (2022). Climate and environmental impacts of automated minibuses in future public transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102, insg. 13 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103160>

13. Kaya, A. C., **Frömert, J.**, **Jost, N.** & Fleck, C. (2022). Micro and nano damage observations of martensitic and austenitic open cell cast foams. *Materials Science and Engineering: A*, 860(3), 144253, insg. 11 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2022.144253>
14. Keil, M., **Viere, T.**, Helms, K. & Rogowski, W. (2022). The impact of switching from single-use to reusable healthcare products: a transparency checklist and systematic review of life-cycle assessments. *European Journal of Public Health*, insg. 8 Seiten. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac174>
15. Köhler, J., Dönitz, E. & **Schätter, F.** (2022). Transitions for ship propulsion to 2050: The AHOY combined qualitative and quantitative scenarios. *Marine Policy*, 140(6), insg. 12 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105049>
16. **Kraus, P.**, Stokes, P., Tarba, S. Y., Rodgers, P., Dekel-Dachs, O., **Britzelmaier, B.** & Moore, N. (2022). The ambidextrous interaction of RBV-KBV and regional social capital and their impact on SME management. *Journal of Business Research*, 142, 762–774. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.047>
17. **Leroch, M.** (2022). Market power and journalistic quality. *European Journal of Law and Economics*, 53, 109-124. <https://doi.org/10.1007/s10657-021-09714-5>
18. **Maurer, R.** (2022). Price Levels in the European Monetary Union: Even Tradables Follow Independent Random Walks. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 81, insg. 36 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2022.101654>
19. Naegler, T., Buchgeister, J., **Hottenroth, H.**, Simon, S., **Tietze, I.**, **Viere, T.** & Junne, T. (2022). Life cycle-based environmental impacts of energy system transformation strategies for Germany: Are climate and environmental protection conflicting goals? *Energy Reports*, 8, 4763–4775. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.03.143>
20. Pak, A., **Reichel, S.** & Burke, J. (2022). Machine-Learning-Inspired Workflow for Camera Calibration. *Sensors*, 22(18), insg 24 Seiten. <https://doi.org/10.3390/s22186804>
21. Park, J., Kim, J., Lee, D. C., Kim, S. S., Voyer, B. G., Kim, C., Sung, B., Gonzalez-Jimenez, H., **Fastoso, F.**, Choi, Y. K. & Yoon, S. (2022). The impact of COVID-19 on consumer evaluation of authentic advertising messages. *Psychology & Marketing*, 39(1), 76-89. <https://doi.org/10.1002/mar.21574>
22. **Reischl, A.**, **Weber, S.**, **Fischer, S.** & **Lang-Koetz, C.** (2022). Contextual Ambidexterity: Tackling the Exploitation and Exploration Dilemma of Innovation Management in SMEs. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 19(2), insg. 29 Seiten. <https://doi.org/10.1142/S0219877022500067>
23. **Rögele, S.**, Rilling, B., Apfel, D. & Fuchs, J. (2022). Sustainable development competencies and student-centered teaching strategies in higher education institutions: the role of professors as gatekeepers. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(6), 1366–1385. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2021-0069>
24. **Schmidt, J.**, **Grau, L.**, **Auer, M.**, Maletz, R. & **Woidasky, J.** (2022). Multilayer Packaging in a Circular Economy. *Polymers*, 14(9), insg. 25 Seiten. <https://doi.org/10.3390/polym14091825>
25. **Schmidt, M.**, Nill, M. & Scholz, J. (2022). Determining the Scope 3 Emissions of Companies. *Chemical Engineering & Technology*, 45(7), 1218–1230. <https://doi.org/10.1002/ceat.202200181>
26. Schmidt-Scheele, R., Hauser, W., Scheel, O., Minn, F., Becker, L., Buchgeister, J., **Hottenroth, H.**, Junne, T., Lehr, U., Naegler, T., Simon, S., Sutardhio, C., **Tietze, I.**, Ulrich, P., **Viere, T.** & Weidlich, A. (2022). Sustainability assessments of energy scenarios: citizens' preferences for and assessments of sustainability indicators. *Energy, Sustainability and Society*, 12(41), insg. 23 Seiten. <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00366-0>

27. **Thimm, H.** & Rasmussen, K. B. (2022). A multi-perspective exploration of the environmental website disclosure in global manufacturing. *Business Strategy and the Environment*, insg. 20 Seiten. <https://doi.org/10.1002/bse.3214>
28. Treick, A., **Woidasky, J.** & **Lang-Koetz, C.** (2022). Object Identification Technologies as Key Enabler for Circular Business Models. *Chemie Ingenieur Technik*, 94(4), 479–492. <https://doi.org/10.1002/cite.202100107>
29. **Walter, N.**, Asgari, O. & **Cleff, T.** (2022). What role does the brand play? Measuring the impact of customer-based brand equity on the selection of MBA programs at Dutch business schools. *Journal of Marketing for Higher Education*, 6(1), insg. 23 Seiten. <https://doi.org/10.1080/08841241.2022.2048430>

4.1.2 Beiträge aus Journals in AG IV-Liste (=13)

30. **Bauer, P.**, Motsch-Eichmann, N., Schmeer, S., Mehl, K., **Müller, I.** & Hausmann, J. (2022). Hybrid Thermoset-Thermoplastic Structures: An in-depth study on plasma pretreated continuous fiber-reinforced epoxy specimens. *Composites Part C: Open Access*, 8, insg. 11 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2022.100281>
31. Berndt, T., **Lang-Koetz, C.** & Rummel, S. (2022). Circular Economy – Chance für Innovation. Eine Methode zur kreativen Entwicklung von Circular-Economy-Geschäftsmodellen. *Industrie 4.0 Management*, 2022(1), 33–36. https://doi.org/10.30844/I40M_22-1_33-36
32. **Binder, B.C.K.** (2021). DAX Companies in 2019, Financial Performance and their Women Quota on Supervisory and Management Boards. *European Accounting and Management Review*, 8(1), insg. 21 Seiten. <https://eamr-accid.eu/article-1-volume-8-issue-1/>
33. **Britzelmaier, B.**, Rommel, P., Schlosser, J.M. & Weidler, C. (2022). Green controlling in medium-sized companies in Baden-Württemberg: an insight view. *Global Business and Economics Review*, 26(3), 314-333. <https://doi.org/10.1504/GBER.2022.122387>
34. Cassier-Woidasky, A.-K., **Woidasky, J.**, Woidasky, I. & Niederste-Hollenberg, J. (2022). Herausforderungen umweltgerechter Entsorgung von Arzneistoffen im Krankenhaus. *Pflege & Gesellschaft*. 27(2), 167-184
35. Dieterle, M. & **Viere, T.** (2022). Life Cycle Gap Analysis for Product Circularity and Sustainability—a Case Study with Three Different Products. *Materials Circular Economy*, 4(12), insg. 8 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s42824-022-00055-5>
36. **Hatz, A.**, Jaklič, J. & **Morelli, F.** (2022). Human-Machine Collaboration in Decision-Making. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik*, 15, insg. 11 Seiten. <https://akwi.hswlu.ch/article/view/3338>
37. Issaoui, R., Rösch, C., **Woidasky, J.**, **Schmidt, M.** & **Viere, T.** (2021). Cradle-to-gate life cycle assessment of beneficiated phosphate rock production in Tunisia. *Sustainability Management Forum | NachhaltigkeitsManagementForum*, 29(2), 107–118. <https://doi.org/10.1007/s00550-021-00522-8>
38. **Maurer, R.** (2022). Ist ökologischer oder konventioneller Landbau besser für die Biodiversität? *Wirtschaftsdienst*, 102, 303–309. <https://doi.org/10.1007/s10273-022-3160-1>
39. **Morelli, F.** & **Blessing, N.** (2022). Application of Artificial Intelligence to improve Customer Understanding: Transformer based Topic Modeling in practice. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik*, 16, 84-98. <https://doi.org/10.26034/lu.akwi.2022.3411>

40. **Morelli, F. & Karkos, F.** (2022). Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Nutzung von Process Mining für die Auswahl und Anwendung von RPA-Lösungen zur Optimierung von Geschäftsprozessen. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik*, 16, 9-22. <https://doi.org/10.26034/lu.akwi.2022.3404>
41. **Rapp, S. & Morelli, F.** (2022). Serverlose Datenverarbeitung in der Cloud. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik*, 16, 76-83. <https://doi.org/10.26034/lu.akwi.2022.3401>
42. **Strottner, L. & Huck-Sandhu, S.** (2021). Mit Herz und Verstand: Rolle der internen Kommunikation für die Etablierung neuer Nachhaltigkeitsstrategien. *Sustainability Management Forum | NachhaltigkeitsManagementForum*, 29, 197-216. <https://doi.org/10.1007/s00550-021-00523-7>

4.1.3 Beiträge mit separatem Nachweis des Peer-Reviews (=17)

43. Becker, S. F. & **Huck-Sandhu, S.** (2022). Interne Kommunikation in inklusiven Organisationskulturen: Diversity Promotion, Gatekeeping, Agenda Setting. *ZDfm – Zeitschrift für Diversitätsforschung und -management*, 7(1), 98–102. <https://doi.org/10.3224/zdfm.v7i1.15>
44. **Fritz, B. & Schmidt, M.** (2021). An Ecological Analysis of the State-of-the-Art Refinery of High-Value Gold Scraps. *World of Metallurgy - ERZMETALL*, 75(2), 84-93.
45. Gierl, H., Bartikowski, B. & **Fastoso, F.** (2022). Financial Risk Proneness Explains the „Sex Sells” Hypothesis in Relation to Luxury Brands. *Marketing. ZFP - Journal of Research and Management*, 44(3), 60-76. <https://www.beck-elibrary.de/10.15358/0344-1369-2022-3-1/titel-inhaltsverzeichnis-jahrgang-44-2022-heft-3?page=1>
46. **Helmerdig, S.** (2021). Photography at the Crossroads with Historical Remembrance. *Environment, Space, Place*, 13(2), insg. 24 Seiten. https://muse.jhu.edu/pub/23/article/850967/pdf#info_wrap
47. **Schmitz, A.** (2022). Der Lernökosystem-Ansatz als Antwort auf aktuelle Grenzen der Weiterbildung. *Lernen bestmöglich fördern. Weiterbildung*, 6, 14-17
48. **Thimm, H.** (2022). Systems theory-based abstractions and decision schemes for corporate environmental compliance management. *Sustainable Operations and Computers*, 3(1), 188–202. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.007>
49. **Vuillermine, F., Huck-Sandhu, S.** (2021). Strategic Planning in Dynamic Environments: How Design Thinking Can Complement Corporate Communication. *Journal of Design Thinking*, 2(2), 85-96. https://jdt.ut.ac.ir/article_85352_9d3825fc21104ef510beeab68600e6f6.pdf
50. Zeisel, S. & **Peter, M.** (2022). Navigating offshoring supply chain management decisions between cost advantages and corporate social responsibility risk. *International Journal of Integrated Supply Management*, 15(4), 410-433. <https://doi.org/10.1504/IJISM.2022.125989>
51. Blumenstein, M., Stutz, A., Fay, A., **Barth, M.** & Maurmaier, M. (2022, 6.–9. September). Coordination of Modular Packaging Lines Using Automation Service Choreographies. In *2022 IEEE 27th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (S. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA52439.2022.9921609>
52. Decius, J., Kortsch, T., Paulsen, H. & **Schmitz, A.** (2022). Learning What you Really, Really Want: Towards a Conceptual Framework of New Learning in the Digital Work Environment, 5231-5240. In *Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/9f9a80b9-bf99-4e5e-bc39-b6329a531b35/content>

53. **Habiger, P., Hildebrandt, G., Drath, R.,** Fay, A. & **Greiner, T.** (2022). Modelling Service Properties to Manage their Diversity within Modular Manufacturing Plants. In 2022 IEEE 27th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (S. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA52439.2022.9921450>
54. **Handrich, M.** (2022). Does AI do more harm than good? Assessing innovativeness and complaining intentions for successful and failed Mechanical and Feeling AI services. In ICIS 2022 Proceedings, insg. 16 Seiten. https://aisel.aisnet.org/icis2022/serv_science/serv_science/2/
55. **Hildebrandt, G., Habiger, P.,** Dittler, D., **Barth, M., Drath, R.** & Weyrich, M. (2022). A Methodology for classifying Data relevance to utilize external Data Sources in the Digital Twin. In 2022 IEEE 27th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (S. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA52439.2022.9921717>
56. Hoffmann, M. W. & **Drath, R.** (2022). How to survive a PhD – using Design Thinking methods and the Business Model Canvas. In 2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (S. 1652–1657). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766528>
57. **Oßwald, K.,** Schneider, S., Klink, A. & Bergs, T. (2022). White Layer Thickness Variation in Die Sinking EDM. *Procedia CIRP*, 113(5), 5–9. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.09.111>
58. Ullrich, N., Piontek, F. M., Herrmann, C., Saraev, A. & **Viere, T.** (2022). Estimating the resource intensity of the Internet: A meta-model to account for cloud-based services in LCA. *Procedia CIRP*, 105(11), 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.014>
59. **Waidelich, L., Kölmel, B., Bulander, R. & Brugger, T.** (2022). Approaching a regional innovation ecosystem in the Northern Black Forest for a future-orientated economy and society. *Procedia Computer Science*, 204(2), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.030>

4.2 Dissertationen (=1)

60. **Issaoui, R.** (2022). Sustainable phosphate management: Environmental and Social life cycle assessment of phosphate mining in Tunisia, insg. 249 Seiten. Karlsruher Institut für Technologie. <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000150698> Betreuer: Prof. Dr. Jörg Woidasky, Hochschule Pforzheim und Prof. Dr. Armin Grunwald, Karlsruher Institut für Technologie.

4.3 Weitere wissenschaftliche Publikationen (=164)

4.3.1 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (=99)

4.3.1.1 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (ohne Nachweis) (=38)

61. Balzer, E., **Fischer, S.,** Oimann, K. & Seidel, T. (2022). Agile Führung mess- und besprechbar machen. *Personalmagazin*, 9, 36-39. https://www.wiso-net.de/document/PEMA__a27622f5abc7985dcee459df7857215bf4f5b47c
62. **Blankenbach, K. & Bhatti, F.** (2022). Halo Mura of OLED and FALD LCD: Measurements and Perception for Automotive Displays. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 53(1), 424–427. <https://doi.org/10.1002/sdtp.15512>
63. **Blankenbach, K. & Nowak, N.** (2022). Exterior Displays for Autonomous Cars: Technologies, Icons, Evaluation (Invited Paper). *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 53(S1), 560–563. <https://doi.org/10.1002/sdtp.16024>

64. **Blankenbach, K.** (2022). Automotive Displays - The Bigger the Better! Information Display, 38(5), 30–34. <https://doi.org/10.1002/msid.1337>
65. **Blankenbach, K., Nowak, N. & Reichel, S.** (2022). Exterior displays for autonomous cars: techniques, challenges and solutions. In J.-H. Lee, Q.-H. Wang & T.-H. Yoon (Hrsg.), *Advances in Display Technologies XII* (insg. 9 Seiten). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2606887>
66. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2022). Herausforderung neues Schuldrecht – Eine Einführung anhand praktischer Beispiele zu den digitalen Produkten. *E-Zeitschrift für Wirtschaftsrecht & Digitalisierung (LRZ)*, insg. 14 Seiten, [LRZ.legal/2022Rn924](https://www.lrz.de/legal/2022Rn924)
67. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2022). Das neue Schuldrecht 2022 - Teil 1. Verbrauchervertrags- und Verbrauchsgüterkaufrecht bei digitalen Produkten – Zwei Regelungsregime im Vergleich. *Kommunikation & Recht (K&R)*, 2, 73-81. <https://www.ruw.de/suche/kur/Das-neue-Schuldrecht-2022--Teil1-ab30bed4befe6ca19f516e36cfe64d90?crefresh=1>
68. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2022). Das neue Schuldrecht 2022 - Teil 2. Aktualisierungen bei digitalen Produkten und Waren mit digitalen Elementen. *Kommunikation & Recht (K&R)*, 3, 159-167. <https://www.ruw.de/suche/kur/Das-neue-Schuldrecht-2022--Teil2-19929b89f606571727de27f455718a69?crefresh=1>
69. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2022). Das neue Schuldrecht 2022 - Teil 3. "Bezahlen mit Daten" und der "Preis" der Gegenleistung. *Kommunikation & Recht (K&R)*, 4, 232-239. <https://www.ruw.de/suche/kur/Das-neue-Schuldrecht-2022--Teil3-5eb670b6a0a30230eb-bacbee7d53e87?crefresh=1>
70. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2022). Das neue Schuldrecht 2022 - Teil 4. Die Umsetzung der Modernisierungsrichtlinie im BGB und EGBGB. *Kommunikation & Recht (K&R)*, 5, 311-317. <https://www.ruw.de/suche/kur/Das-neu-Schuldre--Tei-Die-Umsetz-der-Modernisierun-0752566d7c1453b02b143c2de507375a?crefresh=1>
71. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2022). Das neue Schuldrecht 2022 - Teil 5. Die Umsetzung der Modernisierungsrichtlinie im UWG und in der PAngV. *Kommunikation & Recht (K&R)*, 6, 396-403. <https://www.ruw.de/suche/kur/Das-neue-Schuldr--Teil-Die-Umset-der-Modernisierun-1dc70ad9e25d137f859e6ac11492f85c?crefresh=1>
72. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2022). Das neue Schuldrecht 2022 - Teil 6. Influencer-Marketing und Kundenbewertungen. *Kommunikation & Recht (K&R)*, 7-8, 478-485. <https://www.ruw.de/suche/kur/Das-neu-Schuldre-202--Tei-Influen-Market-und-Kunde-2af97975e643d5e0d08fcb605a11d18f?crefresh=1>
73. **Buchmann, F.** (2022). Aktuelle Entwicklungen im Fernabsatzrecht 2021/2022. *Kommunikation & Recht (K&R)*, 10, 645-651. <https://online.ruw.de/suche/kur/Aktuelle-Entwicklungen-im-Fernabsatzrecht-20212022-6dac3cd7292f458b218167f9f8189b49>
74. **Buchmann, F.** (2022). Die Auswirkungen des Gesetzes für faire Verbraucherverträge auf den Telekommunikationssektor. *Jura Studium und Examen (JSE)*, 3, 118-127. ISSN: 2195-044X. <http://www.zeitschrift-jse.de/files/JSE-3-2022.pdf#page=18>
75. **Bulander, R., Kreuzwieser, S., Kimmig, A., Kölmel, B. & Ovtcharova, J.** (2022). Robotic Process Automation und Künstliche Intelligenz: Aktuelle und zukünftige Potenziale von RPA und KI. *ERP Management*, 2022(4), 44–49. https://doi.org/10.30844/ERP_22-4_44-49
76. **Fischer, S.** (2022). Weg von der Blaupause, hin zu spezifischen Anpassungen. *Struktur der HR-Betriebsmodelle. Personalführung*, 11, 12-17. https://www.dgfp.de/fileadmin/user_upload/DGFP_e.V/Medien/Personalfuehrung/Ausgaben_2022/11/PF1122_TH_1_S._12-17.pdf

77. **Foschiani, S.** & Huppert, M. (2021). Fusion als strategische Option kleiner und mittlerer Genossenschaftsbanken – das Beispiel der Kerner Volksbank eG. *Hohenheimer Genossenschaftsforschung* 2021, S. 60-76. ISSN 1868-9116. https://geno.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/geno/HGF/HGF_2021.pdf
78. Fotler, D., Germann, R., **Gröbe-Boxdorfer, B.**, **Engeln, W.** & Matthiesen, S. (2022). User-Centered Design – Evolution of an Interdisciplinary Process Approach Utilizing Empirical Research Methods. In T. Ahram & R. Taiar (Hrsg.), *Lecture Notes in Networks and Systems. Human Interaction, Emerging Technologies and Future Systems V* (S. 431–442). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85540-6_56
79. Graf, N. & **Schmitz, A.** (2022). Lernkultur – Sand oder Öl für das organisationale Getriebe. *wirtschaft + weiterbildung*, 2, 28-30. <https://www.haufe.de/download/wirtschaft-weiterbildung-ausgabe-22022-wirtschaft-weiterbildung-560656.pdf>
80. Graf, N. & **Schmitz, A.** (2022). Zuschauer oder Spielmacher? *wirtschaft + weiterbildung*, 1, 34-37. <https://www.haufe.de/download/wirtschaft-weiterbildung-ausgabe-12022-wirtschaft-weiterbildung-558672.pdf>
81. **Härle, C.**, Jäkel, J. & **Sand, G.** (2022). Tagungsband AALE 2022: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel. <https://htwk-leipzig.qucosa.de/api/qucosa%3A77578/attachment/ATT-0/>
82. **Habiger, P.**, **Hildebrandt, G.**, **Drath, R.**, **Barth, M.**, Fay, A., Zor, A. & Marseu, M. (2022). Plug & Produce im real-virtuellen Kontext fertigungstechnischer heterogener Anlagen. Steuerungsarchitektur und Virtuelle Inbetriebnahme. In C. Härle et al. (Hrsg.), *Tagungsband AALE 2022: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel* (S. 33-42). <https://doi.org/10.33968/2022.03>
83. **Reimschüssel, S.**, Fuchs, U. & **Sand, G.** (2022). Optimierte Produktionsplanung von Trommelgalvanikanlagen. In C. Härle et al. (Hrsg.), *Tagungsband AALE 2022: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel* (S. 63-72). <https://doi.org/10.33968/2022.06>
84. Herdt, A., Scheidig, M., Jentner, C. & **Sand G.** (2022). CPLEX-basierte Produktionsablaufplanung. In C. Härle et al. (Hrsg.), *Tagungsband AALE 2022: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel* (S. 73-83). <https://doi.org/10.33968/2022.07>
85. **Härle, C.**, **Barth, M.** & Fay, A. (2022). Bedarfsorientierte Rekonfiguration einer Co-Simulation für diskrete Fertigungsanlagen. In C. Härle et al. (Hrsg.), *Tagungsband AALE 2022: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel* (S. 155-164). <https://doi.org/10.33968/2022.15>
86. **Hildebrandt, G.**, **Habiger, P.**, **Drath, R.** & **Brath, M.** (2022). Virtualisierungsarchitektur für heterogene CAx-Tools im Engineering modularer Produktionssysteme. In C. Härle et al. (Hrsg.), *Tagungsband AALE 2022: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel* (S. 183-192). <https://doi.org/10.33968/2022.18>
87. **Tastan, E.**, Fluchs, S. & **Drath, R.** (2022). Warum wir ein Security-Engineering-Informationsmodell brauchen. Motivation, Anwendungsfälle und Konzept für ein neues Domänenmodell für Security-Engineering. In C. Härle et al. (Hrsg.), *Tagungsband AALE 2022: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel* (S. 247-256). <https://doi.org/10.33968/2022.25>
88. **Eberle, S.** & **Oßwald, K.** (2022). Entwicklung eines Werkzeugs und des Prozesses für das automatisierte Schaben von Metalloberflächen. In C. Härle et al. (Hrsg.), *Tagungsband AALE 2022: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel* (S. 293-302). <https://doi.org/10.33968/2022.30>

89. Kall, F. & **Blankenbach, K.** (2022). Flexible and Lightweight RGB LED Video Foil for Digital Signage. *Information Display*, 38(3), 23–27. <https://doi.org/10.1002/msid.1302>
90. Kall, F. & **Blankenbach, K.** (2022). New Flexible and Lightweight RGB LED Video Foil for Digital Signage. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 53(1), 1268–1271. <https://doi.org/10.1002/sdtp.15738>
91. **Kroschwald, S.** (2022). Nutzer-, Kontext- und Situationsadequate Verarbeitung bei Design. *BvD-News*, 3, 18-22. https://www.bvdnet.de/wp-content/uploads/2022/11/30_BvD-374_News_2022-3_Web.pdf
92. **Nowak, N. & Blankenbach, K.** (2022). Design, Measurements, and Evaluation of Exterior Displays for Autonomous Cars. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 53(1), 669–672. <https://doi.org/10.1002/sdtp.15577>
93. Ortega, J. & **Klein, T.** (2022). Improving Efficiency and Equality in School Choice. *ZEW Discussion Paper*, 22-046, insg. 23 Seiten. <https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp22046.pdf>
94. **Reichel, S., Blankenbach, K. & Reber, A.** (2022). Development and improvement of a photonics instrument for light scattering metrology. In L. E. Busse & Y. Soskind (Hrsg.), *Photonic Instrumentation Engineering IX* (insg. 13 Seiten). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2608504>
95. **Sander, F. & Bacher, U.** (2021). Zur strategischen Frage von Zahlungsdienstleistungen. *Hohenheimer Genossenschaftsforschung 2021*, S. 108-120. ISSN 1868-9116. https://geno.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/geno/HGF/HGF_2021.pdf
96. **Schuster, T. & Waidelich, L.** (2022). Maturity of Artificial Intelligence in SMEs: Privacy and Ethics Dimensions. In L. M. Camarinha-Matos et al. (Hrsg.), *Collaborative Networks in Digitalization and Society 5.0* (S. 274–286). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14844-6_22
97. **Thimm, H., Schmidt, V.** (2022). Low-Code Basierte Entwicklung eines Chatbots für Betriebliches Compliance Management im Umweltbereich. In Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (Hrsg.), *INFORMATIK 2022. Informatik in den Naturwissenschaften*, (S. 855-866). https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/39575/buis_09.pdf?sequence=1&isAllowed=y
98. **Thimm, H., Schneider, P.** (2022). Relation Extraction from Environmental Law Text Using Natural Language Understanding. In Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (Hrsg.), *Lecture Notes in Informatics. EnviroInfo 2022*, (S. 43-52). https://informatik2022.gi.de/fileadmin/TG/Informatik2022/GI_Proceedings_Band_328_final.pdf

4.3.1.2 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (mit Nachweis) (=61)

99. **Bacher, U.** & Hermann, M. (2022). Die vermeintlichen Stärken von Robo Advisory. *bank und markt*, 51(8), 20-23. <https://www.kreditwesen.de/bank-markt/themenschwerpunkte/digitaler-sonderdruck/vermeintlichen-staerken- robo- advisory-id81977.html>
100. **Bacher, U. & Nothelfer, R.** (2022). Zinswende und Inflation: Folgen für die Unternehmensfinanzierung. *NWB Rechnungswesen - BBK*, 1060-1065. <https://datenbank.nwb.de/Dokument/1003236/?wherefrom=Magazine>
101. **Bauer, P., Mehl, K., Motsch-Eichmann, N., Schmeer, S., Müller, I. & Hausmann, J.** (2022). A novel hybrid thermoset-thermoplastic robot-based production concept for lightweight structural parts: A special view on the hybrid interface. In *Proceedings of the 20th European Conference on Composite Materials (ECCM22)*, S. 1275-1282. http://dx.doi.org/10.5075/epfl-298799_978-2-9701614-0-0

102. **Bauer, P.,** Motsch-Eichmann, N., Schmeer, S., Mehl, K., Hausmann, J. & **Müller, I.** (2022). A novel hybrid thermoset-thermoplastic robot-based production concept for lightweight structural parts: A special view on 3d Filament Winding. In 5th International Conference Hybrid 2022 - Materials and Structures, S. 15-22. <https://dgm.de/fileadmin/DGM/Veranstaltungen/2022/Hybrid/Dokumente/Hybrid2022-Abstract-Booklet.pdf>
103. **Bhatti, F. & Blankenbach, K.** (2022). Automotive Displays – LCDs vs. OLEDs: Merits and Shortcomings. In Eurodisplay 2022, insg. 4 Seiten.
104. **Bhatti, F. & Blankenbach, K.** (2022). Halo Measurements: OLEDs vs. FALD LCDs. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2022, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/123/123_b5.pdf
105. **Bienecker, M., Cleff, T. & Walter, N.** (2022). Organic Wine Consumption in Germany - An Analysis of Consumer Purchase Intention for Organic Wine Based on The Theory of Planned Behavior. In A. Erceg & Ž. Požega (Hrsg.), Interdisciplinary Management Research XVIII (S. 397 - 428). Faculty of Economics, Josip Juraj Strossmayer Univ. ISSN: 1847-0408 <https://nx15738.your-storageshare.de/s/Xtg5sMQ7nKNRK3F>
106. **Wicker, A., Sander, F. & Walter, N.** (2022). Sharing is Caring: An Extended List of Motives for Participating in Collaborative Consumption. In A. Erceg & Ž. Požega (Hrsg.), Interdisciplinary Management Research XVIII (S. 487 - 506). Faculty of Economics, Josip Juraj Strossmayer Univ. ISSN: 1847-0408 <https://nx15738.your-storageshare.de/s/Xtg5sMQ7nKNRK3F>
107. **Kienzler, T.** (2022). The German Maximizing Tendency Scale - Translation, Validation and Relationship with Behavioral Measures from German Consumers. In A. Erceg & Ž. Požega (Hrsg.), Interdisciplinary Management Research XVIII (S. 507 - 523). Faculty of Economics, Josip Juraj Strossmayer Univ. ISSN: 1847-0408 <https://nx15738.your-storageshare.de/s/Xtg5sMQ7nKNRK3F>
108. **Häfele, M. & Suhm, D.** (2022). Auswirkungen des Arug II auf die Vergütungsberichterstattung Deutscher Börsennotierter Unternehmen - Rechtfertigt das Mehr an Transparenz das Mehr an Aufwand? In A. Erceg & Ž. Požega (Hrsg.), Interdisciplinary Management Research XVIII (S. 645 - 659). Faculty of Economics, Josip Juraj Strossmayer Univ. ISSN: 1847-0408 <https://nx15738.your-storageshare.de/s/Xtg5sMQ7nKNRK3F>
109. **Bacher, L. & Mahadevan, J.** (2022). COVID-Induced Virtual Work: Insights on Perceived Organizational Membership. In EURAM 2022 Conference. Leading Digital Transformation, insg. 39 Seiten. ISSN 2466-7498
110. **Fißler, E., Kraus, P. & Schlegel, D.** (2022). Challenges of Robotic Process Automation Implementation Projects - Insights from Expert Interviews with Consultants. In EURAM 2022 Conference. Leading Digital Transformation, insg. 21 Seiten. ISSN 2466-7498
111. **Mahadevan, J.** & Steinmann, J. (2022). Cultural intelligence and COVID-induced virtual teams: Key characteristics, dynamics and performance implications. In EURAM 2022 Conference. Leading Digital Transformation, insg. 38 Seiten. ISSN 2466-7498
112. **Staerkle, A. & Mahadevan J.** (2022). Leadership in COVID-induced virtual teams: Empirical insights from the German industrial sector. In EURAM 2022 Conference. Leading Digital Transformation, insg. 40 Seiten. ISSN 2466-7498
113. **Binder, B.C.K** (2022). Implementing Changes after the COVID-19 Pandemic: Including New KPIs in New Processes and Adapted Controlling Tools. In D. Vrontis et al (Hrsg.), 15th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business, (S. 906-910). <https://emrbi.org/wp-content/uploads/2022/09/euromed2022-book-of-proceedings-2022-09-04.pdf>

114. **Binder, B.C.K.** (2022). The Negative Effects of the COVID-19 Pandemic on Women's Working Life and What Can Companies Do About it. In D. Vrontis et al (Hrsg.), 15th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business, (S. 901-905). <https://emrbi.org/wp-content/uploads/2022/09/euromed2022-book-of-proceedings-2022-09-04.pdf>
115. Weyl, L., Schlegel, D., **Britzelmaier, B.** & **Kraus, P.** (2022). Mobile Apps for Sustainability in Grocery Shopping: Increasing Acceptance through Gamification. In D. Vrontis et al (Hrsg.), 15th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business, (S. 813-826). <https://emrbi.org/wp-content/uploads/2022/09/euromed2022-book-of-proceedings-2022-09-04.pdf>
116. **Binder, B.C.K.**, Riemann, U. & Ochs, T. (2022). Nachhaltige Digitalisierung der Supply Chain. Controller Magazin, 1, 28-33. https://www.wiso-net.de/document/COWI__2489c3bd9f9307659a177cf568c98b91baff3867
117. **Blankenbach, K.** (2022). Augmented Reality in Automotive: HUD vs. Transparent Displays vs. Video-AR. In Eurodisplay 2022, insg. 4 Seiten.
118. **Blankenbach, K.** (2022). Display-Industrie 2022. Endlich wieder Aufbruchstimmung. Markt&Technik, 9, 16-18. https://www.wiso-net.de/document/MT__422f5b1a53fb0d11fa65c03aeece1eb54c54770
119. **Blankenbach, K.** & **Novak, N.** (2022). Automotive Exterior Displays: System Parameters and Technologies to Improve Traffic Safety. In The 29th International Display Workshops, insg. 4 Seiten.
120. **Blankenbach, K.** & **Nowak, N.** (2022). Optical Performance of Exterior Displays. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2022, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/123/123_b6.pdf
121. Brem, A. & **Schimpf, S.** (2022). Babylonische Verhältnisse in der Innovationsdiskussion: Ein kurzes Plädoyer für mehr semantische Präzision. Ideen- und Innovationsmanagement, Ideen- und Innovationsmanagement, 4, insg. 4 Seiten. <https://doi.org/10.37307/j.2198-3151.2022.04.05>
122. **Britzelmaier, B.**, **Schmidtmeier, S.**, Winkler, M. & Holder, S. (2022). Erlöscontrolling in der deutschen Milchwirtschaft. Controller Magazin, 6, 80-85. https://www.wiso-net.de/document/COWI__fb06c2f21c360058ea27be488dae35534c57fc02
123. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2022). (K)ein selbstständiger Anspruch auf Erstattung der Abmahnkosten? Wettbewerb in Recht und Praxis (WRP), 9, 1074-1078. <https://online.ruw.de/suche/pdf/wrp/wrp-09-2022-1074-383ecc6aacc8b111cd0bf5469c89a0a5.pdf>
124. **Buchmann, F.** & Krell, S. (2022). Datenschutzkonformer Online-Handel (nur) mittels Gastzugang (?) Privacy in Germany (PinG). Datenschutz und Compliance, 4, 139-142. <https://pingdigital.de/ce/datenschutzkonformer-online-handel-nur-mittels-gastzugang-1/detail.html>
125. **Buchmann, F.** & Sauer, N. (2022). Die Auswirkungen der neuen PAngV 2022 auf die Praxis. Wettbewerb in Recht und Praxis (WRP), 5, 538-546. <https://online.ruw.de/suche/pdf/wrp/wrp-05-2022-538-ccef53eb6f73a9370c5cd3c77e7b591a.pdf>
126. Dreßler, E., **Spilski, A.**, Gröppel-Klein, A. & Greff, T. (2022). When a Robot Asks for Help: The Impact of a Healthcare Robot Admitting a Weakness on Caregivers' and Patients' Intention to Use It. In Proceedings of the European Marketing Academy (EMAC) Conference, insg. 10 Seiten. <http://proceedings.emac-online.org/index.cfm?abstractid=A2022-107656&When%20a%20Robot%20Asks%20for%20Help:%20The%20Impact%20of%20a%20Health>
127. **Eisenberg, C.** (2022). Instruktionspflichten - Produkthaftung für Instruktionsfehler. Compliance aktuell, 19(5), 113-125

128. **Elwinger, C., Elwinger, P., Arnold, N. & Schmitz, N.** (2022). Neural network based face mask detection using thermal imaging sensors. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2022, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/123/123_b9.pdf
129. Fluchs, S. **Drath, R.** & Fay, A. (2022). A Security Decision Base: How to Prepare Security by Design Decisions for Industrial Control Systems. Analysis of concepts for organizing security-relevant information from software engineering, requirements engineering, and systems engineering. In U. Jumar & C. Diedrich (Hrsg.), EKA 2022 - Entwurf komplexer Automatisierungssysteme, insg. 24 Seiten. <https://d-nb.info/1259453359>
130. **Habiger, P., Hildebrandt, G., Drath, R.** & Fay, A. (2022). Dienste-Design für modulare Fertigungsanlagen mit individuellen Produkten – Variantenvielfalt der Dienste. In VDI Wissensforum (Hrsg.), 23. Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik. Automation 2022. Automation creates Sustainability (S. 75-88). VDI Verlag. <https://doi.org/10.51202/9783181023990-75>
131. Fluchs, S., **Tastan, E., Drath, R.**, Mertens, M., Ritter, J., Horch, A. & Fay, A. (2022). Security-Entscheidungen „by Design“ in das Engineering prozesstechnischer Anlagen integrieren – Konzept der „Automation Security by Design Decisions“. In VDI Wissensforum (Hrsg.), 23. Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik. Automation 2022. Automation creates Sustainability (S. 115-132). <https://doi.org/10.51202/9783181023990-115>
132. **Tastan, E., Drath, R.** & Fluchs, S. (2022). AutomationML-basierte Modellierungsansätze für ein Security-Engineering- Informationsmodell. In VDI Wissensforum (Hrsg.), 23. Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik. Automation 2022. Automation creates Sustainability (S. 133-148). <https://doi.org/10.51202/9783181023990-133>
133. Stutz, A., Blumenstein, M. Fay, A. **Barth, M.** & Maurmaier, M. (2022). Anwendung von Automatisierungsdienste-Choreografien zur Koordination modularer Logistikklinien. In U. Jumar & C. Diedrich (Hrsg.), EKA 2022 - Entwurf komplexer Automatisierungssysteme, insg. 11 Seiten. <https://d-nb.info/1259453359>
134. Fluchs, S., **Tastan, E.**, Mertens, M., Horch, A., **Drath, R.** & Fay, A. (2022) Security by Design Integration Mechanisms for Industrial Control Systems. In 48th Annual Conference of the Industrial Electronics Society (IECON), Brussels.
135. **Gieza, M., Kölmel, B., Schuster, T. & Waidelich, L.** (2022). Digital Mobility Services for Communities: Flexible boarding points for campus ridesharing. In Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (Hrsg.), Lecture Notes in Informatics. EnviroInfo 2022, (S. 258-267). https://informatik2022.gi.de/fileadmin/TG/Informatik2022/GI_Proceedings_Band_328_final.pdf
136. **Häfele, M.** & Soehner, T. (2022). Bewertungseinheit. Haufe Finance Office Premium, insg. 8 Seiten. https://www.haufe.de/finance/haufe-finance-office-premium/bewertungseinheit_i-desk_PI20354_HI1063212.html
137. **Häfele, M.** (2022). Segmentberichterstattung. Haufe Finance Office Premium, insg. 6 Seiten. https://www.haufe.de/finance/haufe-finance-office-premium/segmentberichterstattung_i-desk_PI20354_HI1254761.html
138. **Häfele, M.** & Schmidt, H. (2022). Maßgeblichkeitsprinzip - Grundsatz und Auswirkungen. In Univ.-Prof. Dr. Heinz Kußmaul und Univ.-Prof. Dr. Stefan Müller (Hrsg.), Handbuch der Bilanzierung. Das gesamte Wissen zur Rechnungslegung nach HGB, EStG und IFRS, insg. 29 Seiten. Haufe Verlag. <https://shop.haufe.de/prod/handbuch-der-bilanzierung-online>
139. **Heinen, U. & Kray, S.** (2022). Optischer CT-Demonstrator für das Lehlabor Medizinische Bildgebung. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2022, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/123/123_b24.pdf

140. **Kray, S., Cacciatore, A. & Mack, M.** (2022). Fast and cost-effective multispectral imaging for heart rate detection. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2022, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/123/123_a28.pdf
141. **Kreber, F.** (2022). Verantwortung für Unternehmensgeschichte. Bevölkerungserwartungen an den heutigen kommunikativen Umgang mit der Vergangenheit. *prmagazin*, 3, 72-79.
142. **Kroschwald, S.** (2022). Ausübung von Datenschutzrechten bei Verbraucherverträgen über digitale Produkte. *Verbraucher und Recht (VuR)*, 11, 403-410
143. **Lehnert, C., Engel, G. & Greiner, T.** (2022). A Hierarchical Domain-Specific Language Supporting Variants of CPPS Software and Integrating Asset Administration Shells. In 2022 17th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), (S. 572-577). <https://doi.org/10.1109/ICIEA54703.2022.10006111>
144. **Lindstädt-Dreusicke, N., Theobald, E., Budzinski, O. & Noskova, V.** (2022). Offline versus Online Video Advertising Spending Behavior - a Detailed Report of an Empirical Study among Marketing Experts in Germany. In H. Gundlach (Hrsg.), *Internet-Intermediäre und virtuelle Plattformen medienökonomisch betrachtet: Proceedings zur Jahrestagung der Fachgruppe Medienökonomie der Deutschen Gesellschaft für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft* (S. 43-54). <https://doi.org/10.21241/ssoar.78178>
145. **Morelli, F., Abdullah, S.** (2022). Datenbasierter Ansatz für das Prozessmanagement. *Innovative Verwaltung*, 44(6), 24-25. <https://www.springerprofessional.de/datenbasierter-ansatz-fuer-das-prozessmanagement/23162726?searchResult=1.%20Datenbasierter%20Ansatz%20f%C3%BCr%20das%20Prozessmanagement&searchBackButton=true>
146. **Morelli, F., Abdullah, S., Bodenstab, T. & Kreutzer, R.** (2022). Process Mining in der öffentlichen Verwaltung. *NEGZ-Kurzstudie*, Nr. 24, insg. 32 Seiten. <https://insights.mgm-tp.com/wp-content/uploads/2022/05/NEGZ-Kurzstudie-24-Process-Mining-in-der-o%CC%88ffentlichen-Verwaltung-1.pdf>
147. **Özkan, A., Josenhans, K., Berendt, L. & Martin, L.** (2022). Experiences and challenges with pandemic online learning. In 2022 IEEE ICE/ITMC - IAMOT Joint Conference, insg. 7 Seiten. <https://ice-iamot-2022-conference.org/>
148. Panfili, C. & **Buchmann, F.** (2022). Das Widerrufsrecht bei Leasingverträgen. Besprechung der Vorlagebeschlüsse des OLG Frankfurt a. M., 22.9.2021 – 17 U 42/20 und des LG Ravensburg, 24.8.2021 – 2 O 238/20. *Recht, Automobil, Wirtschaft (RAW)*, 1, 82-89. <https://online.ruw.de/suche/raw/Das-Widerrufsrecht-bei-Leasingvertraegen-6b3ef759e84443055d177c9eb00d967e>
149. **Reichel, S., Blankenbach, K., Reber, A. & Sertkaya, Y.** (2022). Rauscharmtes photonisches Instrument zur Streulichtmessung. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2022, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/123/123_a5.pdf
150. **Reichel, S., Rentschler, T. & Burke, J.** (2022). Schachbrettmuster – Kamera-Kalibrierung mit Machine Learning-Methode. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2022, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/123/123_b17.pdf
151. **Schätter, F., Morelli, F. & Haas, F.** (2022). Supply Chain Resilience Management Using Process Mining. In I.A. Hameed et al (Hrsg.), *Communications of the ECMS. Proceedings of the 36th ECMS International Conference on Modelling and Simulation ECMS 2022*, S. 121-127. ISSN: 2522-2414. <https://www.scs-europe.net/conf/ecms2022/ecms2022proceedings.pdf>
152. **Schmidt, J., Auer, M. & Woidasky, J.** (2022). Das Problem: Schwarz, schmutzig... *ENTSORGA-Magazin*, 41(2), 61-63. <https://doi.org/10.51202/0933-3754-2022-2-061>

153. **Schmidt, J., Auer, M. & Woidasky, J.** (2022). Effekte von Fluoreszenz-Markerpartikeln auf die Kreislaufführung von Polyethylen. In A. Bockreis et al (Hrsg.), 11. Wissenschaftskongress Abfall- und Ressourcenwirtschaft (S. 61-66). innsbruck university press. <https://d-nb.info/1254183329>
154. **Auer, M., Schmidt, J. & Woidasky, J.** (2022). Einfluss der Mehrfachverarbeitung auf Fluoreszenz-Markerpartikel in PET. In A. Bockreis et al (Hrsg.) 11. Wissenschaftskongress Abfall- und Ressourcenwirtschaft (S. 67-72). innsbruck university press. <https://d-nb.info/1254183329>
155. **Schmidt, M.** (2022). Steigernder Druck. *return*, 3, 56-57.
156. **Schmidt, P.** (2022). Neue Anforderungen für Online-Marktplätze und Bewertungsplattformen im Zivil- und Lauterkeitsrecht. *Verbraucher und Recht (VuR)*, 37, 131-138.
157. **Schmitz, A.** & Graf, N. (2022). Personalentwicklung am Scheideweg. *HR Performance Special*, 4, 8-11.
158. Scholz, G. & **Schuster, T.** (2022). ProPhi: Eine neue Methode zur Auswahl einer passenden Projektmanagementphilosophie. In M. Fazal-Baqaie et al (Hrsg), *Projektmanagement und Vorgehensmodelle 2022 (PVM2022) - Virtuelle Zusammenarbeit und verlorene Kulturen?* (S. 141-154). <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/39669>
159. **Tastan, E., Fluchs, S. & Drath, R.** (2022). AutomationML: Ansätze für ein Security-Engineering-Informationsmodell. *atp magazin*, 9, 42-45. <https://atpinfo.de/produkte/atp-magazin-9-2022/>

4.3.2 Herausgeberschaft, Buchveröffentlichungen, Monographien und Beiträge in Fachbüchern (=65)

160. **Anstatt, K., Bertagnolli, F. & Schmidt, M.** (2022). *Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit*. Springer Gabler Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64071-5>
161. **Anstatt, K., Schmidt, M. & Bertagnolli, F.** (2022). Einführung: Planspiele und Ressourceneffizienz. In K. Anstatt, F. Bertagnolli & M. Schmidt (Hrsg.), *Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit* (S. 3-16). https://doi.org/10.1007/978-3-662-64071-5_1
162. **Anstatt, K., Schmidt, M. & Bertagnolli, F.** (2022). RE:PLAN Projektergebnisse. In K. Anstatt, F. Bertagnolli & M. Schmidt (Hrsg.), *Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit* (S. 17-31). https://doi.org/10.1007/978-3-662-64071-5_2
163. **Anstatt, K., Schmidt, M. & Bertagnolli, F.** (2022). Abschließende Bewertung – Planspiele als eine geeignete didaktische Methode zum Einstieg in das Thema Ressourceneffizienz. In K. Anstatt, F. Bertagnolli & M. Schmidt (Hrsg.), *Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit* (S. 33-36). https://doi.org/10.1007/978-3-662-64071-5_3
164. **Anstatt, K. & Schmidt, M.** (2022). RE:MATERIAL – das Planspiel zu Energie- und Stoffstrommanagement. In K. Anstatt, F. Bertagnolli & M. Schmidt (Hrsg.), *Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit* (S. 39-98). https://doi.org/10.1007/978-3-662-64071-5_4
165. Schomburg, J. & **Schmidt, M.** (2022). RE:MFKR – das Planspiel zu Materialflusskostenrechnung. In K. Anstatt, F. Bertagnolli & M. Schmidt (Hrsg.), *Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit* (S. 99-151). https://doi.org/10.1007/978-3-662-64071-5_5
166. Flad, N. & **Bertagnolli, F.** (2022). RE:LEAN – das Planspiel zu Lean Production. In K. Anstatt, F. Bertagnolli & M. Schmidt (Hrsg.), *Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit* (S. 153-210). https://doi.org/10.1007/978-3-662-64071-5_6

167. Apfel, D., **Rögele, S.** & Kuthe, A. (2022). Verknüpfung von Digitalisierung, NE-Kompetenzen und aktivierender Lehre für eine zukunftsfähige Hochschule – Empirische Evidenzen einer HAW. In J. Weselek et al (Hrsg.), Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung (S. 111–125). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-65122-3_9
168. **Bacher, U.** & Herrmann, M. (2022). Gekdanlage: Alles eine Frage der Zeit: Langfristigkeit als FIDUKA Prinzip. Frankfurter Allgemeine Buch. ISBN: 978-3-96251-123-4. <https://fazbuch.de/produkt/alles-eine-frage-der-zeit/>
169. **Bacher, U.** (2022). Bankmanagement: Praxiswissen der Bankbetriebslehre und des Fin-Tech-Marktes, (6. Aufl.). Hartung-Gorre Verlag Konstanz. ISBN: 978-386628-748-8. <https://d-nb.info/1251335489>
170. **Beck, H.** & Prinz, A. (2022). Gefahr für unser Geld? Die neuen Propheten des Geldes und die Zukunft unseres Währungssystems. Verlag Franz Vahlen. ISBN: 978-3-8006-6826-7. <https://www.vahlen.de/beck-prinz-gefahr-geld/product/34278140>
171. **Beck, H., Bacher, U.** & Herrmann, M. (2022). Inflation - die ersten zweitausend Jahre (3., erweiterte und aktualisierte Auflage). Frankfurter Allgemeine Buch. <https://fazbuch.de/produkt/inflation-die-ersten-zweitausend-jahre/>
172. **Bertagnolli, F.** & Philipp, A. (2022). Lean im Betrieb. Betriebliche Mitbestimmungsrechte bei Lean-Umsetzungen. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-38562-0>
173. **Bertagnolli, F.** (2022). Schnelles Rüsten. Prozessoptimierung in der Produktion spielend leicht verstehen und umsetzen. In T. Voss & D. Voss (Hrsg.), Das METALOG FieldBook - Die Praxis der METALOG training tools in 58 Case Studies, (S. 284-287). ISBN: 978-3-7562-8068-1
174. **Bertagnolli, F., Bludau, S., Fetzer, L., Hadamek, L., Herrmann, T. & Treick, A.** (2022). Bienen an der Hochschule. Ein interdisziplinäres Nachhaltigkeitsprojekt. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64934-3>
175. **Binder, B.C.K.** (2022). Structural Change with the Help of a Strategic Performance Cycle: How Can More Women Reach Top Management Positions During and After the COVID-19 Crisis? In D. Vrontis et al (Hrsg.), Business Under Crisis, Volume II Organisational Adaptations (S. 223–243). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76575-0_11
176. **Blankenbach, K.** (2022). Optical Measurements for E-Paper Displays. In B.-R. Yang (Hrsg.), E-Paper Displays (S. 271–285). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119745624.ch12>
177. Bosch, N., Brandenburg, N., Enzler, S., **Fischer, S.**, Kho, N., **Lang-Koetz, C.**, Luger, M., Maier, P., Reichmann, S., **Reischl, A.**, **Weber, S.**, Witzke, M. & Zwirner, T. (2022). Neue Wege für das Innovationsmanagement in KMU durch Blended Learning und firmenübergreifenden Austausch. In V. Nitsch et al (Hrsg.), Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 1 (S. 133–171). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64803-2_5
178. **Brönneke, T.** (2022). Nachhaltigkeit, Konsum und Verbraucherschutz. Zur Notwendigkeit einer verfassungsrechtlichen Positionsbestimmung im Lichte der Klimaentscheidung des Bundesverfassungsgerichts. In M. Tamm (Hrsg.), Zentrifugalkräfte in Europa und im sozialen Rechtsstaat. Festschrift für Klaus Tonner (S. 37-72). <http://doi.org/10.5771/9783845299358-37>
179. Budzinski, O., Gaensle, S. & **Lindstädt-Dreusicke, N.** (2022). Data (r)evolution: the economics of algorithmic search and recommender services. In S. Baumann (Hrsg.), Handbook on Digital Business Ecosystems (S. 349–366). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781839107191.00031>

180. **Drath, R.** (2022). AutomationML. Das Lehrbuch für Studium und Praxis. De Gruyter Oldenbourg. ISBN: 9783110782936. <https://doi.org/10.1515/9783110782998>
181. **Echle, E.** (2022). Symbolkraft und diskursive Verwebungen. Mode und Sakralität aus kulturgeschichtlicher Perspektive. In D. Blum & M. Prange (Hrsg.), Shaping Faith - Fashioning Splendour. Glauben Formen - Pracht gestalten (S. 19-25). Jan Thorbecke Verlag. ISBN: 978-3-79995-1568-9
182. **Klose, S.** (2022). Mode im Spiegel vestimentärer Referenzen. In D. Blum & M. Prange (Hrsg.), Shaping Faith - Fashioning Splendour. Glauben Formen - Pracht gestalten (S. 27-40). Jan Thorbecke Verlag. ISBN: 978-3-79995-1568-9
183. Eisenmann, H., **Jautz, U.** & **Wechsler, A.** (2022). Grundriss Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht: Mit 54 Fällen und Lösungen (11. Aufl.). Jura auf den Punkt gebracht. C.F. Müller. ISBN: 978-3-8114-4869-8
184. **Engeln, W.** (2022). Modellbasierte Produktentwicklung. Kundenbedürfnisse verstehen und tradierte Denkstile überwinden. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-38535-4>
185. **Fischer, S.**, **Schmitz, A. P.** & Seidel, T. (2022). Lernen in Organisationen unterschiedlicher agiler Reife. In J. Rump & S. Eilers (Hrsg.), Arbeiten in der neuen Normalität. Sieben Trilogien für die neue Arbeitswelt (S. 271–278). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64393-8_16
186. **Föhl, U.** & Friedrich, C. (2022). Quick Guide Onlinefragebogen. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36291-1>
187. **Häfele, M.** (2022). Kommentar zu § 162 AktG - Vergütungsbericht. In H. Kirsch (Hrsg.), Rechnungslegung Kommentar. Stollfuß Verlag. ISBN: 978-3-08-255800-3. <https://www.stollfuss.de/Rechnungslegung-Kommentar/cac9e4ad666546c18a8dc01df410b166>
188. **Häfele, M.** (2022). Steuerbilanz nach EStG. In Univ.-Prof. Dr. Heinz Kußmaul und Univ.-Prof. Dr. Stefan Müller (Ed.), Handbuch der Bilanzierung. Das gesamte Wissen zur Rechnungslegung nach HGB, EStG und IFRS, insg. 8 Seiten. Haufe Verlag. <https://shop.haufe.de/prod/handbuch-der-bilanzierung-online>
189. **Huck-Sandhu, S.** (2022). Interkulturelle und transnationale Kommunikation. In P. Szyszka, R. Fröhlich & U. Röttger (Hrsg.), Handbuch der Public Relations (S. 1–19). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28149-6_46-1
190. Jackwerth-Rice, T., Böcker, D., Derse, M., Elsebrock, K., **Jehnichen, T.**, Kley, T., Kriegesmann, B., Lerch, C., Monstadt, H., **Weiß, P.** & Wernet, M. (2022). Gestaltung einer digitalisierungsförderlichen Unternehmenskultur bei mittelständischen Industrieunternehmen. In V. Nitsch et al (Hrsg.), Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand 1 (S. 99–132). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64803-2_4
191. Kollinger, L. (2022). Körper und Leib in der Animation Art. In S. Marschall, **E., Echle**, B. Hartmann, S., Kreuzer & E. Feyersinger, E. (Hrsg.), Film Studies, Schüren Verlag, Marburg. ISBN: 978-3-7410-0412-4. <https://www.schueren-verlag.de/programm/titel/717-koerper-und-leib-in-der-animation-art.html>
192. Ohnmacht, T. (2022). Wasser in Animationsfilmen. Materielle Transformationen, diskursive Interaktionen und strukturellen Analogien. In S. Marschall, **E., Echle**, B. Hartmann, S., Kreuzer & E. Feyersinger, E. (Hrsg.), Film Studies, Schüren Verlag, Marburg. ISBN: 978-3-7410-0411-7. <https://www.schueren-verlag.de/programm/titel/716-wasser-in-animationsfilmen.html>
193. **Lindenlauf, F.** (2022). Wissenschaftliche Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften. Ein praxisorientierter Leitfaden für Semester- und Abschlussarbeiten. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-36736-7>

194. Micklitz, H. & **Wechsler, A.** (2022). What is Collective in EU Collective Redress? In X. Kramer et al (Hrsg.), *Delivering Justice. A Holistic and Multidisciplinary Approach* (S. 65-86). Bloomsbury Publishing. <https://www.bloomsbury.com/us/delivering-justice-9781509961566/>
195. **Nothhelfer, R.** (2022). *Financial Accounting: Introduction to German GAAP with Exercises*. De Gruyter, <https://doi.org/10.1515/9783110744170>
196. **Reichel, S.** (2022). *Messtechnik für Dummies*. Wiley-VCH. ISBN: 978-3-527-71824-5. <https://www.wiley-vch.de/de/fachgebiete/ingenieurwesen/messtechnik-fuer-dummies-978-3-527-71824-5>
197. **Sand, G.** (2022). *Wege zur autonomen Produktion. Ein Kompass von Innovatoren für Innovatoren*. Steinbeis-Edition. ISBN: 978-3-95663-277-8 <https://www.steinbeis-edition.de/shop/Wissenschaft-Technik/Technologie/Wege-zur-autonomen-Produktion.html>
198. **Kohle, P. & Sand G.** (2022). *Forschung*. In G. Sand (Hrsg.), *Wege zur autonomen Produktion. Ein Kompass von Innovatoren für Innovatoren*, (S. 45-109). Steinbeis-Edition. ISBN: 978-3-95663-277-8
199. **Lang-Koetz, C.** (2022). *Management*. In G. Sand (Hrsg.), *Wege zur autonomen Produktion. Ein Kompass von Innovatoren für Innovatoren*, (S. 150-154). Steinbeis-Edition. ISBN: 978-3-95663-277-8
200. **Schmitt, R.** (2022). Teil 6 VV RVG. Kommentierung von Nr. 6100-7008. In G. Touissant (Hrsg.), *Beck'sche Kurz-Kommentare. Kostenrecht, Band 2*, 52. Auflage (S. 1333-1386). Verlag C.H. Beck. <https://www.beck-shop.de/toussaint-kostenrecht/product/33195578>
201. **Stobbe, T.** (2022). *Steuern kompakt 2022/2023*. SteuernRep Verlag. ISBN: 978-3-9824903-0-4. https://www.duncker-humboldt.de/en/buch/steuern-kompakt-2022-2023-9783896737878/?page_id=0
202. **Theobald, E. & Gaiser, B.** (2022). *Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter*. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Springer Gabler, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4>
203. **Linxweiler, R., Gaiser, B., Zerr, K. & Fastoso, F.** (2022). *Marke und Markenführung*. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) *Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter* (S. 3-29). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_1
204. **Gaiser, B. & Linxweiler, R.** (2022). *Strategien der Markenführung*. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) *Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter* (S. 31-49). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_2
205. **Linxweiler, R., Gaiser, B., Zerr, K. & Jähnert, J.** (2022). *Markenführungsprozess und Marken-Design*. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) *Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter* (S. 51-74). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_3
206. **Gaiser, B., Jähnert, J. & Linxweiler, R.** (2022). *Aufgabenbereiche und aktuelle Herausforderungen der Markenführung*. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) *Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter* (S. 75-107). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_4
207. **Föhl, U.** (2022). *Konsumentenverhalten in einer digitalen Welt*. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) *Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter* (S. 109-130). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_5
208. **Zerr, K. & Linxweiler, R.** (2022). *Kontextsensitives Marketing zur Steigerung des Value in Context und Herausforderungen für die digitale Markenführung*. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) *Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter* (S. 153-181). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_7

209. **Tropp, J. & Zerr, K.** (2022). Irrweg Customer Centricity – Skizze eines Auswegs für Marketing und Marke. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter (S. 183-194). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_8
210. **Walter, N.** (2022). eBranding im internationalen Kontext. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter (S. 245-261). https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_11
211. **Krebber, F.** (2022). Gesellschaftsbezug und Haltung von Marken: Political Branding bei gesellschaftlichen Erwartungen an Unternehmen – von Nachhaltigkeit bis Diversity. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter (S. 307-325). https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_14
212. **Theobald, E.** & Jentschke, M. (2022). Die Digital Brand Experience als zentrales Gestaltungselement der kundenzentrierten Markenführung. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter (S. 327-345). https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_15
213. **Gaiser, B. & Theobald, E.** (2022). Marketingkommunikation im digitalen Wandel. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter (S. 391-420). https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_18
214. **Lindstädt-Dreusicke, N. & Merz, Y.** (2022). Podcasts und regionale Verlagsmedien – eine tragfähige Symbiose? In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter (S. 507-538). https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_22
215. **Huck-Sandhu, S.** & Kirchenbauer, A. (2022). Corporate Messages und Modi: Themenorientierte Ansätze in der digitalen Markenführung. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter (S. 629-644). https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_28
216. **Theobald, E. & Specht, M.** (2022). Digitales Brand Controlling: Ein Framework für das Brand Controlling im Rahmen der Website-Performance-Messung. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.) Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter (S. 711-730). https://doi.org/10.1007/978-3-658-35916-4_32
217. **Thimm, H. H.** & Rasmussen, K. B. (2022). Website Communication Capabilities and Content Related to Environmental Management—An Empirical Study of European Production Companies. In P. Ghadimi et al (Hrsg.), Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. Role of Circular Economy in Resource Sustainability (S. 17–29). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90217-9_3
218. **Tropp, J.** & Baetzgen, A. (2022). Wider, Deeper, More Oblique: Diversification of Media Company. In J. Krone & T. Pellegrini (Hrsg.), Handbook of Media and Communication Economics (S. 1-26). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34048-3_28-2
219. **Tropp, J.** & Weinacht, S. (2022). Media Brand Management. In J. Krone & T. Pellegrini (Hrsg.), Handbook of Media and Communication Economics (S. 1-25). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34048-3_21-2
220. **Tropp, J.**, Baetzgen, A. (2022). Breiter, tiefer, schräger: Diversifikation von Medienunternehmen. In J. Krone & T. Pellegrini (Hrsg.), Handbuch Medienökonomie, insg. 27 Seiten. Springer Reference Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-658-09632-8_28-2
221. **Tropp, J.** (2022). Marketingkommunikation als Teil der Unternehmenskommunikation. In A. Zerfaß, M. Piwinger & U. Röttger (Hrsg.), Handbuch Unternehmenskommunikation (S. 817–838). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22933-7_36

222. **Tropp, J.** (2022). Vernetzte Verführungen. Wie wir uns gegen die Dark Arts der Konsumindustrie wehren. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-35971-3>
223. **Wechsler, A.** (2022). Europäische Patentorganisation. In A. Hatje & P.-C. Müller-Graff (Hrsg.), Europäisches Organisations- und Verfassungsrecht (S. 1731-1784). https://www.nomos-shop.de/shopfiles/leseprobe_978-3-8487-6467-9_leseprobe.pdf
224. **Woidasky, J.** & Jeanvré, S. (2022). Flugzeuge in der Kreislaufwirtschaft. In M. Porth & H. Schüttrumpf (Hrsg.), Wasser, Energie und Umwelt (S. 91–100). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35607-1_9

4.4 Vormerkungen für 2023

- VM 1 **Echle, E.** (2022). Sensous-Rebellious Experiences: Textiles and Expanded Cinema. In P. Liška & R. R. Mudry (Hrsg.), TEXTile Manifestoes (S. 42-45). Vysoká škola uměleckopřemyslová. ISBN: 978-80-88308-40-9.
- VM 2 **Lang-Koetz, C., Reischl, A., Fischer, S., Weber, S., Kusch, A.** (2023). Ambidextres Innovationsmanagement in KMU. Praxisnahe Konzepte und Methoden. SpringerGabler. <https://www.barnesandnoble.com/w/ambidextres-innovationsmanagement-in-kmu-claus-lang-koetz/1142559183>
- VM3 **Mahadevan, J.**, Moore, F. (2022). A framework for a more reflexive engagement with ethnography in International Business Studies. Journal Of World Business, insg. 12 Seiten. doi.org/10.1016/j.jwb.2022.101424.
- VM4 **Nemoto, E. H., Korbee, D., Jaroudi, I., Viere, T., Naderer, G. & Fournier, G.** (2023). Integrating automated minibuses into mobility systems – Socio-technical transitions analysis and multi-level perspectives. Technological Forecasting and Social Change, 188, 122260. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122260>

4.5 Patentoffenlegung

In diesem Jahr wurde an der Hochschule Pforzheim keine Patentanmeldung veröffentlicht.

4.6 Vorträge

Die Vorträge der Pforzheimer Professorinnen und Professoren werden derzeit nicht gesondert erfasst. Zur Veröffentlichung in Form eines Papers gelangte Vorträge finden sich unter 4.3.1 Weitere wissenschaftliche Publikationen.

4.7 Messen

Auch in diesem Jahr wurden keine Messebesuche zentral vom IAF aus organisiert und betreut. Allerdings wurden einzelne Forschungsschwerpunkte auf Messen vorgestellt.

9 Pressespiegel

Ausgewählte Presseartikel zum Thema Forschung an der Hochschule Pforzheim im Jahr 2022.

Datum	Presseartikel
14.01.2022	<p>Display-Messtechnik im Fahrzeug: Forschung und Entwicklung international gestalten</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/display_messtechnik_im_fahrzeug_forschung_und_entwicklung_international_gestalten</p>
18.01.2022	<p>Pforzheimer Forschungsschwerpunkte in internationaler wissenschaftlicher Datenbank</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/pforzheimer_forschungsschwerpunkte_in_internationaler_wissenschaftlicher_datenbank_1</p>
24.01.2022	<p>HS PF erhält Zuschlag für weiteres EU-Großprojekt</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/hs_pf_erhaelt_zuschlag_fuer_ein_weiteres_eu_grossprojekt</p>
28.01.2022	<p>Leichtbau BW: IWWT ab sofort im Digital Showroom</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/leichtbau_bw_iwwt_ab_sofort_im_digital_showroom</p>
02.02.2022	<p>Zwei Millionen Euro neue Drittmittel für das INEC</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/zwei_millionen_euro_neue_drittmittel_fuer_das_inec</p>
03.02.2022	<p>Industrieforschungsprojekt zur KI-basierten Integration von Circular Economy und Ressourceneffizienz in die Produktentwicklung gestartet</p> <p>https://businesspf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/dfc_industry_die_hochschule_pforzheim_startet_industrieforschungsprojekt_zur_ki_basierten_integration_von_circular_economy_und_ressourceneffizienz_in_die_produkentwicklung</p>
23.02.2022	<p>Forschung: Hybride Künstliche Intelligenz für Sensoren und Aktoren in der Produktion</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/forschung_hybride_kuenstliche_intelligenz_fuer_sensoren_und_aktoren_in_derproduktion</p>
08.03.2022	<p>Neues Tool ermittelt betrieblichen Klimafußabdruck</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/neues_tool_ermittelt_betrieblichen_klimafussabdruck_2</p>
11.03.2022	<p>18. AALE-Konferenz: Online vom 9.-11. März 2022 an der Hochschule Pforzheim</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/18_aale-konferenz_online_vom_9_11_maerz_2022_an_der_hochschule_pforzheim</p>

	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/18_aale_konferenz_online_vom_9_11_maerz_2022_an_der_hochschule_pforzheim
25.03.2022	Neuer Kongress „Security unter Kontrolle“ entsteht unter Beteiligung der Hochschule
	https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/neuer_kongress_security_unter_kontrolle_entsteht_unter_beteiligung_der_hochschule
05.04.2022	Professor Thomas Greiner: 2021 BCRA Best Reviewer Award
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/professor_thomas_greiner_2021_bcra_best_reviewer_award
07.04.2022	Sicher auf dem E-Bike? Probandenstudie auf dem Campus
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/sicher_auf_dem_e_bike_probandenstudie_auf_dem_campus
08.04.2022	STI öffnet seine Pforten
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/sti_oeffnet_seine_pforten
13.04.2022	Hochschule startet Wasserstoff-Projekt mit Evonik
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/hochschule_startet_wasserstoff_projekt_mit_evonik
28.04.2022	Praxisnahe Forschung zu Methoden für Ressourceneffizienz-Management in der chemischen Industrie
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/praxisnahe_forschung_zu_methoden_fuer_ressourceneffizienz_management_in_der_chemischen_industrie
13.05.2022	Erfolgreicher Abschluss: Forschungsprojekt „InSel“
	https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/erfolgreicher_abschluss_forschungsprojekt_insel
18.05.2022	Forschung: Neue Ansätze für die Softwareentwicklung speicherprogrammierbarer Steuerungen
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/forschung_innovative_methods_for_programming_of_automation_control_technology
25.05.2022	Potenzial für Process Mining in der öffentlichen Verwaltung
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/potenzial_fuer_process_mining_in_der_oeffentlichen_verwaltung
14.06.2022	Hochwertige Insektenproteine: Industrialisierung der Erzeugung von Mehlwürmern
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/hochwertige_insektenproteine_industrialisierung_der_erzeugung_von_mehlwuermern

16.06.2022	<u>Wissenschaftliche Konferenz mit rund 180 Gästen: 123. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik e.V.</u>
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/wissenschaftliche_konferenz_mit_rund_180_gaesten_123_jahrestagung_der_deutschen_gesellschaft_fuer_angewandte_optik_ev
22.06.2022	<u>Pforzheimer Wissenschaftler in Blauer Engel-Jury</u>
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/pforzheimer_wissenschaftler_in_blauer_engel_jury
01.07.2022	<u>Leitung des Instituts für Angewandte Forschung wiedergewählt</u>
	https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/leitung_des_instituts_fuer_angewandte_forschung_wiedergewaehlt
07.07.2022	<u>Tunesische Stipendiatin schließt Promotionsarbeit erfolgreich ab</u>
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/tunesische_stipendiatin_schliesst_promotionsarbeit_erfolgreich_ab
20.07.2022	<u>Digital Hub Nordschwarzwald „plus“ prämiert</u>
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/digital_hub_nordschwarzwald_plus_praemiert
22.07.2022	<u>IAF vergibt Forschungspreise 2021</u>
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/iaf_vergibt_forschungspreise_2021_1
29.07.2022	<u>Carlo Burkhardt spricht beim Salzburg Summit</u>
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/carlo_burkhardt_spricht_beim_salzburg_summit
29.07.2022	<u>Messtechnik mal einfach: Professor Steffen Reichel veröffentlicht Lehrbuch</u>
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/messtechnik_mal_einfach_professor_steffen_reichel_veroeffentlicht_lehrbuch
01.08.2022	<u>Forschung an der Fakultät für Technik: Türöffnung nach Messung der Körpertemperatur</u>
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/forschung_an_der_fakultaet_fuer_technik_tueroeffnung_nach_messung_der_koerpertemperatur
01.08.2022	<u>KI-Netzwerk zur Erkennung von Prostatakrebs in der Region Pforzheim/Enzkreis</u>
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/ki_netzwerk_zur_erkennung_von_prostatakrebs_in_der_region_pforzheim_enzkreis
20.09.2022	<u>Modellbasierte Entwicklung: Professor Werner Engeln veröffentlicht essential</u>
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/modellbasierte_entwicklung_professor_werner_engeln_veroeffentlicht_essential

29.09.2022	Hochschule Pforzheim verfügt über einen der größten KI-Rechner weltweit
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/hochschule_pforzheim_verfuegt_ueber_einen_der_groessten_ki_rechner_weltweit
30.09.2022	Einzigartig: Pforzheimer Professor erweitert sein Lehrbuch zum deutschen Handelsrecht
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/einzigartig_pforzheimer_professor_erweitert_sein_lehrbuch_zum_deutschen_handelsrecht
04.10.2022	Professor Guido Sand ist Mitherausgeber renommierter technischer Fachzeitschrift
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/professor_guido_sand_ist_mitherausgeber_renommierter_technischer_fachzeitschrift
06.10.2022	Promotionskolleg bewilligt
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/promotionskolleg_bewilligt
12.10.2022	Energiesparen: Displayexperte Karlheinz Blankenbach plädiert für E-Paper-Technologie
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/energiesparen_displayexperte_karlheinz_blankenbach_plaediert_fuer_e_paper_technologie
18.10.2022	Abtragende Fertigungsverfahren: Neue Erodierbohrmaschine für Forschung am Campus
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/abtragende_fertigungsverfahren_neue_erodierbohrmaschine_fuer_forschung_am_campus
28.10.2022	Umweltministerin Thekla Walker an der HS PF
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/umweltministerin_thekla_walker_an_der_hs_pf_1
31.10.2022	Infowände in der Innenstadt präsentieren zukunftsweisende Projekte
	https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/infowaende_in_der_innenstadt_praesentieren_zukunftsweisende_projekte
07.11.2022	Starker Auftritt in Japan. INEC mit fünf Vorträgen auf Tagung vertreten
	https://businesspf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/starker_auftritt_in_japan
15.11.2022	Karlheinz Blankenbach bei OLEDs World Summit
	https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/karlheinz_blankenbach_bei_oleds_world_summit
21.11.2022	In Stanford-Liste aufgenommen
	https://businesspf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/in_stanford_liste_aufgenommen

23.11.2022	<p>„BikeAssist“: Hochschule präsentiert sich auf International Cycling Safety Conference</p> <p>https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/bikeassist_hochschule_praesentiert_sich_auf_international_cycling_safety_conference</p>
28.11.2022	<p>Würdiges Ende für Erfolgsprojekt</p> <p>https://businesspf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/wuerdiges_ende_fuer_erfolgsprojekt</p>
07.12.2022	<p>Zweifacher Erfolg für Hochschul-Forschung bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt</p> <p>https://engineeringpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/zweifacher_erfolg_fuer_hochschul_forschung_bei_der_deutschen_bundesstiftung_umwelt</p>
14.12.2022	<p>Innovation in Aktion: Automatisierte Mobilität im öffentlichen Personennahverkehr</p> <p>https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/innovation_in_aktion_automatisierte_mobilitaet_im_oeffentlichen_personennahverkehr</p>