

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 2026
© • 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

Prof. Dr. Rebecca Bulander

Stellv. wissenschaftliche Direktorin des IAF

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

Prof. Dr. Stefan Kray

Stellv. wissenschaftlicher Direktor des IAF

E-Mail: stefan.kray@hs-pforzheim.de

Ansprechpartnerin für Rückfragen

Dr. Monika Roller

Forschungskordinatorin

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

T: 07231 28-6135

Pforzheim, den 10.02.2026

Prof. Dr. Ulrich Jautz

Rektor

Prof. Dr. Thomas Greiner

Wissenschaftlicher Direktor

Vorwort

Das Jahr 2025 knüpft an die erfolgreiche Entwicklung der Forschung an der Hochschule Pforzheim an. Mit einem Drittmittelvolumen von über sechs Millionen Euro sowie einer erneut gestiegenen Zahl wissenschaftlicher Publikationen setzt sich der positive Trend fort.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist die Ausrichtung der Projekte auf hochaktuelle Zukunftsthemen. Dieser Weg wird konsequent weiterverfolgt, verbunden mit dem Ziel, das Thema Forschung noch stärker im Bewusstsein der Hochschule zu verankern. Zur strategischen und operativen Weiterentwicklung des Instituts wurde zudem die Leitung durch den Eintritt von Prof. Dr. Stefan Kray als stellvertretender Leiter des IAF verstärkt.

Besonderer Dank gilt allen forschungsaktiven Professorinnen und Professoren sowie ihren Arbeitsgruppen. Durch ihr Engagement und die erfolgreiche Umsetzung zahlreicher Projekte wurde die anwendungsnahe Forschung an der Hochschule Pforzheim auch in diesem Jahr maßgeblich gestärkt und vorangebracht.

Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr. Rebecca Bulander, Prof. Dr. Stefan Kray

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	26
1.2.3 Schmucktechnologisches Institut – STI.....	43
1.2.4 Institute for Smart Bicycle Technology – ISBT.....	66
1.2.5 Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT.....	79
1.2.6 Institut für Personalforschung – IfP	86
1.2.7 Institut für Verbraucherforschung und nachhaltigen Konsum – vunk.....	92
1.2.8 Institute for Human Engineering & Empathic Design – HEED	102
2 Personalia	105
2.1 Institut für Angewandte Forschung.....	105
2.2 Fachinstitute und ihre Mitglieder	105
2.3 Persönliche Mitglieder des IAF.....	108
2.4 Akademische Mitarbeiter/-innen in der Forschung	109
3 FuE-Drittmittelprojekte der Hochschule Pforzheim	115
3.1 Institut für Industrial Ecology – INEC.....	115
3.2 Institut für Smart Systems und Services – IoS ³	150
3.3 Schmucktechnologisches Institut – STI.....	184
3.4 Institut für Smart Bicycle Technology – ISBT	201
3.5 Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT.....	205
3.6 Institut für Verbraucherforschung und nachhaltigen Konsum – vunk.....	219
3.7 Institute for Human Engineering & Empathic Design – HEED	226
3.8 Diverse Projekte – DP.....	228
4 Publikationen.....	237
4.1 Peer-Review-Publikationen (=90).....	237
4.1.1 Beiträge aus Journals in Master Journal List (Clarivate), Scopus, DOAJ und COPE (=62)	237
4.1.2 Beiträge mit Aufnahmeantrag in die AGQ-Liste (=5)	242
4.1.3 Beiträge aus Proceedings mit einem h5-Index ≥ 30 bei Google Scholar oder mit A*, A oder B im ICORE-Index gerankt oder aus Proceedings, die als Conference Series in der Scopus Source List indexiert sind (=19).....	243

4.1.4	Monografien in anerkannten Fachverlagen (DOAB, Web of Science, Scopus, ARSV, Fachportal Pädagogik) (=4)	245
4.2	Dissertationen (=3).....	245
4.3	Weitere wissenschaftliche Publikationen (=120)	246
4.3.1	Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften, Sammelbänden, Fachbüchern, Herausgeberschaften etc. (=81)	246
4.3.2	Konferenzpaper mit einfacher Wertung (=37).....	254
4.3.3	Kommentierungen in Gesetzeskommentaren, juristische Handbücher (=2)	258
4.4	Vormerkungen für 2026	259
4.5	Patentoffenlegung.....	260
4.6	Vorträge.....	260
4.7	Messen	260
5	Deputatsumwidmungen im FuE-Bereich	260
6	Bonusmittelverteilung	260
7	Drittmittelbilanz 2025.....	262
7.1	Drittmittel der Kategorie 1	262
7.2	Drittmittel der Kategorie 2	286
7.3	Anrechenbare Drittmiteleinnahmen aus FuE-Projekten 2025.....	288
8	Anlagen.....	289
8.1	Anlagen zu 4.1.1 – Beiträge aus Journals in Master Journal List (Clarivate), Scopus, DOAJ und COPE	289
8.2	Anlagen zu 4.1.3 – Beiträge aus Proceedings mit einem h5-Index ≥ 30 bei Google Scholar oder mit A*, A oder B im ICORE-Index gerankt oder aus Proceedings, die als Conference Series in der Scopus Source List indexiert sind	381
8.3	Anlagen zu 4.1.4 – Monografien in anerkannten Fachverlagen (DOAB, Web of Science, Scopus, ARSV, Fachportal Pädagogik).....	413
8.4	Anlagen zu 4.3.1 – Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften, Sammelbänden, Fachbüchern, Herausgeberschaften etc.	419
8.5	Anlagen zu 4.3.2 – Konferenzpaper mit einfacher Wertung	537
8.6	Anlagen zu 4.3.3 – Kommentierungen in Gesetzeskommentaren, juristische Handbücher	597
9	Pressespiegel.....	618

1.2 Berichte der Forschungsinstitute des IAF

1.2.1 Institut für Industrial Ecology – INEC

Bei den rund 20 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des INEC sind neu hinzugekommen: Marcel Kern, Sarah Müller, Julian Beyer, Tim Wenz, Tushar Singh, Julia Staudt. Das Institut verließen: Maximilian Auer, Markus Balser, Kiriaki Karatopi, Raphael Schill, Pablo Thier, Julia Walz.

Neue Professorin Dr. Roukaya Issaoui verstärkt Nachhaltigkeitsteam

Dr. Roukaya Issaoui ist neue Professorin für „Ressourceneffizienz und nachhaltige Rohstoffversorgung“ und nahm im Sommersemester ihre Arbeit auf. Die Stiftungsprofessur wird von der Carl-Zeiss-Stiftung (CZS) gefördert. Die Hochschule hat im vergangenen Jahr von der Stiftung den Zuschlag zu der Professur erhalten. Sie ist außerdem mit wissenschaftlichem Personal und Sachmitteln ausgestattet. Die Förderung läuft über fünf Jahre, danach wird die neue Professorin auf eine Planstelle übernommen.

Frau Dr. Issaoui wurde in Tunesien geboren und lebt seit über 10 Jahren in Deutschland. Sie hat in Tunis Ingenieurwesen studiert, ihr Studium als Diplom-Ingenieurin abgeschlossen und an der Hochschule Pforzheim eine Masterthesis zu einem Nachhaltigkeitsthema geschrieben. Sie hat 2022 am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zu dem Rohstoffthema der nachhaltigen Phosphorgewinnung promoviert und anschließend in der Wirtschaft Erfahrungen gesammelt.

Die frisch gekürte Professorin wird am INEC forschen und in den Nachhaltigkeitsstudiengängen der Fakultät „Wirtschaft und Recht“ lehren. Die Schwerpunkte ihrer Arbeit werden beim Abbau, bei der Bereitstellung und der Verwendung von Rohstoffen, der Rohstoffverfügbarkeit sowie dem Einfluss auf Umwelt, Klima und Soziales liegen. Sie knüpft damit an ein hochaktuelles Thema an, denn Rohstoffe rücken immer mehr in den Fokus der globalen Politik.

Forschungsprojekte am INEC

Folgende drittmittelgeförderten Forschungsprojekte sind zu erwähnen (in alphabetischer Reihenfolge):

CCU-Technologien: Status quo und Zukunftsperspektiven

Carbon Capture and Utilization (CCU) umfasst die Abscheidung von CO₂ aus industriellen Prozessen mit dem primären Ziel, das abgeschiedene Kohlendioxid einer chemischen oder stofflichen Weiterverwertung zuzuführen. In diesem Projekt wurde auf CCU-Technologien für den Mittelstand, insbesondere in der chemischen Industrie, fokussiert. Im Projekt, durchgeführt mit dem Kooperationspartner TIM Consulting GmbH, wurden relevante technologische Ansätze identifiziert und kategorisiert, ihr Technologie-Reifegrad bewertet sowie zugrunde liegende technische Potenziale dargestellt. Dabei wurden insbesondere Chancen für den Mittelstand ermittelt, um gerade Unternehmen der chemischen Industrie Handlungsmöglichkeiten zu eröffnen. Die Ergebnisse werden im Frühjahr 2026 in einer Studie des Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien BW veröffentlicht.

CircoMod – Circular Economy Modelling for Climate Change Mitigation

Das INEC spielt eine wichtige Rolle im renommierten Konsortium des EU-geförderten CircoMod-Projekts, das die Circular Economy (CE) in bedeutende ökonomische und ökologische Modelle integriert. Ziel ist es, den Beitrag der CE zum Klimaschutz durch die Verknüpfung

verschiedener Modellansätze zu quantifizieren. CircoMod wird Entscheidungsträger auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene mit wertvollen Erkenntnissen versorgen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse und Daten des Projekts auch Beiträge zu internationalen Bewertungen wie denen des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimawandel (IPCC) und des Internationalen Ressourcenpanels (IRP) liefern. CircoMod liefert eine umfassende wissenschaftliche Modellierung des Potenzials von CE-Strategien für Umwelt, Klima und Wirtschaft sowie für unterschiedliche Modelle geeignete CE-Datensätze.

Die Entwicklung der „Circular Economy Profiles“, für die das INEC innerhalb des CircoMod-Konsortiums verantwortlich ist und in denen die Projektergebnisse zusammengefasst und kommuniziert werden sollen, näherte sich mit einer Diskussion im Rahmen des Projekttreffens in Freiburg ihrem Ende. Darauf folgte die Implementierungsphase: Zahlreiche Datenpunkte wurden gesammelt und in ein dafür entwickeltes Excel-Tool eingetragen, mit dessen Hilfe Diagramme für die CE Profiles erstellt werden. Darüber hinaus wurde die Liste der CE-Indikatoren angepasst und deren Berechnung mit den erwarteten Ergebnissen vorbereitet. Zudem wurde ein Blogartikel über die „CE Profiles“ auf der Projektwebseite veröffentlicht.

Während der Ökobilanz-Werkstatt, die dieses Jahr an der Hochschule Pforzheim stattfand (s. unten), präsentierte Alejandro Arias Castillo seine Forschung zum Thema der klimabezogenen Umweltauswirkungen branchenspezifischer Maschinen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg in Form eines Posters.



Abb. 1: Teilnehmende des CircoMod-Projekttreffens in Freiburg. Foto: Asel Doranova



Abb. 2: Präsentation der „CE Profiles“ beim Projekttreffen in Freiburg. Foto: Asel Dorano

DACE – Datenkompetenzzentrum für Circular-Economy (CE)-Daten

Das Projekt DACE (Datenkompetenzzentrum für Circular-Economy-Daten) zielt darauf ab, die Kompetenzen zur Erhebung, Auswertung und Nutzung von Circular-Economy(CE)-Daten zu erforschen und zu vermitteln. Es soll die Basis für ein besseres Messen und Bewerten von CE und CE-Strategien schaffen, indem es eine wichtige Lücke in der Forschungs- und Lernlandschaft für nachhaltiges Wirtschaften schließt. Das Projekt basiert auf drei Säulen: der DACE Academy zum Lehren der Kompetenzen, dem DACE-Space zum Erforschen der Kompetenzen und dem DACE-Hub zur Verbreitung der Kompetenzen. Das INEC spielt eine zentrale Rolle im DACE-Projekt, indem es unter Federführung des Wuppertal Instituts und in Kooperation mit der RWTH Aachen, dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz und weiteren Partnern in allen drei Säulen des Projekts forscht.

In der DACE Academy stand für das INEC in 2025 die konzeptionelle und didaktische Entwicklung einer digitalen Weiterbildungsplattform im Fokus. Ziel war die Etablierung eines skalierbaren Lernangebots zu Circular Economy und Nachhaltigkeit, das sowohl theoretische Grundlagen als auch praxisnahe Kompetenzen vermittelt. Ein wichtiger Meilenstein war die Erstellung von fünf modularen Kursen zu zentralen Aspekten der Circular Economy sowie die Entwicklung eines digitalen Lernspiels zu Circular Indicators, das komplexe Bewertungsansätze spielerisch vermittelt und das Verständnis für Entscheidungslogiken im Kontext zirkulärer Wertschöpfung fördert. Die erste Testkohorte im Frühjahr 2025 lieferte durch systematische Auswertung wertvolle Erkenntnisse zu Didaktik, Nutzerfreundlichkeit und technischer Umsetzung. Darauf basierend wurden die Kurse und das Lernspiel weiterentwickelt und im Herbst 2025 in einer zweiten Testkohorte validiert. Parallel erfolgten die Schärfung und Dokumentation der Evaluationskonzepte. Abschließend wurden die Evaluationsergebnisse zusammengeführt, um die inhaltlichen und didaktischen Grundlagen für die finale Testkohorte 2026 vorzubereiten, die die Wirksamkeit und Praxistauglichkeit der DACE Academy abschließend bestätigen soll.

Im DACE Space konnte das INEC einige wichtige wissenschaftliche Ergebnisse im Themenfeld Datenmanagement und Data Science für Circular Economy erzielen. Unter Federführung von Dr. Araujo und Prof. Viere wurde eine Typologie für Circular-Economy-Daten im Journal of Circular Economy veröffentlicht, die die Grundlage für zahlreiche weitere Projektarbeiten liefert (<https://doi.org/10.55845/UXBM6358>). U.a. darauf aufbauend wurden zwei Frameworks für die Messung und Bewertung der Leistung auf der Mikro- und Mesoebene der Circular Economy erarbeitet, die in Kooperation mit dem DFKI in die dortigen Arbeiten zur Bestimmung von geeigneten Strukturen und Datenpunkten für zirkularitätsbezogene Daten in der Asset Administration Shell (AAS) eingehen. Mit der Eröffnungs-Keynote von Prof. Schmidt sowie dem Workshop „Indicators for R-Strategies on Product and Company Levels: Workshop and Gamification“ von Dr. Araujo und Prof. Viere trug das INEC außerdem maßgeblich zum DACE Summit, das am 4. und 5. November 2025 in Aachen unter dem Motto „Shaping the Future of Circular Economy“ stattfand (siehe Abb. 3 und Abb. 4), bei. Experten und externe Akteure diskutierten, wie Daten und Kompetenzen zirkuläre Lösungen fördern können.



Abb. 3: Professor Dr. Mario Schmidt war Keynote Speaker beim DACE Summit 2025 in Aachen



Abb. 4: Workshop beim DACE Summit 2025 in Aachen, geleitet vom INEC

greenProd – Energieoptimierte Produktion mit grünen Digitalen Zwillingen

Im Forschungsprojekt greenProd beschäftigt sich das Projektteam des INEC intensiv mit der Berechnung von Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) in der industriellen Produktion. Zentrale Werkzeuge sind dabei grüne Digitale Energiezwillinge (gDEZ), die den Energieverbrauch sowie die damit verbundenen Emissionen digital abbilden. Dies umfasst sowohl die Bilanzierung der Emissionen einzelner Produktionsprozesse als auch die Erfassung der Umweltwirkungen, die durch den Einsatz der gDEZ selbst entstehen (siehe Abb.).

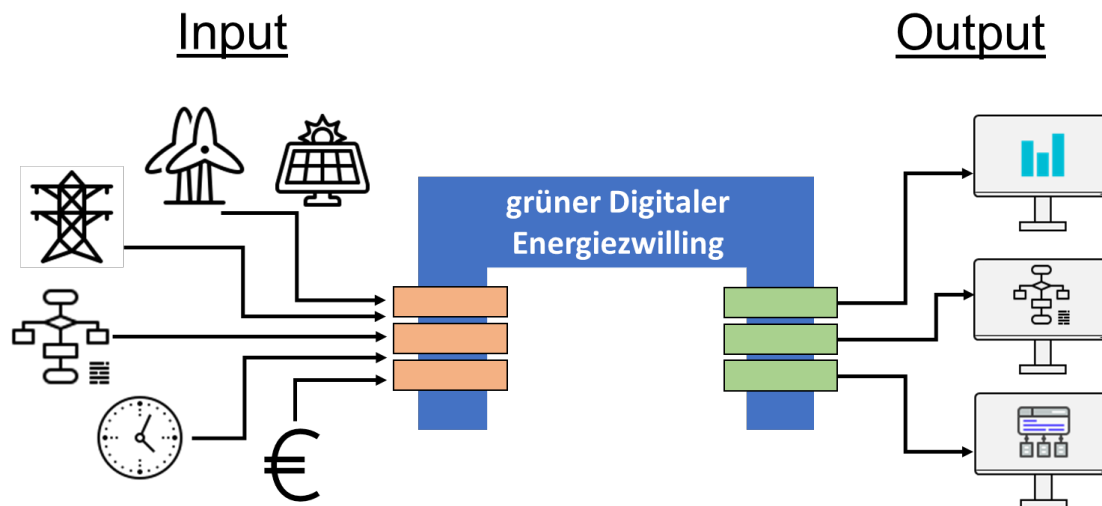


Abb. 5: Übersicht des grünen Digitalen Energiezwillings mit Inputs und Outputs beteiligter Systeme. Quelle: in Anlehnung an Gesamtvorhabenbeschreibung greenProd

Ein Kernbestandteil der Forschungsarbeit ist die Entwicklung eines Berechnungsalgorithmus, der unter Einbeziehung unternehmensinterner Prozess- und Energiedaten (Energieverbrauch, Eigenerzeugung) sowie externer Daten (z.B. Emissionsfaktoren des öffentlichen Stromnetzes) eine Vorhersage der zukünftigen THG-Emissionen der Produktion ermöglicht. Auf Basis des jeweiligen Produktionsplans eines Unternehmens können so präzise Emissionsprognosen erstellt werden. Diese bilden die Grundlage für eine Optimierung der Produktionsplanung, bei der energieintensive Arbeitsschritte gezielt in Zeiträume verschoben werden, in denen viel regenerativ erzeugte Elektrizität (intern wie extern) zur Verfügung steht.

Für die Investitionsplanung werden im Forschungsprojekt ergänzend praxisnahe Ansätze entwickelt, die auf Basis historischer unternehmensspezifischer Lastprofile ermitteln, ob Investitionen in Photovoltaikanlagen oder Batteriespeicher ökologische und wirtschaftliche Vorteile bieten.

Mit dieser Kombination aus operativer Emissionsoptimierung (kurzfristig) und strategischer Investitionsplanung (langfristig) schafft greenProd einen umfassenden Ansatz zu einer klimafreundlichen Gestaltung industrieller Produktion. Das Projekt liefert damit wichtige Grundlagen für die Transformation hin zu einer resilienten, emissionsarmen und zugleich wettbewerbsfähigen Industrie.

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Rahmen des Förderprogramms „Entwicklung digitaler Technologien“ gefördert. Projektleiterin am INEC ist Prof. Dr. Ingela Tietze.

Klima-Freizeit – Klimasensible Gemeinschaftsverpflegung auf Freizeiten: Entwicklung einer Online-Lösung für Ehrenamtliche zur praktischen deutschlandweiten Umsetzung

Das Ziel des Vorhabens ist es, ehrenamtliche Leiterinnen und Leiter von Freizeit- und Bildungsmaßnahmen in Selbstversorgerhäusern oder an ähnlichen Freizeitstätten in Deutschland zu befähigen und zu motivieren, ihre Freizeit- und Bildungsmaßnahmen insbesondere hinsichtlich der Ernährung mit minimaler Klimabelastung zu planen und umzusetzen. Hierzu wurde die Online-Plattform „DEATER.info“ entwickelt. DEATER.info richtet sich somit an die Veranstalter/-innen und Anbieter/-innen von Gruppenfreizeiten. Auch andere institutionelle Nachfrager/-innen wie Kindergärten und Tagungshäuser oder auch private Nachfrager/-innen z.B. für Familienfeiern erweitern den potentiellen Nutzerkreis. Die Online-Ressource DEATER.info ist seit Anfang 2024 online und wurde im Laufe des Jahres 2025 massiv durch Kommunikations- und Schulungsmaßnahmen beworben, so dass bereits knapp 10.000 Besuche auf der Website (knapp 200 Besuche/Woche) erreicht wurden. Parallel dazu wurde die Plattform u.a. um die Berechnungsoption der Klimawirkung der Gemeinschaftsverpflegung ergänzt, die mittlerweile auch im Produktivmodus läuft. Daneben konnte in Kooperation mit einem Projekt des Landesjugendringes BW der Bereich der Rezepte und der inhaltlich-pädagogischen Ansätze weiter ausgebaut werden. Die Wirkung dieser Projektaktivitäten kann durch das Tracking-Tool „Matomo“ gut auf seine Wirkung überprüft werden, so dass eine gute Grundlage für weitere Vernetzungs- und Werbungsmaßnahmen vorliegt.

Für die restliche Laufzeit des Vorhabens bis Mitte 2026 ist die Verstetigung der Projektaktivitäten durch einen gemeinnützigen Verein geplant. Darüber hinaus wird als Abschlussveranstaltung ein Fachtag zur Gemeinschaftsverpflegung auf Freizeiten im Juni 2026 im Zentrum für Umweltkommunikation ZUK der Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück vorbereitet.

Die wissenschaftlichen Arbeiten zur Bestimmung der Klimawirkung von Kinder- und Jugendfreizeiten im Rahmen des Vorhabens werden zum einen im Jahr 2026 zu einer wissenschaftlichen Publikation weitergeführt. Die wissenschaftliche Mitarbeiterin des Vorhabens hat zum anderen gemeinsam mit den Hochschulen Münster und Osnabrück ihr Masterarbeitsthema zu einem Promotionsthema weiterentwickelt, dessen Bearbeitung sie 2026 in Abstimmung mit der Hochschule Pforzheim beginnen wird. Hierfür hat sie sich mit Unterstützung der Hochschule Pforzheim und mit Bezug auf das Klima-Freizeit-Vorhaben im September 2025 erfolgreich für ein Promotionsstipendium der Deutschen Bundesstiftung beworben.

Das Projekt Klima-Freizeit wird durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert. Projektleiter am INEC ist Prof. Dr. Jörg Woidasky.

KLIREC – Klima, Ressourcen und Circular Economy (KLIREC) – Wechselbeziehungen, Synergien und Tradeoffs

Das kooperative Promotionskolleg, das das INEC zusammen mit dem KIT durchführt, hat inzwischen 15 Doktorandinnen und Doktoranden und ist am KIT interdisziplinär an drei Fakultäten vertreten. In halbjährlichen All-Hands-Treffen werden die Arbeitsergebnisse der einzelnen Vorhaben vorgestellt. In etwa 4- bis 6-wöchigen Abstand führen die Stipendiaten und Stipendiatinnen eigene Workshops durch. Das Kolleg hat außerdem im September in Heidelberg eine Summer School mit externen Referenten zu Themen durchgeführt, die inhaltliche Berührung mit dem Kolleg haben. Mit dabei war z.B. der Umweltökonom Prof. Malte Faber oder der ehemalige Leiter der Deutschen Energieagentur Andreas Kuhlmann. Im November konnte der erste Stipendiat erfolgreich seine Dissertation verteidigen und mit magna cum laude abschließen.



Abb. 6: Summer School des Promotionskollegs KLIREC mit den Gastreferenten Professor Malte Faber (Universität Heidelberg), Dr. Marc Frick (Universität Basel) und Andreas Kuhlmann (Christ & Company Berlin)

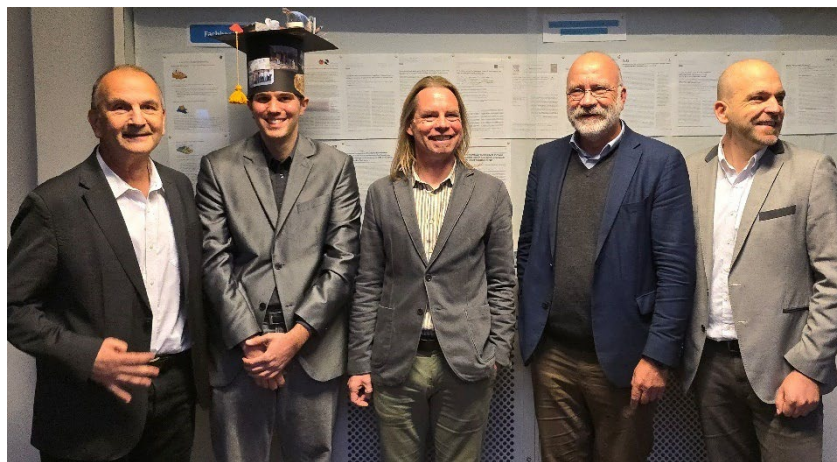


Abb. 7: Erster erfolgreicher Doktorand Benjamin Fritz zusammen mit den Professoren Mario Schmidt, Jochen Kolb, Christoph Hilgers und Tobias Viere (v.l.n.r.)

Kreislauf E-Wende – Kreislauffähige Energiewende: Bilanzierung der Minderung von THG durch zukünftige Materialkreisläufe im Lebenszyklus energietechnischer Anlagen und Komponenten: Materialrecycling für die Energiewende

Das Projekt, das gemeinsam von der TU Darmstadt, der Siemens energy AG, der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) und dem INEC bearbeitet und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) finanziell gefördert wurde, konnte 2025 erfolgreich abgeschlossen werden. Der Verband der Deutschen Maschinen- und Anlagenbauer VDMA ließ sich im März 2025 die Ergebnisse des Projektes Kreislauf-E-Wende vorstellen. Dazu trafen sich in Frankfurt ca. 50 Vertreter/-innen aus Mitgliedsunternehmen zu einer entsprechenden Tagung. Außerdem konnten mehrere Fachveröffentlichungen in internationalen Journals eingereicht werden. Im Vordergrund des Projektes stand, wie Strategien der Kreislaufwirtschaft und des Klimaschutzes insbesondere bei energietechnischen Anlagen zusammenpassen. Bei der Entsorgung oder dem Recycling von langlebigen Produkten, wie sie in der Energiewirtschaft auftreten, stellt sich die Frage, was die beste Strategie zur Verwertung der Materialien ist. Wann sollte man die Anlagen ersetzen? Oder besser nur nachrüsten? Welche Daten kann man verwenden? Welche Gutschriften für eingesparte Emissionen darf man geben? Bei der Hochschule Pforzheim lag der Schwerpunkt auf prospektiven LCA und den Änderungen, die eine Berücksichtigung der Zeit bei Ökobilanzen mit sich bringt.



Abb. 8: Teilnehmer der Tagung „Life Cycle Assessment und Product Carbon Footprint im Kontext der Circular Economy“ beim VDMA in Frankfurt

MEiK – Medizinische Einmalgebrauchsprodukte in der Kreislaufwirtschaft – Wege von der Beseitigung zur stofflichen Verwertung

Das von Prof. Dr. Jörg Woidasky und Prof. Dr. Tobias Viere geleitete Verbundforschungsprojekt MEiK – Medizinische Einmalgebrauchsprodukte in der Kreislaufwirtschaft – zielt darauf ab, eine hochwertige und klimafreundliche stoffliche Verwertung von medizinischen Einmalgebrauchsprodukten mit hohem Kunststoffanteil zu entwickeln, praktisch zu demonstrieren und unter ökologischen sowie ökonomischen Gesichtspunkten zu bewerten. Die Vision des Projekts ist ein transparentes Krankenhaus aus Stoffstromsicht, in dem Materialflüsse und Abfallentstehung nachvollziehbar sind und auf dieser Basis nachhaltige Kreislaufwirtschaftslösungen umgesetzt werden können.

Im zweiten Projektjahr 2025 wurde die Beschaffungsanalyse fortgeführt, bei der die 150 am häufigsten verwendeten Artikel von drei deutschen Krankenhäusern auf ihre Materialzusammensetzung untersucht wurden. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für LCA-Modelle und schaffen Transparenz über die Stoffeinträge in den Einrichtungen. Ergänzend dazu wurden die Daten der ersten deutschlandweiten Benchmarkstudie zur Abfallentstehung in deutschen Krankenhäusern wissenschaftlich ausgewertet und unter anderem in einem Ergebnisbericht („Hochschule Pforzheim – MEiK“) zusammengeführt. Eine Folgestudie wurde bereits auf den Weg gebracht.

Ein weiterer Schwerpunkt war die experimentelle Untersuchung des infektiösen Abfallstroms aus deutschen Gesundheitseinrichtungen mittels bildgebender Verfahren. Von März bis Mai 2025 wurden auf dem Werksgelände des Projektpartners REMONDIS Medison GmbH in Lünen mehr als 6.000 Abfallbehälter durchleuchtet (siehe Abb. 9). Anschließend erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Zeiss Innovation Hub @ KIT die systematische Auswertung und Charakterisierung der Bilddaten mithilfe von

Machine-Learning-Methoden.



Abb. 9: Beispielhafte Röntgenaufnahmen infektiöser medizinischer Abfälle. Bildquelle: Remondis Medison

Zur Erfassung der Abfallströme bei Operationen dokumentierte der Projektpartner htw saar ausgewählte chirurgische Abläufe im Klinikum Lüneburg mittels Videoaufzeichnungen. Die Auswertung dieser Aufzeichnungen soll die Entstehung und Zusammensetzung von Abfällen differenziert erfassen, Prozesse transparenter machen und sowohl die Entwicklung nachhaltiger Entsorgungsstrategien als auch gezielter Schulungskonzepte für das Klinikpersonal ermöglichen. Zudem wurde eine Stakeholder-Analyse durchgeführt, um die Perspektiven aller beteiligten Akteure für die Verbesserung der Kreislaufwirtschaft im Gesundheitswesen zu berücksichtigen.

Im letzten Projektjahr 2026 werden zudem die werkstofftechnischen Analysen von Kunststoffen im Gesundheitswesen intensiviert, da sie die Grundlage für die Entwicklung der angestrebten Produkte aus Rezyklaten bilden. Ergänzend ist die Erstellung einer Ecodesign-Guideline für Medizinprodukte vorgesehen, welche die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse praxisnah zusammenführt und konkrete Empfehlungen für die Gestaltung zukünftiger, kreislauffähiger Produkte liefert.

Potenzialanalyse Circular Economy Heilbronn-Franken: Wissenschaftliche Strukturierung und Begleitung

In diesem Projekt wurden die Potenziale einer Circular Economy (CE) für produzierende Unternehmen der Region Heilbronn-Franken ermittelt, zusammen mit dem Auftraggeber TIM Consulting GmbH. Dazu wurden Möglichkeiten im Bereich der CE in der Automobil- und Zuliefererindustrie in der Region jetzt und in Zukunft identifiziert. Weiterhin wurden mögliche Zukunftsszenarien sowie praxisnahe Handlungsempfehlungen zur Förderung der CE für die Branche/Region erarbeitet.

präziSort – Entwicklung und Errichtung einer Pilotanlage mit integraler Detektion zur präzisen Einzelstreckensortierung von Kunststoffabfall

Das Forschungsprojekt präziSort wurde im September 2025 erfolgreich abgeschlossen. Ziel des Projektes war die wesentliche Steigerung der Recyclingquote durch das neue Sortierverfahren SORT4CIRCLE von Polysecure, welches mehrere Technologien kombiniert und in einem einstufigen Prozess Abfallobjekte vereinzelt und verlässlich identifiziert und direkt in sortenreine Fraktionen trennt. Der Projektteil des INEC wird von Prof. Dr. Woidasky und Prof. Dr. Lang-Koetz geleitet. Dort wurden Begleitforschungsaktivitäten zur Anlagenentwicklung des Projektpartners Polysecure durchgeführt (Projektteam: siehe Abb. 10).

Eine zentrale Grundlage bildete eine umfangreiche Sortier- und Verpackungsstudie mit Leichtverpackungsabfällen aus mehreren hundert Haushalten. Die Abfälle wurden systematisch erfasst, gewogen, fotografisch dokumentiert und werkstofflich klassifiziert. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Materialvielfalt und Heterogenität heutiger Verpackungsabfälle. Gleichzeitig wurde deutlich, dass ein relevanter Anteil der Abfälle grundsätzlich recyclingfähig ist, im bestehenden System jedoch aufgrund begrenzter Sortiergenauigkeit und komplexer Materialverbunde nicht hochwertig verwertet wird. Die gewonnenen Primärdaten stellen eine belastbare Basis für die Weiterentwicklung präziser Sortierkonzepte dar. Aufbauend auf diesen Daten wurden ökologische Bewertungen durchgeführt, um den Einfluss verbesserter Sortenreinheit auf die Umweltwirkungen des Kunststoffrecyclings zu analysieren – und in einem Journal-Artikel veröffentlicht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine präzisere Abtrennung definierter Kunststofffraktionen zu deutlichen Einsparungen bei Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf führen kann, insbesondere bei einer Substitution von Primärkunststoffen. Die Projektergebnisse wurden im Kontext der Studie „Abfallwirtschaft 2.0“ eingeordnet, die datenbasierte, material- und objektorientierte Ansätze für eine zukunftsfähige Abfallwirtschaft beschreibt. Das

Forschungsprojekt zeigt, dass technische Innovationen in der Sortierung ihr volles Potenzial für hochwertige Kunststoffkreisläufe nur in Verbindung mit belastbaren Stoffstromdaten und einer fundierten ökologischen Bewertung entfalten.

Die Gesamtergebnisse des Projekts wurden schließlich auf einer Abschlussveranstaltung am 24. September 2025 vorgestellt.

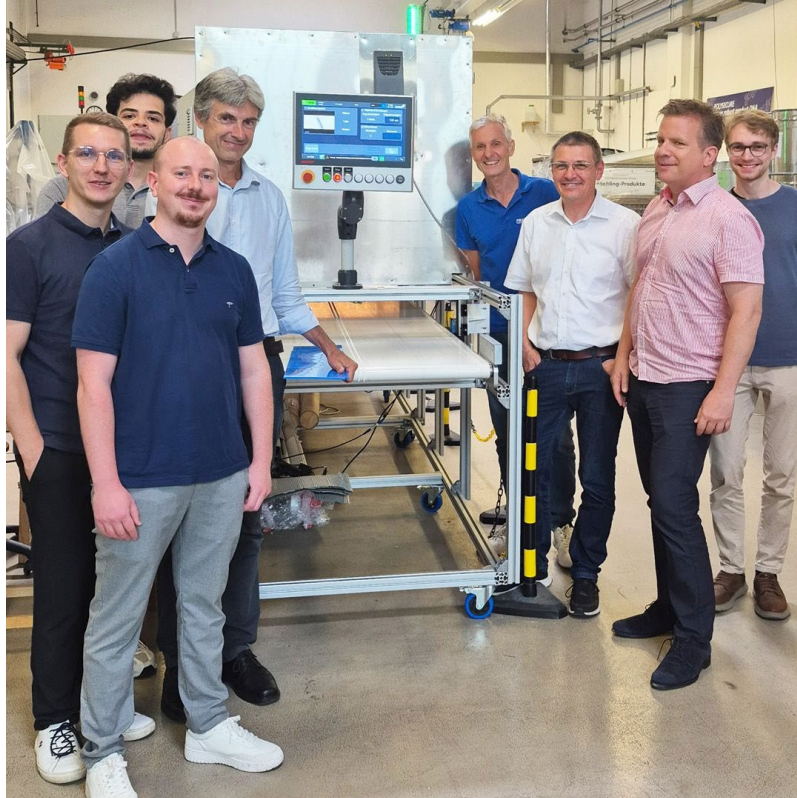


Abb. 10: Projektmeeting bei Polysecure in Freiburg (nicht abgebildet: Maximilian Auer, Simon Eberle). Foto: Martina Kaminski, Polysecure GmbH

PRESERVE – Kreislaufwirtschaft für Schlüsselwerkstoffe der Elektromobilität und erneuerbaren Energie – Konzepte für die Bewertung und den Einsatz von Recyclingmaterialien aus Seltenerdsmagneten und Li-Ionen-Batterien

Zu den kritischen, aber höchst gefragten Rohstoffen gehören Seltene Erden wie Neodym für den Einsatz in Permanentmagneten sowie Lithium für Elektroakkus („Batterien“). Da die Versorgung mit Primärmaterial derzeit global angespannt ist, kommt dem Recycling dieser Rohstoffe aus Altprodukten eine besondere Bedeutung zu. Gemeinsam mit der Hochschule Aalen bearbeitet das INEC die Ökobilanzen verschiedener Recyclingverfahren im Rahmen des Programms für angewandte Nachhaltigkeitsforschung an baden-württembergischen Hochschulen für angewandte Wissenschaften „PAN HAW BW“. Die Verfahren werden an der HS Aalen sowie an der HS Pforzheim in der Fakultät für Technik entwickelt.

Im Rahmen des Projektes wurde im Jahresverlauf auch an mehreren Capacity-Building-Veranstaltungen im Rahmen der Begleitforschung teilgenommen bzw. wurden diese mitorganisiert.

Projektleiter am INEC ist Prof. Dr. Mario Schmidt.

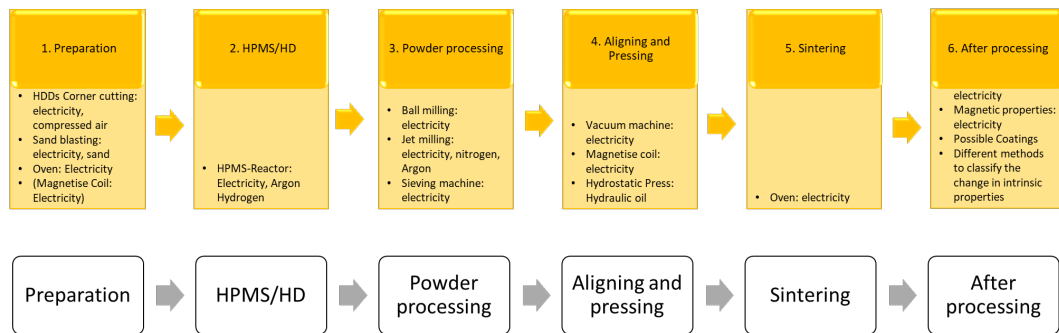


Abb. 11: Prozesskette für das Magnetrecycling (oben) und typische Magnetquellen (unten) für das Recycling von NdFeB. Bild: HS Pforzheim

RewitAI – Re-Integration hochwitterungsbeanspruchter Altkunststoffe in die Kreislaufwirtschaft

Fußball ist Deutschlands beliebteste Sportart. Überall im Land – in Städten, Vororten oder auf dem Land – prägen Fußballplätze das Bild unserer Sportstätten. Was vielen jedoch nicht bewusst ist: im Amateurbereich sind häufig Kunststoffrasensysteme verbaut. Dies liegt vor allem an ihrer einfacheren Pflege und hohen Beständigkeit. Doch was geschieht mit ihnen, wenn sie das Ende ihres Lebens erreicht haben? Könnte mechanisches oder chemisches Recycling eine umweltfreundlichere Alternative zu der thermischen Verwertung sein? Diese Fragen hat sich der Landessportverband Baden-Württemberg gestellt und die Hochschulen Aalen, Furtwangen und Pforzheim um die Suche nach Antworten gebeten.

Das Projekt RewitAI wird vom INEC gemeinsam mit der Hochschule Aalen und der Hochschule Furtwangen im Rahmen des Programms für angewandte Nachhaltigkeitsforschung an baden-württembergischen Hochschulen für angewandte Wissenschaften „PAN HAW BW“ durchgeführt. Am INEC werden mithilfe der Ökobilanzierung die unterschiedlichen Verwertungsszenarien miteinander verglichen. Ziel ist es, Handlungsempfehlungen für die Sportstättenbetreiber zu formulieren.



Abb. 12: Querschnitt eines Kunstrasens mit den PE-Fasern, Quarzsand, Performance Infill und Teppichrücken sowie dem schwarzen ELT. Quelle: Deimling, PR-Recycling

Im Juli fand das 3. Konsortialtreffen zusammen mit dem Projektbeirat in Pforzheim statt. Ebenfalls im Juli sowie im September organisierte das INEC als Teil der Begleitforschung des ITAS Karlsruhe Workshops zum Thema Life Cycle Assessment für alle Projekte im Rahmen des PAN HAW BW-Programms.

SEB – Systematische Erschließung des kreislaufwirtschaftlichen Potenzials von Beatmungssystemen

Das Forschungsprojekt SEB startete am 01.09.2024 und wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für einen Zeitraum von drei Jahren gefördert. Ziel des Projektes ist die systematische Untersuchung des kreislaufwirtschaftlichen Potenzials von Beatmungssystemen. Bearbeitet wird das Projekt gemeinsam mit Löwenstein Medical Technology GmbH & Co. KG als Hersteller von Beatmungssystemen und Beatmungsmasken sowie als Serviceprovider für die Heimbeatmung im Unternehmensverbund sowie der WILamed GmbH, einem Hersteller von Beatmungsschläuchen und Atemgasbefeuchtern.

Beatmungssysteme bestehen in der Regel aus dem eigentlichen Beatmungsgerät, ggf. aus einer Befeuchtungseinheit, sowie weiteren Verbrauchsmaterialien wie den Schlauchverbindungen, einem Bakterien-/Virenfilter, einer Tubusverlängerung, ggf. einer Befeuchterkammer, sowie einem Patienteninterface. Diese Patienteninterfaces unterscheiden sich je nach Anwendungsfall in Masken, Tuben oder Trachealkanülen. Während es sich bei dem Beatmungsgerät und der Befeuchtungseinheit um Mehrwegprodukte handelt, welche nach der Nutzung aufbereitet werden können, so handelt es sich bei den Verbrauchsmaterialien typischerweise um Einwegprodukte. Diese werden nach vom Hersteller definierten Nutzungsintervallen ausgetauscht und meist über den Restmüll entsorgt. Bei infektiösen Patienten müssen die Produkte gesondert entsorgt werden. Die Praxis zeigt jedoch, dass die einzelnen Verbrauchsmaterialien oft in engeren Wechselintervallen ausgetauscht werden, was zu einem erhöhten Abfallaufkommen führt. Zum Beginn des Vorhabens gab es keine publizierten Informationen zu genauen Verbrauchsinformationen von Einwegprodukten bei der Beatmung oder auch zu deren Abfallmengen und -entsorgungswegen. Die Schaffung einer Datengrundlage hierzu ist daher eine

der ersten Aufgaben im Rahmen des SEB-Vorhabens. Weitere, darauf aufbauende Schritte sind die genaue kreislaufwirtschaftliche Charakterisierung der relevanten Beatmungssysteme, die Ableitung von Eco-Design-Ansätzen sowie die Entwicklung entsprechender Geschäftsmodelle für umweltlich vorteilhafte Beatmungslösungen.

Hierfür erfolgte zunächst eine Analyse hinsichtlich des Status quo einschließlich der Identifikation bisher bekannter oder auch umgesetzter Lösungsansätze. Neben einer systematischen Literaturrecherche wurden hierfür Interviews mit den Herstellern durchgeführt. Zur Analyse des Stoffstromes erfolgte eine Analyse von Fallzahlen an Beatmungspatienten aus 2024 in den Anwendungsgebieten Intensivbeatmung, Anästhesie, Heimbeatmung, Schlaftherapie. Hinzu kamen umfangreiche Demontagestudien an den einzelnen Systemkomponenten. Abb. 13 links zeigt die Demontage eines prisma25S Schlaftherapiegerätes. Basierend hierauf und auf einem Innovationsworkshop (siehe Abb. 13 rechts) erfolgte eine Priorisierung von Konzeptideen im Rahmen eines Auswahlworkshops.



Abb. 13: Links: Demontage der Beatmungssysteme. Rechts: Innovationsworkshop bei Löwenstein Medical Technology. Fotos: Marcel Kern

Erste Erkenntnisse des Forschungsprojektes wurden am 05.12.2025 beim INEC-Symposium „Nachhaltigkeit im Gesundheitswesen“ vorgestellt.

Projektleiter am INEC ist Prof. Dr. Jörg Woidasky.

TraFoNetz – Circular Economy und Transformationsvorgehensweise

Im Projekt TraFoNetz (Transformationsnetzwerk Nordschwarzwald) bearbeitete das INEC mit Prof. Dr. Claus Lang-Koetz und Prof. Dr. Frank Bertagnolli ein Teilprojekt, in dem zum einen das Thema Circular Economy und zum anderen das Vorgehen bei der Transformation im gegebenen Umfeld erforscht wurde.

In einer Studie wurde untersucht, wie sich Automobilzulieferer an die sich verändernde Dynamik durch Circular Economy in der Automobilindustrie anpassen können. Ziel war es, Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Umsetzung der Circular Economy in der Automobilzulieferindustrie zu identifizieren. Die Untersuchung basierte auf zwei systematischen Literaturrecherchen sowie 16 qualitativen Interviews mit Zulieferern. Herausforderungen und Lösungsansätze wurden in Kategorien wie rechtliche Rahmenbedingungen, Produktdesign, Materialien, Technologien, Mitarbeiterkompetenzen, Lieferketten und betriebswirtschaftliche Aspekte identifiziert.

Als zentrale Herausforderungen ergab sich, dass der Einsatz von Rezyklaten bei sicherheitsrelevanten Bauteilen aufgrund hoher Qualitätsanforderungen stark eingeschränkt ist. Wiederverwendete Teile sind aufgrund von Akzeptanzproblemen, wechselnden Designs und Qualitätsanforderungen kaum einsetzbar und fehlende Rückführungswege am Ende der Lebensdauer erschweren die Kreislaufschließung. Die Ergebnisse wurden 2025 veröffentlicht.

Weiterhin wurde für die Automobilzulieferindustrie in der Region ein Change-Management-Ansatz entwickelt, um die Transformation ganzheitlich durchzuführen. Das „Change Canvas“ diente dabei als Vorlage für drei Workshops mit der Automobilzulieferindustrie. Aus den Workshops wurden drei detaillierte Transformationsvorgehensweisen für ausgewählte Fokusrichtungen entwickelt. So stehen nun drei Vorlagen mit Fragestellungen für die Begleitung des Wandels in den Bereichen Innovation, Effizienz/Lean und Nachhaltigkeit zur Verfügung.

WELLE 67

Das Projekt „Weiterentwicklung Lean Logistics – WELLE 67“ von Prof. Dr. Frank Bertagnoli mit dem Industriepartner LGI GmbH konnte zum Jahresende 2025 erfolgreich abgeschlossen werden. Es war das letzte Projekt einer längeren Projektreihe.

Im Mittelpunkt stand die Konzeption einer Ideallogistik nach den Prinzipien der schlanken Logistik (Lean Logistic). Hierfür wurde die klassische Wertstromanalyse für die Produktion für die Logistik adaptiert und weiterentwickelt. Hierbei spielten vor allem die komplexen digitalen Informationsflüsse eine zentrale Rolle. Das Ergebnis wurde in 2025 mehrfach in internen Unternehmensprojekten erprobt und angewendet. Es folgte eine Evaluierung in verschiedenen ausgewählten Umsetzungsprojekten an verschiedenen Standorten in Europa. Die Ergebnisse wurden zurückgeführt und in eine finale Methodenvorgehensweise gebracht. Diese wird nun im Unternehmen in einer kommenden Transferphase angewendet.

ZIRU – Zirkuläre und ressourcenschonende Produktentwicklungsprozesse in der industriellen Umsetzung

Das im September 2025 beendete Forschungsvorhaben ZIRU zielte darauf ab, Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft systematisch in Produktentstehungsprozessen zu verankern. Kern des Projekts war die Entwicklung, Durchführung und wissenschaftliche Evaluation eines modularen Workshopformats mit insgesamt acht Unternehmen zur systematischen Integration von Zirkularität in den Produktentstehungsprozess. Der Workshop kombiniert Grundlagenvermittlung, Analyse bestehender Entwicklungsprozesse, den Einsatz digitaler Entscheidungstools sowie die Arbeit mit Zirkularitätsindikatoren (siehe Abb. 14). Zum Einsatz kamen umfangreiche, selbsterklärende Materialien, darunter Prozesskarten zur Visualisierung des PEP, ein webbasiertes Tool (Circularity Navigator), ein Excel-basiertes Indikatorentool, Posterformate zur Ergebnisdokumentation sowie spielerische Lernformate wie das Kartenspiel „Circular Match“. Abgeschlossen wurde jeder Workshop durch die Erarbeitung eines strukturierten Transferplans, der konkrete Maßnahmen, Verantwortlichkeiten und nächste Schritte festhielt und so die Umsetzung im Unternehmensalltag absicherte.



Abb. 14: Einblick in ZIRU-Workshops

Zur Verfestigung der Projektergebnisse wurde ein eigenständiger Train-the-Trainer-Ansatz entwickelt und erprobt. Ziel war es, Multiplikatoren und Multiplikatorinnen aus Organisationen wie Wirtschaftsförderungen, Beratungsinstitutionen oder Bildungseinrichtungen in die Lage zu versetzen, die ZIRU-Workshops eigenständig durchzuführen. Hierzu wurden ein standardisiertes Workshop-Bundle, detaillierte Ablaufpläne sowie didaktisch aufbereitete Präsentations- und Moderationsmaterialien erstellt. Der Train-the-Trainer-Workshop stellte sicher, dass sowohl methodische Logik als auch inhaltliche Tiefe des Konzepts konsistent weitergegeben werden können.

Ein zentrales Projektergebnis ist die Weiterentwicklung des Circularity Navigator (www.circularity-navigator.com) zu einem praxistauglichen, webbasierten Entscheidungstool. Aufbauend auf Vorarbeiten wurde das Tool funktional erweitert, nutzerfreundlicher gestaltet und eng mit den Workshopformaten verzahnt. Es unterstützt Unternehmen bei der Auswahl geeigneter zirkulärer Geschäftsmodelle, Designprinzipien und Maßnahmen entlang des Produktlebenszyklus. Ergänzt wurde der Navigator durch Dokumentationsfunktionen sowie die Anbindung eines Indikatorensets, so dass Entscheidungen nachvollziehbar festgehalten und in spätere Entwicklungsphasen überführt werden können. Rückmeldungen aus den Praxisworkshops bestätigten den hohen Nutzen des Tools und lieferten konkrete Impulse für weitere Ausbaustufen. Zur Stärkung des Ergebnistransfers und der externen Sichtbarkeit wurden die Projektergebnisse 2025 auf ausgewählten Fach- und Netzwerkveranstaltungen adressiert. Veranstaltungen wie

der Design Summit in Stuttgart dienten dabei als Plattform, um das Thema „Design for Circularity“ in der industriellen Produktentwicklung zu positionieren, Projekterfahrungen zu spiegeln und Rückmeldungen aus Praxis, Design und Innovation aufzunehmen. Diese Formate trugen dazu bei, das entwickelte Workshopkonzept und den Circularity Navigator in relevanten Zielgruppen zu verankern und potenzielle Multiplikatoren und Multiplikatorinnen anzusprechen.

Im Kontext von ZIRU und dem Vorgängerprojekt DfC-Industry (in 2024 beendet) konnte Annika Pruhs erfolgreich promovieren (siehe unten).

Zukunftsmarkt GreenTech: Wissenschaftliche Strukturierung und Begleitung

Dieses Projekt wird mit dem Auftraggeber TIM Consulting GmbH zusammen für die Landesagentur Umwelttechnik BW durchgeführt. Es werden Technologietrends für vier GreenTech-Leitmärkte ermittelt, Kompetenzen bestimmt, um im GreenTech-Bereich erfolgreich agieren zu können, Best-Practice-Fallstudien zu Unternehmen aus der klassischen Industrie erarbeitet, die erfolgreich zu GreenTech-Anbietern wurden, und ein Leitfaden zur Neugeschäftgenerierung im GreenTech-Bereich entwickelt. Die Ergebnisse werden im Frühjahr 2026 auf einer Veranstaltung für interessierte Unternehmen präsentiert.

Forschungsstelle Kreislaufwirtschaft im Gesundheitswesen

Im Jahr 2025 setzte die 2024 am Institut für Industrial Ecology der Hochschule Pforzheim gegründete Forschungsstelle „Kreislaufwirtschaft im Gesundheitswesen“ ihre Arbeit fort, um Zirkularität und Klimafreundlichkeit in der Gesundheitswirtschaft zu fördern. Unter Leitung von Prof. Dr. Jörg Woidasky bearbeiteten die Teams interdisziplinär Fragestellungen an der Schnittstelle von Medizintechnik, Umwelttechnik und Ökobilanzierung. Die Forschungsstelle arbeitete eng mit dem Bundeswirtschaftsministerium im Rahmen des MEiK-Projekts sowie der Deutschen Bundesstiftung Umwelt im SEB-Vorhaben zusammen, wodurch die wissenschaftliche Arbeit durch Projektmittel unterstützt und drei Stellen für Doktorandinnen und Doktoranden finanziert werden konnten. Die Tätigkeitsschwerpunkte im Jahr 2025 umfassten den Aufbau belastbarer Daten- und Analysegrundlagen zu Abfallströmen im Gesundheitswesen, die Entwicklung praxisnaher Leitfäden für Eco-Design und nachhaltiges Beschaffungswesen sowie die Identifikation von Optimierungspotenzialen für die Kreislaufführung von Einmalprodukten, zunächst im Bereich stationärer Krankenpflege und Heimbeatmung.

2025 wurde eine Stelle aus dem Mittelbauprogramm des Landes Baden-Württemberg erfolgreich beantragt. Bereits die Antragstellung ist nur besonders forschungsstarken Professoren und Professorinnen der HAW in Baden-Württemberg möglich. Mit der Stellenbewilligung wurde sowohl die Themenstellung der Forschungsstelle als auch ihre strategische Ausrichtung durch Zuweisung einer dreijährigen Finanzierung einer Wissenschaftlerstelle honoriert. Die zum Ende des Jahres 2025 besetzte Mittelbaustelle begleitet die Forschungsprojekte und übernimmt Aufgaben, wie die Erstellung praxisnaher Handlungsempfehlungen, die Analyse von Abfall- und Ressourcendaten sowie die ökologische Bewertung von Kreislaufkonzepten. Darüber hinaus unterstützt die Mittelbaustelle den Wissenstransfer in Klinikprozesse und Beschaffungssysteme, wodurch die personelle Kapazität der Forschungsstelle gestärkt und die interdisziplinären Arbeiten im Jahr 2026 ausgeweitet werden können.

Im Dezember 2025 fand das 7. INEC-Symposium „Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz“ mit dem Titel „Kreislaufwirtschaft im Gesundheitswesen“ statt (siehe unten). Weitere Präsentationen der Aktivitäten der Forschungsstelle erfolgten u.a. auf der OPIK-Konferenz am KIT/Karlsruhe am 17.11.2025, auf dem ZUKE Green-Kongress (25.–26.11.2025) sowie bei zahlreichen weiteren Veranstaltungen. Prof. Dr. Woidasky wurde außerdem als Fachreferent

zur Sitzung der Arbeitsgruppe Zirkularität im Gesundheitswesen des Bundes-Umweltministeriums in Berlin am 25.11.2025 eingeladen.

Die Forschungsstelle wird ihre Aktivitäten in den kommenden Jahren auf die ambulante Versorgung ausweiten, zusätzliche Daten zu Abfall- und Ressourcennutzung erheben und kreislaufwirtschaftliche Strategien verstärkt in Beschaffungs- und Prozesssysteme integrieren. Ziel ist es, die Hochschule Pforzheim als Kompetenzzentrum für zirkuläre und klimafreundliche Lösungen im medizinischen Bereich mit großer Sichtbarkeit zu etablieren.

Abgeschlossene Promotionen

Der ehemalige INEC-Mitarbeiter und Doktorand **Benjamin Fritz** hat im Oktober 2025 seine Dissertation mit Erfolg verteidigt und eine Gesamtnote von magna cum laude (1,0) erhalten. Der Titel seiner Arbeit lautet „Life Cycle Assessment of gold: Comparative evaluation of primary and secondary production“, sie handelt von der Ökobilanz der Goldgewinnung im Bergbau und im Recycling. Im Fokus der Dissertation stehen der Klimafußabdruck von Gold, aber ebenso z.B. die Quecksilberemissionen durch die Gewinnung im handwerklichen Bergbau. Eigene Messungen führte der Doktorand während mehrerer längerer Aufenthalte in den informellen Goldminen im Amazonas-Regenwald durch. Die Forschungsarbeiten führten zu mehreren Artikeln in renommierten internationalen Fachzeitschriften.

Benjamin Fritz hat als Erster der Stipendiaten und Stipendiatinnen des kooperativen Promotionskollegs „Klima, Ressourcen und Circular Economy“ (KLIREC) seine Promotion abgeschlossen. Die Prüfung erfolgte an der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Am 16.10.2025 verteidigte **Maximilian Auer** seine kumulative Promotionsarbeit „Physikalische Grundlagen und Effekte des Einsatzes von Fluoreszenztracern bei der Kreislaufführung von Kunststoffen“. Ausgehend von der Bestimmung technischer Weiterentwicklungsbedarfe im Kunststoffrecycling durch eine Verwerterbefragung untersuchte Maximilian Auer die kunststofftechnische Eignung von Fluoreszenzmarkern, die in ppm-Konzentrationen als zusätzliches Trennmerkmal für das Recycling in Polymere eingebracht werden können. Dazu gehörte unter anderem die systematische Mehrfachverarbeitung mehrerer tracerhaltiger Kunststoffe und die Untersuchung der Wechselwirkungen von Polymeren und Tracermaterialien auf die Werkstoffeigenschaften und die Fluoreszenzeffekte. Erstmals konnte er darüber hinaus detaillierte Untersuchungen zur Wirkung der Partikelgrößenverteilung und -positionierung im Polymer auf den visuellen Fluoreszenzeindruck von Polymerwerkstücken durchführen und damit die wissenschaftliche Grundlage für ein weiteres Unterscheidungsmerkmal auf Basis der Korngrößenverteilung der eingesetzten partikulären Tracer legen. Der Prüfungskommission gehörten Prof. Dr. habil. Christina Dornack (TU Dresden) als Erstgutachterin sowie Prof. Dr. Jörg Woidasky (INEC) als Zweitgutachter und Betreuer am Forschungsstandort an.

Am 12.12.2025 verteidigte **Annika Pruhs** an der Technischen Universität Dresden erfolgreich ihre Dissertation mit dem Titel „Operationalisierung eines Design for Circularity in der industriellen Produktentwicklung“. Der Prüfungskommission gehörten Prof. Jörg Woidasky (INEC) sowie Prof. Dr. habil. Christina Dornack (TU Dresden) an. Prof. Dr. Tobias Viere (INEC) hatte die Arbeit inhaltlich mitbetreut und war online zugeschaltet.

Thematisch widmet sich die Arbeit der methodischen Verankerung von Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in der industriellen Produktentwicklung. Ziel der Dissertation ist es, Design for Circularity (DfC) systematisch zu operationalisieren und damit eine Brücke zwischen strategischen Ansätzen der Circular Economy und konkreten konstruktiven Entscheidungen zu schla-

gen. Hierzu wurde ein ganzheitliches Rahmenwerk entwickelt, das zirkuläre Geschäftsmodelle, Ecodesign-Ansätze und lebenszyklusbezogene Schwerpunkte integriert. Zentrale Bestandteile sind strukturierte Entscheidungshilfen in Form von Matrizen und eines regelbasierten Entscheidungsbaums, die eine frühzeitige und fundierte Auswahl geeigneter kreislaufwirtschaftlicher Designprinzipien ermöglichen. Ergänzt wird der Ansatz durch konkret ausgearbeitete Circular Design Principles, das digitale Entscheidungsunterstützungstool „Circularity Navigator“ sowie ein Indikatorenset zur quantitativen Bewertung von Zirkularität. Die Methodik wurde anhand industrieller Fallstudien validiert und zeigt ein hohes Potenzial für die praxisnahe Umsetzung kreislaufwirtschaftlicher Produktkonzepte. Die Dissertation wurde mit magna cum laude abgeschlossen.

Publikationen

Im Jahr 2025 wurden von den Institutsangehörigen einige Publikationen in renommierten Fachjournals veröffentlicht.

Weiterhin erschien das Buch „Applied Circular Economy Engineering – Technologies and Business Solutions to Implement Circularity“. Das im Wiley-Verlag veröffentlichte Buch wurde herausgegeben von INEC-Mitarbeiter Dr. Juliano Bezerra de Araujo, Prof. Dr. Henning Hinderer und den INEC-Professoren Tobias Viere und Jörg Woidasky. Es stellt in sechzehn Beiträgen von Autoren und Autorinnen aus Wissenschaft und Praxis neueste Forschungsergebnisse und praktische Erkenntnisse zu verschiedenen Aspekten der Kreislaufwirtschaft dar.

Im Jahr 2025 konnte unter Leitung von Professor Mario Schmidt im Richtlinienausschuss Ressourceneffizienz des Vereins Deutscher Ingenieure die Richtlinie VDI 4800 Blatt 3 „einfache standardisierte Vorgehensweise zur Ermittlung eingesparter Treibhausgas-Emissionen von Maßnahmen zur Materialeffizienz (ESTEM)“ fertiggestellt werden. Die ESTEM-Methode wurde in Pforzheim entwickelt und dient Bundes- und Landesbehörden zur Beurteilung von Förderanträgen im Klimaschutzbereich.

Besondere Veranstaltungen, Vorträge und Ereignisse

Professor Mario Schmidt gehört zu den **Top 100.000 Wissenschaftlern**, wie eine internationale Auswertung der wissenschaftlichen Publikationen des vergangenen Jahres 2024 ergab. In seinem Fach der Umweltwissenschaften zählt er zu den Top 3.000. Die Auswertung wird jedes Jahr von der Stanford Universität in den USA erstellt und basiert auf den weltweiten Zitationen der Fachpublikationen des jeweiligen Jahres, die in einer der größten Datenbanken für Fachzeitschriften, der Datenbank Scopus, gelistet sind.

Mit dem **Research Excellence Award** des Instituts für Angewandte Forschung der Hochschule Pforzheim in der Kategorie Mitarbeitende wurde dieses Jahr Dr. Juliano Bezerra de Araujo ausgezeichnet (siehe Abb. 15). Der gebürtige Brasilianer bringt nicht nur internationale Erfahrung aus Forschung und Industrie mit, sondern ist auch zentraler Treiber des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts „DACE – Datenkompetenzzentrum für Circular-Economy-Daten“. „Aus unserer Sicht sprechen drei wesentliche Gründe dafür, Juliano Araujo den Research Excellence Award zu verleihen: seine Publikationserfolge, seine Unterstützung jüngerer Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen an der Hochschule sowie sein außergewöhnlicher Mut, eine sichere berufliche Karriere in Brasilien zugunsten einer wissenschaftlichen Tätigkeit in Deutschland aufzugeben“, betonte Prof. Dr. Claus Lang-Koetz in seiner Laudatio.



Abb. 15: Laudator Prof. Dr. Claus Lang-Koetz, Preisträger Dr. Juliano Bezerra de Araujo und stellvertretende Direktorin des IAF Prof. Dr. Rebecca Bulander (v.l.). Foto: Susanne Materac

20. Ökobilanz-Werkstatt am INEC: Nachwuchsforschende diskutieren Life Cycle Sustainability Assessment – Wissenschaftliche Fachtagung zur Ökobilanzierung an der Hochschule

Seit ihrer Gründung im Jahr 2005 ist die jährliche Ökobilanzwerkstatt ein zentrales Forum für den wissenschaftlichen Nachwuchs und die Vernetzung von Doktorandinnen und Doktoranden im deutschsprachigen Raum. Die Werkstatt bietet Raum für methodische Diskussionen und die Präsentation innovativer Forschungsarbeiten. Schirmherrin der Ökobilanzwerkstatt ist das Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft der TU Darmstadt. Im September 2025 richtete das INEC unter Leitung von Prof. Dr. Viere und koordiniert durch Frau Haug und Frau Hottenroth zum dritten Mal nach 2015 und 2016 eine Ökobilanzwerkstatt aus. Das Oberthema der Ökobilanzwerkstatt „Von der Ökobilanzierung zum Life Cycle Sustainability Assessment!“ griff die methodische sowie inhaltliche Erweiterung der klassischen Ökobilanz um soziale und ökonomische Dimensionen auf. Insgesamt vierzig Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler präsentierten ihre Forschung in Form von Vorträgen und Postern.



Abb. 16: Teilnehmende der 20. Ökobilanz-Werkstatt. Foto: Leon Deterding

Bei der Tagung „Rohstoffwende Metalle voranbringen“ im November 2025 an der Evangelischen Akademie Tutzing diskutierte Professor Mario Schmidt zusammen mit der Vizepräsidentin des KIT Kora Kristof und Professor Stefan Paulik von der Universität Freiburg über die systemische Sicht auf die Material-, Produkt- und Systementwicklung. Schmidts These: Im Kampf um Rohstoffe agiert der Westen ausschließlich marktwirtschaftlich, China dagegen strategisch. Doch Marktwirtschaft hat keine Strategie – hier sei dringend die Politik gefordert.

Im Jahr 2025 wurden zwei **Symposien für Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz** an der Hochschule Pforzheim veranstaltet.

- Das 6. Symposium mit dem Titel „**Nachhaltigkeitslösungen in Zeiten globaler Herausforderungen**“ fand im Juni statt. Dort wurde deutlich, wie wissenschaftliche Erkenntnisse und Praxiserfahrungen von Nachhaltigkeitsfachleuten konkrete Fortschritte im Umwelt- und Klimaschutz von Unternehmen ermöglichen. Im Mittelpunkt standen praxisnahe Ansätze zur Messung und Umsetzung von Nachhaltigkeit – von Ökobilanzen über Klimastrategien bis hin zu innovativen Produkten.
- Im Dezember 2025 fand das 7. Symposium mit dem Titel „**Kreislaufwirtschaft im Gesundheitswesen**“ statt. Dazu hatten sich etwa 220 Teilnehmerinnen und Teilnehmer angemeldet, davon ca. 60 Externe. Die Veranstaltung bot Gelegenheit, aktuelle Forschungsergebnisse und praxisnahe Ansätze zur Kreislaufwirtschaft im Gesundheitswesen zu präsentieren und zu diskutieren, und trug damit zur Vernetzung von Wissenschaft und Praxis bei (siehe Abb. 17).



Abb. 17: Referentinnen und Referenten des INEC-Symposiums am 05.12.2025 unter Leitung von Prof. Jörg Woidasky (ganz rechts). Foto: Jule Finkbeiner

Mit dem Vortrag „1,5-Grad-Ziel verfehlt – und jetzt? Klimapolitik am Scheideweg“ beendete Professor Mario Schmidt das Programm des Studium Generale im Wintersemester 2025/26. „Klimaschutz ist Menschenchutz“ und „Das steht an allererster Stelle: Wir müssen weg vom fossilen Kohlenstoff“ waren die Kernaussagen von Prof. Dr. Schmidt im Audimax der Hoch-

schule Pforzheim. Aber er forderte von der Klimapolitik auch mehr Pragmatismus: „Wir brauchen die Wirtschaft, wer soll das ansonsten umsetzen? Wir brauchen eine starke Wirtschaft, wir brauchen auch eine produzierende Wirtschaft.“ Der Vortrag ist auf Youtube verfügbar: https://lnkd.in/d_2gevsC.

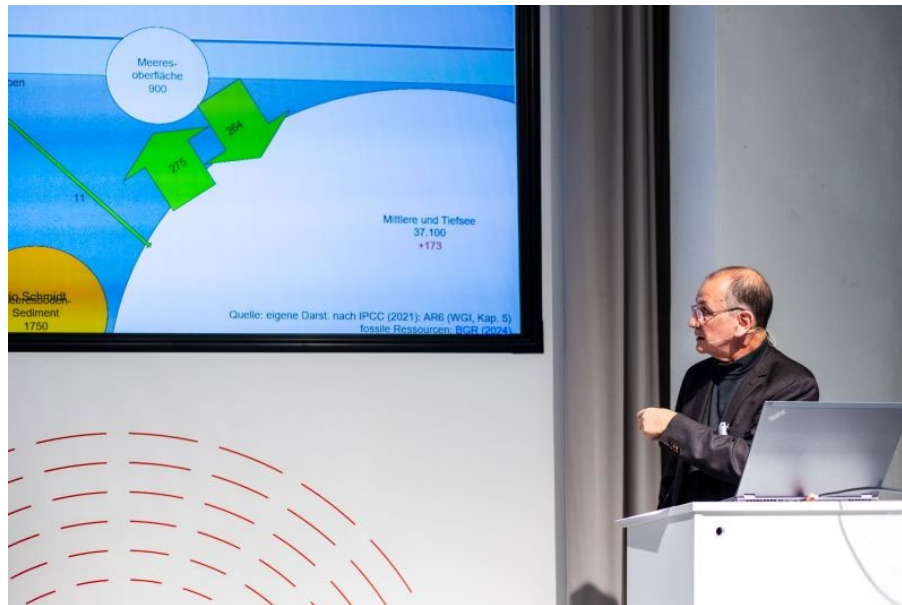


Abb. 18: Prof. Dr. Mario Schmidt beim Studium Generale im Dezember 2025

Abgeschlossen wurde die **Videoreihe „Alles öko? Es kommt darauf an“**, die zusammen mit dem Moderator Kevin Gerwin und mit Unterstützung der PSD-Bank Karlsruhe-Neustadt produziert wird. Es wurden die Folgen „Schnittblumen – geht das auch nachhaltig?“ und „Erdbeeren im Umwelt-Check: Regional oder Import?“ (siehe Abb. 19) produziert.



Abb. 19: Moderator Kevin Gerwin mit INEC-Mitarbeiter Leon Deterding zum Thema „Erdbeeren im Umwelt-Check“. Quelle: <https://youtu.be/QvLm3z2VklQ?si=ZdbU6g20w2VKiNqe>

Mit 1.400 Teilnehmern fand im Oktober der diesjährige **Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress Baden-Württemberg** in Stuttgart statt. An einem Forum war diesmal auch wieder das INEC von der Hochschule Pforzheim beteiligt. Professor Dr. Tobias Viere berichtete gemeinsam mit Projektpartnern von dem DACE-Vorhaben: „Datenkompetenzzentrum für Circular-Economy-Daten“. Das INEC war zudem mit einem eigenen Stand vertreten –

fast das gesamte Team war vor Ort, präsentierte aktuelle Forschungsarbeiten, diskutierte Ideen mit Praktikern und Praktikerinnen und lotete neue Kooperationen aus.

Gut vertreten war das INEC wieder auf **internationalen Fachtagungen**, z.B. Tobias Viere auf der Life Cycle Management Conference in Palermo, Italien (Mitglied des wiss. Komitees).



Abb. 20: Recherchen zu den Umweltauswirkungen des Bergbaus führten die INEC-Mitarbeiterin und Doktorandin Pia Heidak im Februar 2025 nach Afrika, einerseits zu der Tagung „Investing in African Mining“ in Kapstadt und andererseits zu verschiedenen Bergwerken in Namibia

Forschungsaufenthalt in Lissabon: Im Rahmen des Projekts „HERE – Higher Education for Resilient Economy“, gefördert durch die NAWA (BNI/PST/2023/1/00016), hatten Anina Kusch und Annika Pruhs die Möglichkeit, zwei spannende Wochen an der ISCTE – University Institute of Lisbon zu verbringen. Während des Forschungsaufenthalts konnten die beiden gute Einblicke in das HERE-Projekt und viele spannende Einblicke in laufende Forschungsarbeiten gewinnen. Dabei ging es um Themen wie Ressourcenschonung, Klimaanpassung, Abfallvermeidung, Kreislaufwirtschaft, erneuerbare Energien, Biodiversität und nachhaltige Landnutzung.

Mitgliedschaften

Tobias Viere ist stellvertretender Obmann des DIN-Normenausschusses „176-01-10 AA – Ökobilanzen für Medizinprodukte und Pharmaprodukte“. Er ist außerdem Leiter der Arbeitsgruppe „Teaching LCA in Higher Education“ des FSCLI-Netzwerks und vertritt das INEC im ZIM-Innovationsnetzwerk Schiffrecycling (<https://www.shiprec.eu/>).

Im März 2025 wurde Professor Mario Schmidt von der Bundesumweltministerin zu weiteren drei Jahren in die Jury Umweltzeichen Blauer Engel berufen. Bereits seit 2022 war er Vertreter der Wissenschaft und Co-Vorsitzender der Jury neben Katharina Istel vom Naturschutzbund Deutschland e.V. Diese Funktion führt er nun bis Ende 2027 fort.



Abb. 21: Dezember-Sitzung der Jury Umweltzeichen beim Handelsverband Deutschland (HDE) in Berlin

Ingela Tietze ist Mitglied des Technical Review Committee im Strategic Energy Analysis Center des National Renewable Energy Laboratory, USA.

Claus Lang-Koetz wurde 2025 in die Jury des Umwelttechnikpreises Baden-Württemberg aufgenommen. Er ist weiterhin Mitglied im VDI-Fachausschuss 320 „Innovationsmethodiken“.

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

Weitere Informationen: <https://hs-pforzheim.de/inec>

1.2.2 Institut für Smart Systems und Services – IoS³

Das Jahr 2025 verlief für das Institut wiederum sehr erfolgreich. Es wurden sowohl laufende Forschungsprojekte weitergeführt bzw. abgeschlossen als auch eine Reihe neuer Projekte akquiriert.

Im Jahr 2025 sind die folgenden Forschungsprojekte neu hinzugekommen:

- MEDI-Test – Menschmodell für die Evaluation von Diagnosegeräten und Wearables im Benchtest (Prof. Dr. Benno Dömer, Prof. Dr. Rainer Drath, Prof. Dr. Thomas Greiner)
- HYBRICKS – Hybride Bausteine für immersive Lehlabore (Prof. Dr. Benno Dömer, Prof. Dr. Stefan Kray)

Die folgenden Projekte wurden im Jahr 2025 weitergeführt:

- Drive2Transform – Integrative Regional Approaches for the Transformation of the Automotive Industry (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)
- Inskale – Interaktive, skalierbare Lernumgebung für die Elektrotechnik (Prof. Dr. Stefan Kray)
- PBR – Comparison of Perceived Brightness and Colorfulness between Display Technologies (Prof. Dr.-Ing. Steffen Reichel, Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach)
- RISE – Rising competences & skills in less developed Danube regions through food sector cross-topic innovations (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)
- SEB – Systematische Erschließung des kreislaufwirtschaftlichen Potenzials von Beatmungssystemen (Prof. Dr. Benno Dömer, Prof. Dr. Jörg Woidasky)
- CareWarn – Vitalmonitoring – CareWarn / Wearable für die Sturzerkennung und -prophylaxe pflegebedürftiger Menschen (Prof. Dr. Benno Dömer)
- greenProd – Energieoptimierte Produktion mit grünen Digitalen Zwillingen (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr. Rainer Drath, Prof. Dr. Ingela Tietze (INEC))
- KISA – Hybride künstliche Intelligenz für intelligente Sensoren und Aktoren in der Produktion (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr. Rainer Drath, Prof. Dr. Alexander Hetzner)
- METHODS – Modular Engineering Techniques for Heterogeneous Discrete Systems (Prof. Dr. Rainer Drath, Prof. Dr. Thomas Greiner)
- NEOSPEK – Neue Sensorik für die multispektrale klinische Bildgebung (Prof. Dr. Stefan Kray, Prof. Dr. Thomas Greiner)
- TraFoNetz – Aufbau einer Wissensbasis zur Plattformökonomie (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander, Prof. Dr. Ansgar Kühn, Prof. Dr. Rainer Wunderlich, Prof. Dr. Claus Lang-Koetz, Prof. Dr. Frank Bertagnoli)

Im Folgenden werden die einzelnen Projekte beschrieben:

MEDI-Test – Menschmodell für die Evaluation von Diagnosegeräten und Wearables im Benchtest (Prof. Dr. Benno Dömer, Prof. Dr. Rainer Drath, Prof. Dr. Thomas Greiner)

Im Projekt „MEDI-Test“ wird das Ziel verfolgt, ein Menschmodell in Form eines Benchtestsystems zu entwerfen, mit dem Wearables und Diagnosegeräte reproduzierbar getestet und bewertet werden können. Bisheriger Stand der Wissenschaft und Technik sind Vergleichsstudien mit menschlichen Probanden, die jedoch zeit- und ressourcenaufwändig sind und relevante

physiologische und pathologische Gegebenheiten nur sehr begrenzt abdecken können. Demgegenüber soll „MEDI-Test“ erstmals objektive Vergleiche von Wearables und Diagnosegeräten zeitnah nach deren Inverkehrbringen ermöglichen.

Der Ansatz besteht in der Erstellung und Erforschung eines Benchtestsystems, das in verschiedenen realistischen Messsituationen das DuT (Device under Test) „bespielt“ und für dieses von einem realen Probanden nicht zu unterscheiden ist. Diagnosegeräte enthalten Sensorik für die Aufzeichnung verschiedener Biosignale. Die Gesamtheit der entsprechenden physikalischen Kanäle (Spannung, Licht, Beschleunigung etc.) muss vom Benchtestsystem synchron und realitätsnah mit Signalen versehen werden. Alle Signale in ihrer Gesamtheit müssen physiologisch und pathologisch plausibel und realitätsnah sein. Ein solches, komplexes System existiert derzeit noch nicht. Abb. 1 gibt einen Überblick über das avisierte Gesamtsystem.

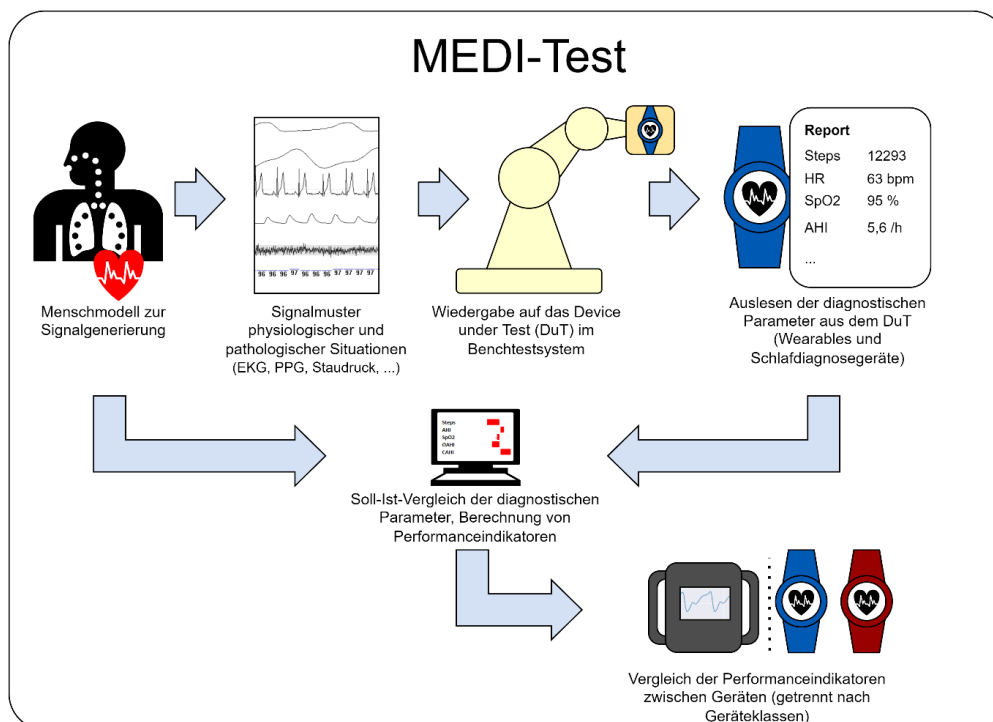


Abb.1: „MEDI-Test“-Ansatz zum Benchvergleich von Diagnosegeräten und Wearables

Im Projekt erfolgen zunächst die wissenschaftlichen Grundlagenuntersuchungen zu so einem System:

- Was charakterisiert realitätsnahe Daten, um aussagekräftige Vergleichstests zu generieren?
- Wie können die Daten erzeugt und validiert werden?

Bisherige Datenbanken mit Probandenaufzeichnungen und bestehende Simulationsmodelle sind nicht in der Lage, Datensätze mit den notwendigen Kanalumfängen, Auflösungen und der nötigen Komplexität zu liefern. Im Projekt wird daher erforscht, inwieweit sich Datensätze ausreichender Komplexität mit erweiterten parametrischen Simulationsmodellen und Modellen auf Basis von generativer KI erzeugen lassen und wie Modelle bzw. Datensätze dann validiert werden können. Der zweite Schwerpunkt besteht darin, zu erforschen und zu validieren, wie mit Benchtestsystemen komplexe Datensätze multimodal realitätsnah auf das Diagnosegerät reproduziert werden können und in welchen Grenzen eine solche Simulation insgesamt möglich ist.

Projektpartner sind die Firmen Löwenstein Medical Technology in Karlsruhe und Fenyves und Gut in Rangendingen, die beide Schlafdiagnosesysteme entwickeln.

HYBRICKS – Hybride Bausteine für immersive Lehrlabore (Prof. Dr. Benno Dömer, Prof. Dr. Stefan Kray)

Laborarbeiten sind ein essenzieller Bestandteil von Lehre und Forschung. Bisher können Studierende und Forschende nur vor Ort praktische Erfahrung mit Laborequipment für Lehr- und Forschungsprojekte sammeln. Wiederholungen und Vorbereitungen im Labor sind aufgrund beschränkter Mitarbeiter- und Raumressourcen kaum möglich. In der wissenschaftlichen Literatur werden verschiedene Lösungsansätze, beispielsweise Remote-Zugriff auf Laborgeräte, eine Überwachung durch Webcams oder Augmented Reality (AR) beschrieben. Virtuelle Methoden lösen dabei einige Hindernisse, erfordern jedoch hohen Aufwand in der 3D-Modellierung und stellen die Laborsituation aufgrund schwacher graphischer Umsetzung nur unzureichend dar. Keine der bisherigen Lösungen wird der Nachfrage nach hybriden Modellen für Lehre und Forschung, interaktiven Online-Veranstaltungen oder zeitlich unabhängigen Angeboten vollständig gerecht.

Projektziel von „Hybricks“ ist es, mit neuartigen KI- und 3D-Werkzeugen ein virtuelles Labor als digitalen Zwilling eines Lehr- und Forschungslabors zu schaffen, um

- bessere Vor- und Nachbereitungsmöglichkeiten für physische Versuche zu schaffen,
- optimale Lernergebnisse auch zu erreichen, wenn Präsenzlabor nicht möglich sind (z.B. Krankheit, Inklusion etc.),
- Präsenzlabor durch virtuelle Ergänzungen zu verbessern,
- räumlich und zeitlich begrenzte Laborressourcen skalierbar zu machen, so dass Inhalte breiter verwendet werden können, auch über den Hochschulbetrieb hinaus.

Im Rahmen dieses Projektes gilt es, folgende Forschungsfragen zu beantworten:

- Welche KI-basierten 3D-Methoden sind zur Realisierung virtueller Labore geeignet?
- Welche Möglichkeiten und Limitierungen bieten aktuelle KI-basierte 3D-Methoden zur Erstellung eines digitalen Zwillings?
- Welche neuen Möglichkeiten ergeben sich für die Laborvirtualisierung über den Stand der Technik hinaus?
- Welche qualitativen und quantitativen Vorteile ermöglichen die KI-basierten Methoden im Zugang zu neuem Wissen?

Insbesondere werden neue KI-basierte Methoden wie Neural Radiance Fields (NeRF) und 3D Gaussian Splattings (3DGS) erforscht, um fotorealistische digitale Zwillinge zu realisieren. Das Projekt wird von der Stiftung „Innovation in der Hochschullehre“ im Zeitraum von April 2025 bis März 2027 gefördert

Drive2Transform – Integrative Regional Approaches for the Transformation of the Automotive Industry (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)

Das EU-Interreg-Forschungsprojekt Drive2Transform untersucht die tiefgreifenden Strukturveränderungen der Automobilindustrie, die durch vier vorab definierte zentrale technologische und ökonomische Megatrends (Elektrifizierung, Autonomes Fahren, Konnektivität und Plattformökonomie) ausgelöst werden. Im Mittelpunkt der Arbeiten der Hochschule Pforzheim steht

die wissenschaftlich fundierte Analyse dieser Transformationsprozesse und ihrer Wirkmechanismen auf regionale und transnationale Wertschöpfungssysteme.

Ein zentrales Element des Projekts ist die Forschung an einer transnationalen Transformationsplattform, die gemeinsam von neun Partnerinstitutionen aus acht zentraleuropäischen Ländern entwickelt wird. Der internationale Austausch bildet dabei einen wesentlichen Motor für die Vergleichbarkeit und Integration regionaler Forschungsergebnisse. Durch systematische Untersuchungen regionaler und grenzüberschreitender Wertschöpfungsketten werden die Einflüsse der oben genannten Megatrends präzise erfasst. Methoden wie strukturierte Literaturanalysen, Szenariotechnik und Roadmapping dienen der Entwicklung eines empirisch fundierten Transformationsbereitschaftsmodells, das als wissenschaftliche Grundlage für zukünftige Entwicklungspfade der Branche fungiert.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Kapazitätsaufbau in regionalen Innovations- und Transformationsökosystemen. Hierzu werden Kompetenzentwicklungsmaßnahmen, Lernformate und Unterstützungsstrukturen systematisch evaluiert. Qualitative Interviews, Fallstudien und vergleichende Analysen der Projektregionen ermöglichen ein tieferes Verständnis der organisationalen und technologischen Voraussetzungen für erfolgreiche Transformation. Die wissenschaftliche Begleitung stellt sicher, dass empirisch gewonnene Erkenntnisse zur Gestaltung nachhaltiger Kompetenzentwicklungsstrategien genutzt werden können.

Schließlich erforscht das Projekt die Entwicklung transnationaler Anwendungsfälle, in denen zukunftsfähige Wertschöpfungsketten und Schlüsseltechnologien wie bspw. KI, IKT, IoT und Energie analysiert werden. Auf Basis der gemeinsam erhobenen Daten, insbesondere der in allen neun Regionen durchgeführten Experteninterviews, erarbeiten die Partner Zukunftsstrategien und modellieren technologische wie ökonomische Entwicklungsszenarien. Ziel ist es, evidenzbasierte Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie Unternehmen in einem zunehmend komplexen und dynamischen Umfeld langfristig wettbewerbsfähig bleiben können.

InskaLE – Interaktive, skalierbare Lernumgebung für die Elektrotechnik (Prof. Dr. Stefan Kray)

Elektrotechnik ist ein zentrales Grundlagenfach in vielen ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. Der traditionelle Frontalunterricht bietet in vielen Fällen nicht ausreichend Unterstützung für Studierende, die Schwierigkeiten mit den grundlegenden Konzepten der Elektrotechnik haben. Die bisher verfügbaren Tools, die beim Verständnis von Schaltungen helfen könnten, wie beispielsweise LT-Spice, erlauben zwar numerische Simulationen, bieten jedoch keine didaktisch aufbereitete Unterstützung für das Verständnis von Schaltungen. Sie sind ebenfalls nicht für das selbstständige Lernen ausgelegt.

Das Projekt InskaLE zielt darauf ab, diese Lücke zu schließen. Es soll eine interaktive und skalierbare Lernumgebung für die Elektrotechnik erforscht werden, die insbesondere den didaktischen Bedürfnissen von Studierenden gerecht wird. Das Projekt soll den Studierenden ermöglichen, die zugrunde liegenden Konzepte besser zu verstehen und eigenständig Aufgaben zu lösen. Die Plattform soll skalierbar und leicht zugänglich sein und sich für eine breite Nutzerbasis eignen. Neue Ansätze und Konzepte zur Skalierung sollen geschaffen werden, um den speziellen Anforderungen für dauerhaften Einsatz an Hochschulen gerecht zu werden.

Im Rahmen dieses Projektes gilt es, folgende Forschungsfragen zu beantworten:

1. Wie können analytische Schaltungssimulatoren für didaktische Zwecke realisiert werden?
2. Wie kann die Lernumgebung bei begrenzten Ressourcen für eine große Nutzerzahl skalierbar gehalten werden?

- Wie können Inhalte didaktisch so gestaltet werden, dass sie Studierende beim selbstständigen Lernen effektiv unterstützen?

Als Nebenbedingung soll die Lernumgebung für alle Hochschulen und weitere Bildungsträger zugänglich sein. Die Plattform soll mit einfachster Serverinfrastruktur auskommen und ohne nennenswerten Ressourcenaufwand kostenlos betrieben werden können. Der Programmcode wird als Open Source veröffentlicht. Dies soll eine weite Verbreitung sowie Integration in eigene Veranstaltungen sicherstellen.

Projektziel ist, die Qualität der Lehre in der Elektrotechnik nachhaltig zu verbessern.

PBR – Comparison of Perceived Brightness and Colorfulness between Display Technologies (Prof. Dr.-Ing. Steffen Reichel, Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach)

Im Rahmen dieses Projektes wird erforscht, wie verschiedene Display-Technologien die vom Menschen wahrgenommene Helligkeit („perceived brightness“) und vom Menschen wahrgenommene Farbe („colorfulness“) darstellen. Hierzu ist der Helmholtz-Kohlrausch-Effekt (HK-Effekt) von zentraler Bedeutung. Beim HK-Effekt interpretiert der Mensch Farben, die am stärksten gesättigt sind (also am Rand der „Hufeisenkurve“ im CIE-xy-Farbsystem liegen), heller (perceived brightness), obwohl die Farben alle die gleiche gemessene/eingestellte Leuchtdichte (physikalische Größe) haben. Abbildung 2 verdeutlicht den HK-Effekt.

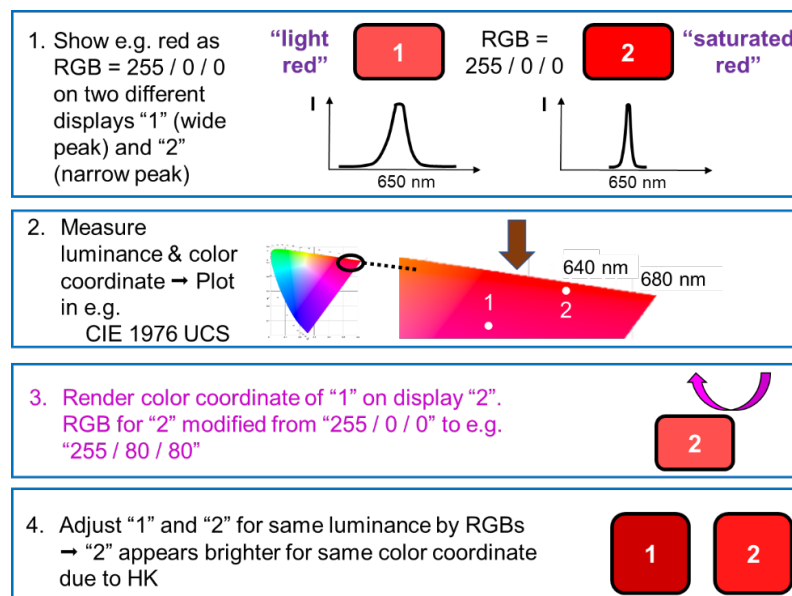


Abb. 2: Illustration des Helmholtz-Kohlrausch (HK) Effektes: 1. Zwei Displays „1“ und „2“ haben eine unterschiedliche spektrale Emissionscharakteristik für rotes Licht, wobei „1“ spektral breiter ist als „2“. 2. Messung der Leuchtdichte und der Farbkoordinaten zeigen, dass Display „2“ eine stärker gesättigte Farbe hat als „1“ aufgrund des schmalen Emissionsspektrums. 3. Display „2“ wird so eingestellt, dass das rote Licht dieselbe Farbkoordinaten hat wie Display „1“. 4. Nach der Einstellung der Farbkoordinaten und Anpassung der Leuchtdichte (damit beide Displays die gleiche Leuchtdichte haben) erscheint dem menschlichen Auge Display „2“ heller – obwohl nun Leuchtdichte und Farbkoordinaten die gleichen sind. Grund dafür ist der HK-Effekt.

Das Ziel ist, Displays basierend auf verschiedenen Technologien vollständig messtechnisch zu erfassen, d.h. vollständig insbesondere bezüglich Leuchtdichte und Farbwert zu charakterisieren. Dafür wurden die folgenden 4 Displays untersucht – alle Displays werden mit 4 gleichen Rechnern und 4 gleichen Grafikkarten betrieben:

- TN LCD (twisted nematic)
- IPS LCD (in-plane switching)

- QD LCD, ein IPS LCD mit Quantum Dot backlight
- RGB OLED

In Abbildung 3 ist der Messaufbau zu sehen.

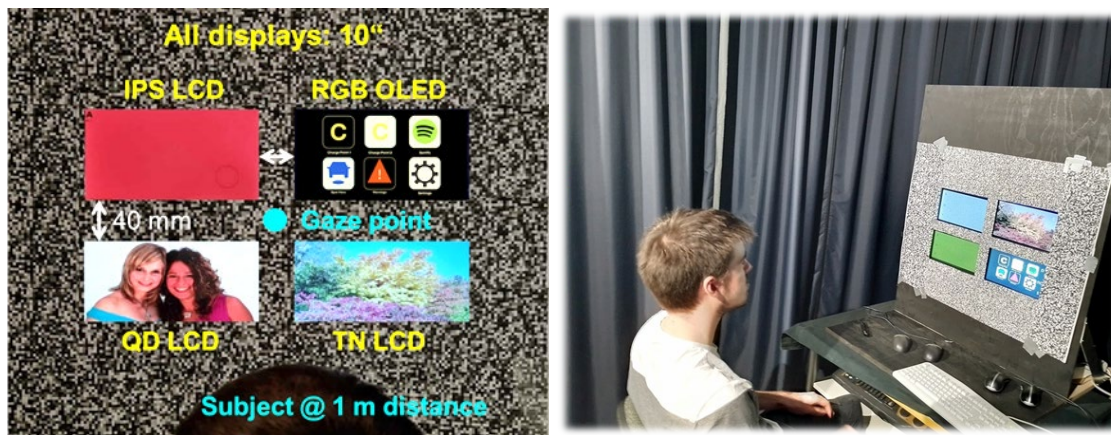


Abb. 3: Display-Anordnung zur Evaluation der 4 Displays. Links: Alle Displays wurden auf eine Größe von 10" angepasst und umgeben von einem stochastischen schwarz-weißen Schachbrettmuster, um Ablenkungen des Auges zu vermeiden. Die 4 Display wurden mit verschiedenen Testmustern betrieben. Rechts: Foto des Messaufbaus

Nachdem die 4 Displays umfangreich vermessen wurden, wurden diese auf den gleichen minimum common color gamut (CCG), siehe Abb. 4, kalibriert (auf D65 Weißpunkt und zu Gamma $\gamma=2.2$ – relevant für GUIs und Fotos).

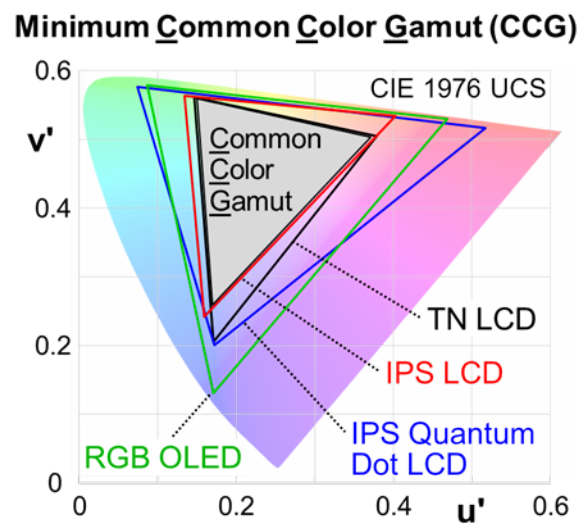


Abb. 4: Minimum common color gamut (CCG) aller 4 Displays im Farbsystem CIE 1976 UCS

Danach folgte eine umfangreiche User-Studie: Zuerst ein Vor-Test mit insgesamt 20 Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Darauf aufbauend wurde nochmals feinjustiert und der eigentliche Haupttest wiederum mit 20 Personen durchgeführt (20% weiblich, 80% männlich – allerdings wurden in beiden Tests keine Genderabhängigkeiten beobachtet).

Ein Ergebnis der User-Studie nach Auswertung zeigt Abb. 5.

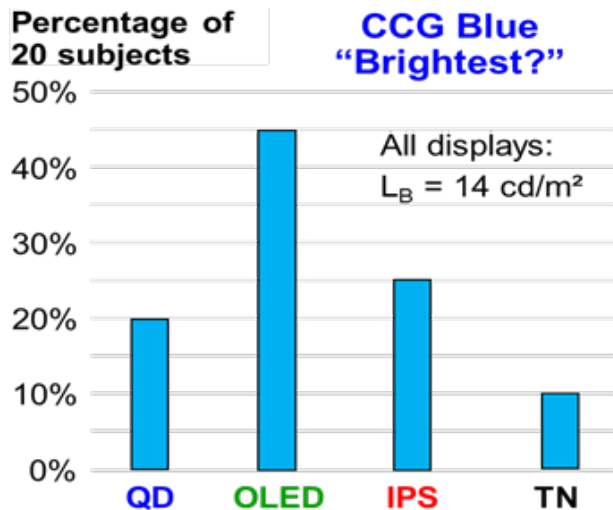


Abb. 5: Auswertung für vollblaues Display. Alle Displays waren auf CCG kalibriert und auf die gleiche Leuchtdichte. Die Personen mussten die Displays in eine Reihenfolge bringen, vom hellsten Display zum dunkelsten. Das OLED wurde von 45% der Personen als hellstes Display wahrgenommen – wie der HK-Effekt es voraussieht (vgl. mit Abb. 4 untere blaue Ecke – das OLED hat hier die größte Farbsättigung).

Zusammenfassend folgte aus unserer Forschungsarbeit: Wir haben erfolgreich einen Test-Aufbau zur Messung und zum Vergleich verschiedener Display-Technologien implementiert, der die wahrgenommene Helligkeit und Farbvielfalt für verschiedene Farben, Automotive GUIs und auch Fotos vergleicht und bewertet. Unser Ziel war es, den HK-Effekt zu evaluieren und zu bewerten – dies wurde vollumfänglich erreicht. Displays mit größerem Gamut (höherer Farbsättigung) erscheinen dem menschlichen Auge heller, trotz gleicher gemessener Leuchtdichte. Dies kann sowohl benutzt werden, um den Energieverbrauch von Displays zu verringern, als auch zur Verbesserung des Farbempfindens von Displays durch das menschliche Auge.

Die Ergebnisse wurden und werden in Abstimmung mit dem Projektpartner mehrfach auf den entsprechenden Fachtagungen international publiziert.

RISE – Rising competences & skills in less developed Danube regions through food sector cross-topic innovations (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander)

Das EU-Interreg-Projekt RISE stärkt die Innovationsfähigkeit und Beschäftigungsmöglichkeiten in strukturschwachen Regionen entlang der Donau. Im Mittelpunkt stehen Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft im Lebensmittelsektor. Die Hochschule Pforzheim übernimmt dabei in dem Projekt mehrere klar definierte Forschungsschwerpunkte, die auf systematischer Analyse, empirischer Datenerhebung und evidenzbasierter Entwicklung beruhen.

Ein zentraler Forschungsbereich ist die Evaluation regionaler Fördermaßnahmen in den Bereichen Digitalisierung, Energieeffizienz und Materialkreisläufe. Mithilfe qualitativer und quantitativer Evaluationsmethoden werden Wirksamkeit, Relevanz und Verbesserungspotenziale bestehender Instrumente untersucht. Ziel ist es, auf dieser Grundlage empirisch fundierte Handlungsempfehlungen für regionale und politische Entscheidungsträger abzuleiten.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Bedarfsermittlung bei Unternehmen des Lebensmittel- und Getränkesektors. Durch qualitative Interviews, Fallstudien und vergleichende Analysen werden zentrale Barrieren und Treiber identifiziert, die für die Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft relevant sind. Diese Erkenntnisse bilden

die Grundlage für die Entwicklung evidenzbasierter Unterstützungsangebote und zeigen deutlich auf, welche Anforderungen Unternehmen an zukünftige regionale und transnationale Unterstützungsstrukturen stellen.

Darauf aufbauend entwickelt die Hochschule Pforzheim in dem Projekt RISE ein wissenschaftlich fundiertes Reifegradtool zur Bewertung des Entwicklungsstands von Unternehmen in den oben genannten Bereichen in Abstimmung mit den Partnern. Die Konzeption beruht auf systematischer Indikatorenentwicklung, Pretests und iterativen Überarbeitungsprozessen. Zur Validierung wurde das Tool in einem mehrstufigen Piloting mit zehn Unternehmen aus der Region angewendet. Die Anwendung im betrieblichen Umfeld, begleitet von strukturierten Interviews, Beobachtungen und Feedbackprozessen, ermöglichte eine fundierte Bewertung der Validität, Reliabilität und praktischen Anwendbarkeit des Instruments.

Ergänzend hierzu entwickelte die Hochschule gemeinsam mit den Projektpartnern eine transnationale Policy-Strategie zur Dissemination der im Piloting gewonnenen Erkenntnisse, einschließlich der Ergebnisse der Reifegradchecks und der Bewertung der B2Green-Plattform. Unter wissenschaftlicher Leitung wurde ein einheitlicher Fragebogen erstellt, der von allen Partnern mit lokalen Stakeholdern eingesetzt wurde. Die systematisch ausgewerteten Daten mündeten in ein Local Stakeholder Policy Paper, das als evidenzbasierte Guideline für die regionale Umsetzung der transnationalen Strategie dient und den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in regionale Handlungspraxis unterstützt.

SEB – Systematische Erschließung des kreislaufwirtschaftlichen Potenzials von Beatmungssystemen (Prof. Dr. Benno Dömer, Prof. Dr. Jörg Woidasky (INEC))

Die Hochschule Pforzheim wurde mit einem Projektvorschlag als eines von insgesamt fünf durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt in ihrem neuen Förderschwerpunkt CirculAID geförderten Vorhaben ausgewählt: Das Forschungskonsortium für das dreijährige Vorhaben besteht aus dem Hersteller von Beatmungssystemen Löwenstein Medical Technology (LMT), der das Gesamtvorhaben koordiniert, dem Eigentümer der Beatmungssysteme während der Nutzungsphase („Provider“) Löwenstein, dem Hersteller von Einwegkomponenten für diese Systeme WILamed sowie der Forschungsstelle „Kreislaufwirtschaft im Gesundheitswesen“ am INEC als akademischer Forschungs- und Entwicklungspartner. Das Vorhaben wird gemeinschaftlich von Prof. Benno Dömer aus der Medizintechnik und von Prof. Jörg Woidasky von der Forschungsstelle Kreislaufwirtschaft im Gesundheitswesen geleitet.

In Deutschland werden derzeit etwa 7.500 Patienten ambulant beatmet. Die hierfür eingesetzten Schlauchsysteme haben im klinischen Bereich im Mittel eine Nutzungsdauer von maximal sieben Tagen. In anderen Anwendungsbereichen wie zum Beispiel einer individuellen Heimbeatmung (CPAP-Beatmung) sind jedoch auch Nutzungsdauern bis zu sechs Monate oder auch darüber hinaus möglich. Insgesamt ergibt sich daraus in Deutschland ein potenzielles Aufkommen von 1,2 Millionen Schlauchsystemen oder etwa 500 t Abfällen jährlich. Hinzu kommen Atemmasken, Befeuchtungsbehälter und weitere Verbrauchsmaterialien der Beatmung. Diese bestehen größtenteils aus Einwegkomponenten, welche nach der Nutzung bislang thermisch verwertet werden. Das Ziel des Vorhabens ist es, an dem konkreten Produkt- bzw. Anwendungsbeispiel der Patientenbeatmung den Ressourcenverbrauch massiv zu senken. Hierfür sollen in SEB kreislaufwirtschaftliche Lösungen entwickelt, bewertet und modellhaft umgesetzt werden. Durch eine entwicklungsbegleitende Ökobilanz wird die ökologische Nachhaltigkeitswirkung der kreislaufwirtschaftlichen Ansätze bewertet und in die Verfahrens- und Produktentwicklung integriert. Die Projektarbeiten sind mit einer Promotionsarbeit verknüpft, die systematisch den kreislaufwirtschaftlichen Lösungsraum für Patientenbeatmungssysteme aus

technisch-wirtschaftlicher Sicht erschließen und die Umweltwirkungen ausgewählter Lösungen bewerten soll.



Abb. 6: Beatmungssystem mit Patienten-Interface und Einwegschlauch

CareWarn – Vitalmonitoring – CareWarn / Wearable für die Sturzerkennung und -prophylaxe pflegebedürftiger Menschen (Prof. Dr. Benno Dömer)

Ziel des ZIM-Projekts „CareWarn“ ist es, dass geriatrische Personen länger autark in der eigenen Wohnung oder mit größerer Autarkie im Pflegeheim leben können. Dafür sollen Wearables entwickelt werden, die bei kritischen Situationen wie Stürzen und bei akuten Verschlechterungen des Gesundheitszustands Pflegende und/oder Angehörige sicher benachrichtigen, ohne dabei in zu hoher Zahl Fehlalarme zu produzieren.

Funktionen wie Sturzerkennung oder Kreislaufüberwachung sind zwar bereits in Consumer-Wearables wie Smartwatches integriert. Deren Sensitivität und Spezifität für das Erkennen kritischer Situationen sind jedoch nicht hinreichend, und auch in Bezug auf Anwendung, Einbindung und Handhabung sind die Geräte nicht für geriatrische Träger/-innen und das pflegende Umfeld optimiert und geeignet. Hier setzt CareWarn an: In Zusammenarbeit mit der AG Pflegeforschung der Charité Berlin als Forschungspartner und mit der Firma Goldschnitt (Heidenheim) als Industriepartner mit Expertise für Benutzerschnittstellen werden die Systeme auf den Bedarf der Geriatrie optimiert. Die Hochschule Pforzheim übernimmt die Entwicklung der technischen Funktionsmuster, was die Sensorik, Energieversorgung und drahtlose Datenübermittlung beinhaltet. Der Konsortialführer wisoTech (Heidelberg) entwickelt die lernfähigen Klassifikationsalgorithmen, die ausgehend von der individuellen Baseline der jeweiligen Träger/-innen der Wearables Akutsituationen sicher erkennen können.

Im Projekt werden verschiedene Forschungsfragen adressiert. So ist zunächst zu klären, welche Situationen und Notfälle in der Geriatrie relevant und zu erkennen sind. Dann ist zu erforschen, an welchen Messorten und mit welchen Sensorgeometrien die Signale erfasst werden können, mit denen sich die entsprechenden Akutsituationen sicher erkennen lassen. Die dafür optimalen Klassifikationsverfahren sind ebenfalls im Projekt zu erforschen, wobei der Ansatz verfolgt wird, die Klassifikation durch selbstlernende Algorithmen individuell an jede Person, die das System trägt, anzupassen. Die besondere Herausforderung besteht darin, ein System

zu entwickeln, das angenehm und unauffällig rund um die Uhr getragen werden kann sowie in den pflegerischen Alltag passt.

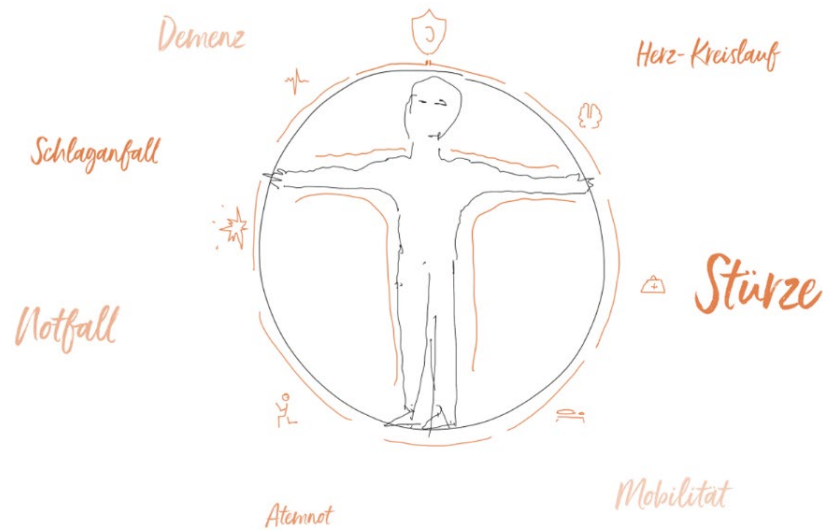


Abb. 7: Kontext des Projekts „CareWarn“

Die im Projekt entstehenden Funktionsmuster können bei der Charité direkt in der Pflegepraxis getestet werden. Nach Projektende soll das System als Medizinprodukt weiterentwickelt und auf den Markt gebracht werden.

greenProd – Energieoptimierte Produktion mit grünen Digitalen Zwillingen (Prof. Dr. Thomas Greiner, Prof. Dr. Rainer Drath, Prof. Dr. Ingela Tietze (INEC))

Die Energiewende soll den Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien voranbringen sowie eine sichere, bezahlbare und umweltschonende Energieversorgung ermöglichen. Da die Versorgung mit regenerativer Energie maßgeblich vom Wetter abhängig ist, ergeben sich im Tagesverlauf Überschüsse und Defizite. Hierzu bedarf es einer flexiblen Produktion, die dynamisch auf veränderliche Energieangebote reagiert.

Im Rahmen des Projektes wird den folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

1. Wie können neue zu konzipierende grüne Digitale Energiezwillinge (gDEZ) basierend auf der Industrie-4.0-Verwaltungsschale als Stellvertreter für Produktionsschritte, Produkte und den Anlagen zur Erzeugung und Speicherung regenerativer Energien entworfen und realisiert werden?

Mittels der gDEZ soll der Energieverbrauch/die Energieerzeugung detailliert zugeordnet werden.

2. Wie können Prädiktionsmodelle für verlässliche Prognosen zur Nutzung von grünem Strom wie Windkraft oder Solarenergie schon in der Produktionsplanung berücksichtigt werden?

Energieintensive Arbeitsschritte können so vorrangig dann durchgeführt werden, wenn regenerativer Strom in ausreichendem Maße zur Verfügung steht.

3. Wie sieht ein Automatisierungssystem aus, das flexibel auf das Angebot regenerativer Energie reagieren kann?

Hierzu werden Informationsmodelle in Form der gDEZ für die verwendeten Energieverbraucher, -erzeuger und -speicher modelliert und in die eingesetzten Werkzeuge integriert. Dabei werden neue Datenmodelle auf Basis von AutomationML sowie Automatisierungssoftware auf

der Basis einer neu zu konzipierenden domänenspezifischen Sprache (DSL) eingesetzt. Zur Automatisierung werden neue Schnittstellen definiert, die Softwarewerkzeuge befähigen, den gDEZ in ihre Aufgaben einzubeziehen. Da das Spektrum der Verbraucher relativ heterogen ist, werden zusätzlich passende Ontologien entworfen und integriert. Hinzu kommen Funktionen, die ökonomische und ökologische Größen wie den CO₂-Fußabdruck und den Energieverbrauch visualisieren.

Als Ergebnis entsteht eine Lösung für Nachfrageflexibilisierung, Lastmanagement und Echtzeitkontrolle von Energieströmen und Emissionen. Diese macht es Entscheidungsträgern in Unternehmen einfacher, nachhaltige Produktionsentscheidungen zu treffen. Durch die Bereitstellung vorkonfigurierter gDEZ und den Einsatz der DSL sollen insbesondere KMU davon profitieren.

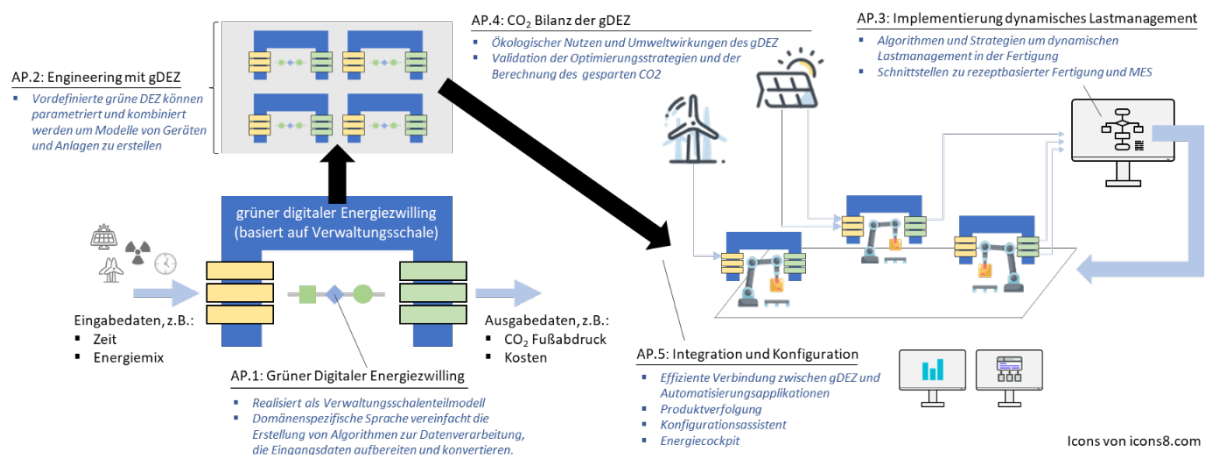


Abb. 8: Gesamtübersicht greenProd

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

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:

1. Wie können Self-X-Fähigkeiten für intelligente Sensoren und Aktoren mit hybriden KI-Verfahren ermöglicht und genutzt werden?
2. Wie gestaltet sich ein Co-Design für hybride Verfahren der künstlichen Intelligenz für intelligente Sensoren und Aktoren?
3. Mit welchen systematischen Methoden können Daten gewonnen und Wissen aufgebaut werden?
4. 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 Mo-

dellen 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.

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

Das Ziel von METHODS war die Erforschung und Entwicklung eines strukturierten und herstellerunabhängigen 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.



Abb. 9: Verschmelzung realer und virtueller Fertigungsmodule

Zum Erreichen dieser Wandelbarkeit und einer PnP-fähigen Anlage war eine umfassende Selbstbeschreibung der Module erforderlich, d.h., es sollte 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 wurde. Die dabei entstehenden Informationsmodelle der Module wurden als Wissensbasis automatisiert in Industrie-4.0-Verwaltungsschalen (VWS) integriert. Anschließend wurden 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. Zur Erleichterung des Modul- und Anlagenengineering wurden zudem reale und virtuelle Fertigungsmodule durch ein neuartiges virtuelles Engineering verschmolzen, bei dem die VWS eines virtuellen und eines realen Moduls identisch und für das Orchestrierungssystem nicht unterscheidbar waren. Ziel war es daher, Fertigungsmodule in einer geeigneten Softwareumgebung von Anfang an virtuell zu entwickeln und zu simulieren. Daraus resultierte, dass der Entwurf, die Visualisierung, der Test und die Inbetriebnahme virtueller Module im Kontext der realen Anlage stattfinden konnten.

Das Projekt ermöglichte die Promotion von zwei Doktoranden und erfolgte in Zusammenarbeit mit Festo AG und Festo Didactic.

NEOSPEK – Neue Sensorik für die multispektrale klinische Bildgebung (Prof. Dr. Stefan Kray, Prof. Dr. Thomas Greiner)

Im Projekt „NEOSPEK“ soll die hyper- und multispektrale (HMS) Bildgebung als diagnostisches Tool für den klinischen Einsatz im Operationssaal etabliert werden. Bisher kommt diese Technologie nicht umfangreich zum Einsatz, da Randbedingungen wie z.B. fehlende Echtzeitfähigkeit, Unterbrechung des OP-Ablaufs sowie unzureichende Visualisierung eine Routineanwendung verhindern. Diese Einschränkungen werden durch die im Rahmen des Projektes beantragten Forschungsarbeiten aufgehoben.

Folgende Forschungsfragen werden adressiert:

- Wie kann hyperspektrale und multispektrale Bildgebung für einen klinischen Einsatz ohne Unterbrechung des OP-Ablaufs erschlossen werden?

Derzeitiger Stand der Technik beim Einsatz von HMS-Systemen ist die Unterbrechung der Operation, während das Messgerät herangefahren und minutenlang gemessen wird. Die damit einhergehende Verlängerung der OP- und Narkosezeit stellt ein Risiko für die Patienten dar und erhöht zudem die Kosten. Im Rahmen des Projekts werden lichtfeldbasierte Ansätze erforscht, um erstmals kontinuierlich spektrale Information während chirurgischer Eingriffe zu gewinnen (siehe Abb. 10). Es wird untersucht, die hyperspektrale Information mit der strukturellen 3D-Information aus den Lichtfelddaten zu fusionieren und erstmalig klinisch anzuwenden. Es wird erforscht, inwieweit modulierte Beleuchtung eine Hintergrundunterdrückung im OP erlaubt und den nutzbaren Spektralbereich bis in den Infrarotbereich erweitern kann.



Abb. 10: Aufbau zur hyperspektralen klinischen Bildgebung unter Einsatz von echtzeitfähiger Hardware

- Wie kann Echtzeitfähigkeit mit kompakten 3D-HMS-Systemen erreicht werden?

Bisherige publizierte Arbeiten verwenden PCs zur Akquise der Bilddaten. Solche Ansätze sind energieintensiv, platzintensiv und stehen einem Transfer in die Praxis entgegen. In diesem Projekt werden neue Ansätze erforscht, diese Einschränkungen mithilfe von eingebetteten Systemen bzw. energieeffizienten, kompakten autonomen Geräten zu überwinden. Dazu wer-

den Hardwarelösungen erschlossen sowie neue algorithmische Ansätze zur schnellen Analyse von hyperspektralen Bilddaten erforscht. Die Systemleistung wird unter Berücksichtigung von Platzbedarf und Energieeffizienz bewertet. Dabei werden auch die Integration in bestehende klinische Systeme wie das PACS (Picture Archiving and Communication System) und die Anbindung an die vorhandene Infrastruktur berücksichtigt.

- Wie kann die Information als zusätzlicher Bildkontrast ansprechend und ohne Benutzer-eingriff dargestellt werden?

Die in der Literatur und dem Stand der Technik demonstrierten Systeme verwenden vorgefertigte und starre Darstellungsmethoden. Für einen allgemeinen Einsatz der Technologie sind Forschungsarbeiten nötig, um die multi- und hyperspektrale Bildinformation automatisch zu kontrastieren und darzustellen. Zur Adressierung dieses Rückstandes setzen wir auf den Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) und erweiterter / virtueller Realität (AR/VR). Die Methodik umfasst die Erforschung neuer KI-Algorithmen, die die spektralen und räumlichen Informationen analysieren und autonom den Bildkontrast anpassen können. Gleichzeitig wird der Einsatz von AR/VR-Systemen erforscht, um eine benutzerfreundliche und ansprechende Visualisierung der HMS-Daten zu ermöglichen. Verschiedene Formen der Darstellungen werden evaluiert und durch das ärztliche Personal bewertet.

Das Projekt wird von der Carl-Zeiss-Stiftung über einen Zeitraum von drei Jahren gefördert und erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut und dem Klinikum Darmstadt.

TraFoNetz – Aufbau einer Wissensbasis zur Plattformökonomie (Prof. Dr. Bernhard Kölmel, Prof. Dr. Rebecca Bulander, Prof. Dr. Ansgar Kühn, Prof. Dr. Rainer Wunderlich, Prof. Dr. Claus Lang-Koetz, Prof. Dr. Frank Bertagnolli)

Die Forschungsaufgaben der Hochschule Pforzheim im Rahmen des Projektes TraFoNetz umfassen die Analyse der globalen Plattformökonomie und die Ableitung von Implikationen für die regionale Fahrzeug- und Zulieferindustrie. Ziel ist die Entwicklung wissenschaftlich fundierter Zukunftsartefakte wie Strategien, Handlungsempfehlungen und iterative Vorgehensmodelle, die die Transformation dieser Branche unterstützen. Grundlage hierfür ist ein gestaltungsorientierter Forschungsansatz (Design Science Research – DSR).

Der Forschungsansatz zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- **Praxisorientierung:** Die wissenschaftliche Forschung zielt darauf ab, konkrete, praxisnahe Lösungen für die Herausforderungen der Transformation in der Automobilwirtschaft bereitzustellen.
- **Gestaltungsorientierung:** Neue Artefakte wie Methodenkarten, Frameworks und Vorgehensmodelle werden nicht nur konzipiert, sondern auch evaluiert und weiterentwickelt.
- **Interdisziplinarität:** Die Forschung integriert Erkenntnisse aus Wirtschaftsinformatik, Ingenieurwissenschaften und Betriebswirtschaft und bindet regionale Unternehmen eng in den Forschungsprozess ein.
- **Iteratives Vorgehen:** Die Entwicklung und Verfeinerung der Artefakte erfolgt in mehreren Zyklen unter Einbezug von empirischen Daten und Nutzerfeedback.
- **Wissenschaftliche Fundierung:** Der Ansatz basiert auf systematischen Literaturrecherchen, qualitativen Interviews und Datenanalysen.

Analyse der Plattformökonomie

Die Analyse aktueller Trends in der Plattformökonomie wurde abgeschlossen, und spezifische Aspekte wie neue Marktpotenziale werden derzeit untersucht. Eine Umfrage mit 18 KMU aus der Region lieferte erste Daten, die aktuell weiter analysiert werden. Auf Basis der Ergebnisse wurden erste Implikationen für die Automobil- und Zulieferindustrie abgeleitet, deren Validierung und Verfeinerung noch aussteht. Szenario-Analysen wurden gestartet: 2025 erfolgte eine abschließende Bewertung der Transformationsstrategien für Unternehmen.

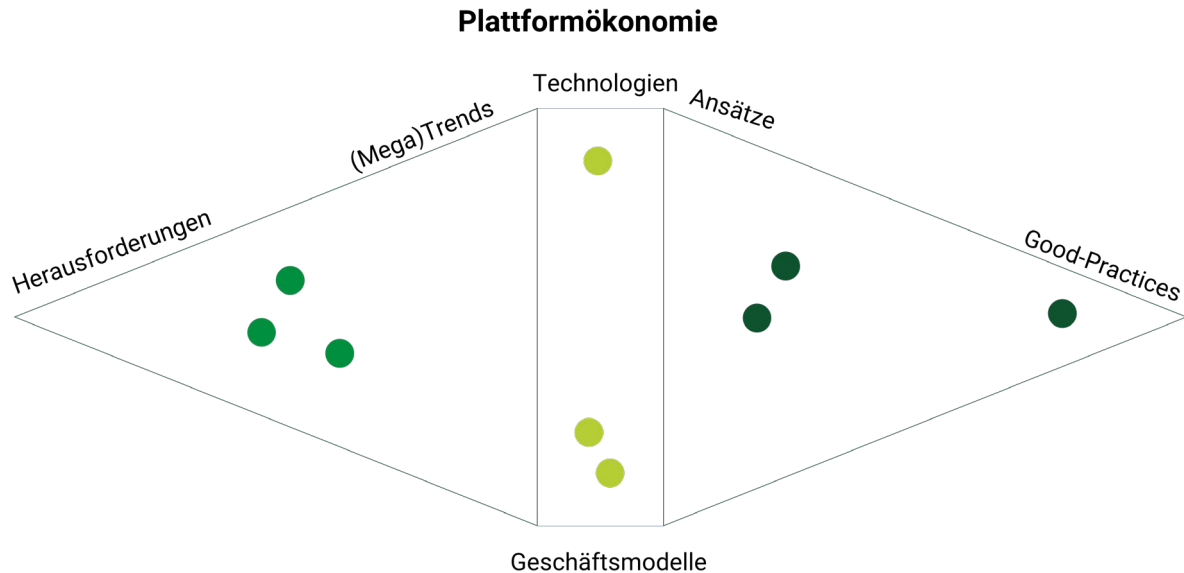


Abb. 11: Schematische Darstellung zu Plattformökonomie

Entwicklung innovativer Lösungsansätze

Auf Basis der Umfrageergebnisse wurden 30 Methodenkarten entwickelt, die Transformationsprozesse in der Automobilwirtschaft unterstützen, deren Evaluation aktuell läuft. Ein iteratives Vorgehensmodell wurde grundlegend entwickelt und erste Entwürfe erstellt, die durch Interviews und Praxistests weiter verfeinert werden sollen. Erste Interviews zur Validierung des Modells sind in Planung, während eine umfassendere Evaluation noch aussteht.

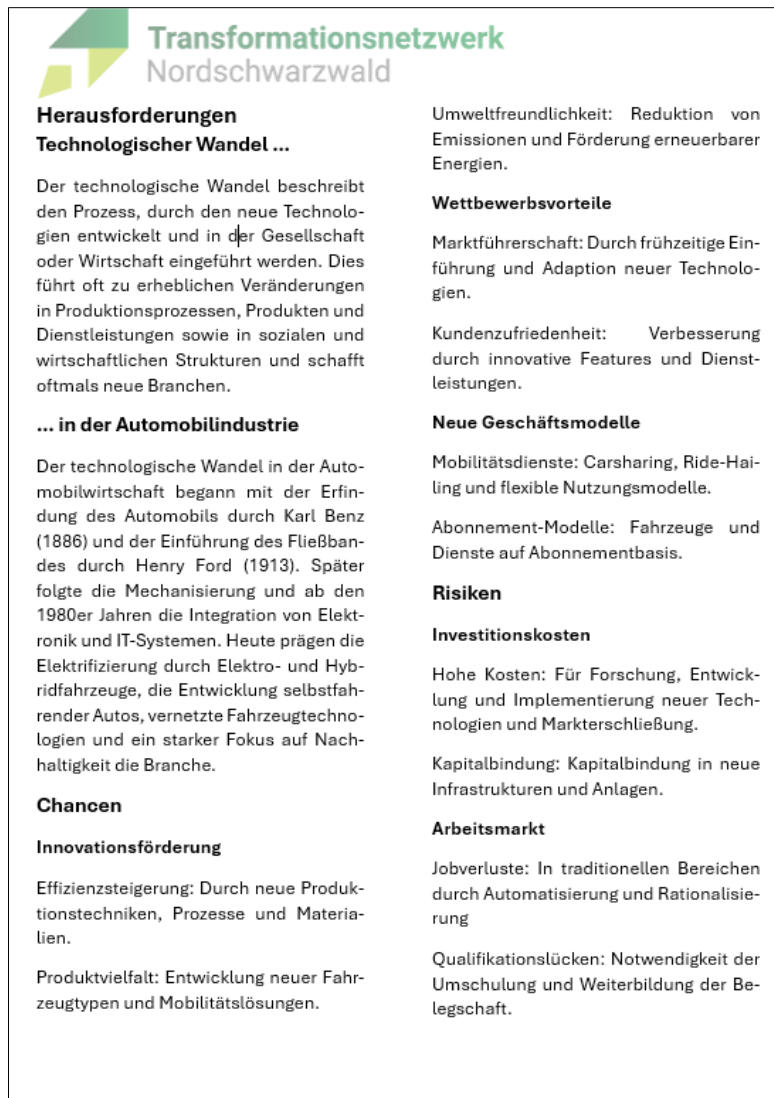


Abb. 12: Beispiel Methodenkarte

Analyse zukunftsrelevanter Themen

Erste Analysen haben wichtige Markt- und Technologietrends identifiziert, wobei die tiefergehende Untersuchung ihrer langfristigen Auswirkungen auf die Zulieferindustrie noch andauert. Erste Kompetenzprofile wurden erstellt, und die Entwicklung spezifischer Weiterbildungsempfehlungen ist in Planung.

Regionale Verankerung

Erste strategische Implikationen für die Region Nordschwarzwald wurden abgeleitet, diese müssen jedoch noch detaillierter ausgearbeitet werden. Ein vorläufiges Profil für die Region wurde erstellt, das nun erweitert und validiert werden soll. Die Zusammenarbeit mit regionalen Unternehmen hat mit Workshops und Interviews begonnen und weitere Kooperationsprojekte sind in Planung, jedoch sind weitere Arbeiten erforderlich, um diese detaillierter auszugestalten.

Weitere Themen:

Prof. Dr. Steffen Reichel wurde auf der Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) zum ehrenamtlichen Präsidenten gewählt. Er ist damit seit Juni

2025 für 3 Jahre Präsident der DGaO, die gemäß Satzung als ausschließlichen und unmittelbaren Zweck die gemeinnützige Förderung der angewandten Optik und die gemeinnützige Mitarbeit an der Entwicklung dieser Wissenschaft. Typischerweise schließt sich dann eine 3-jährige Vorstandsmitgliedschaft als Past-Präsident an.

„Wenn Farben heller wirken: Pforzheimer Masterabsolvent erzielt Spitzenplatz beim europäischen Displaypreis“: **M.Sc. Lukas Eger wurde im Dezember 2025 mit dem SID Mid-Europe Student Award 2025 ausgezeichnet** (Mitarbeit im Projekt PBR – Comparison of Perceived Brightness and Colorfulness between Display Technologies von Prof. Dr.-Ing. Steffen Reichel und Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach).

Frau **Sophie Hildebrandt**, M.Sc. an der „Faculty of Science and Technology“, wurde an der Universität Twente als externe Doktorandin angenommen. Frau Hildebrandt ist an der Hochschule Pforzheim als Akademische Mitarbeiterin in Teilzeit beschäftigt und arbeitet neben ihrer Lehrtätigkeit an ihrer Promotion. Das Thema der Doktorarbeit lautet „Hyperparameter Optimization of Matheuristics in Process Systems Engineering“. In der Arbeit werden Dekompositionsbasierte Heuristiken zur Zerlegung großer gemischt-ganzzahliger Optimierungsmodelle betrachtet. Es werden neuartige algorithmische Ansätze untersucht, um die Hyperparameter der Heuristiken mittels Bayes'scher Optimierung zu tunen. Die Arbeit wird von den Professoren Meik Franke und Edwin Zondervan an der Universität Twente und von **Prof. Dr. Guido Sand** an der Hochschule Pforzheim betreut.

Auf der renommierten Computing Conference in London wurde **Dr. Aimal Khan**, Mitarbeiter der Arbeitsgruppe von **Prof. Dr. Thomas Greiner**, mit dem Best Paper Award ausgezeichnet. Das Paper entstand im Rahmen des Forschungsprojekts **KISA** (Hybride künstliche Intelligenz für intelligente Sensoren und Aktoren in der Produktion), das von der Carl-Zeiss-Stiftung gefördert wird. Der Beitrag stellt einen innovativen Ansatz vor, der klassische neuronale Netze mit zusätzlichen mathematischen und physikalischen Modellierungen zu einer hybriden künstlichen Intelligenz kombiniert. Ziel ist es, die Qualität und Genauigkeit von KI-Systemen signifikant zu verbessern – insbesondere bei Anwendungen unter realen, stör anfälligen Bedingungen. Publiziert werden diese Forschungsergebnisse zusammen mit weiteren Konferenzbeiträgen im renommierten Springer-Nature-Verlag.

Im Dezember 2025 fand im Zentrum für Präzisionstechnik (ZPT) Pforzheim die Afterwork-Veranstaltung „Industrie trifft Hochschule“ statt, die Unternehmen und Forschungseinrichtungen zusammenbrachte, um den Austausch zwischen akademischer und industrieller Praxis zu fördern. Zentrales Thema war hybride künstliche Intelligenz und deren Anwendung in der Praxis. Mitarbeiter der Arbeitsgruppe von **Prof. Dr. Thomas Greiner** stellten aktuelle Forschungsergebnisse vor und zeigten verschiedene Anwendungsmöglichkeiten auf.

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

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

1.2.3 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.

NdFeB-Magnete auf Basis von Seltenerdmetallen (SE) sind als integrale Funktionsbestandteile zur Energieumwandlung in den Bereichen Elektromobilität und erneuerbare Energien sowie der Digitalisierung für den Wirtschaftsstandort Deutschland von größter Bedeutung. Obwohl ihre Legierungsbestandteile seit Jahren als kritische Rohstoffe eingestuft werden, gibt es keine effiziente Kreislaufwirtschaft für NdFeB-Materialien. Ausgehend von der Prognose, dass sich der Bedarf an SE-Magneten in den nächsten 10 Jahren verdoppelt, wird sich diese Situation noch weiter verschärfen. Durch entsprechende Innovationen ist die Nutzung der SE als Sekundärressource zu verbessern, was dem Wirtschaftsstandort Deutschland die Möglichkeit bietet, den derzeitigen Standortnachteil mittelfristig in einen Vorteil umzuwandeln. Um Altmagnete zu recyceln, müssen sie aus den magnethaltigen Geräten extrahiert werden. Da diese heute meist geschreddert werden, ist chemisches bzw. pyrometallurgisches Recycling teuer und energieintensiv. Mit dem innovativen, hochwirksamen HPMS-Verfahren (Hydrogen Processing of Magnetic Scrap) kann Magnetmaterial leichter extrahiert und direkt aus der NdFeB-Legierung aufbereitet werden. Dies ermöglicht eine wesentlich verkürzte und umweltfreundlichere Prozesskette mit 25% höherer Ausbringung bei bis zu 90% Energieeinsparung und 98% weniger Humantoxizität im Vergleich zur Neuproduktion von Magneten. Das STI forscht aktiv daran, das NdFeB Recycling effizienter zu gestalten und Rezyklate mit kompetitiven Magneteeigenschaften, wie Remanenz und Koerzitivität, zu erzeugen.

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 der Schmelztemperatur von Legierungen, Wachsen
- Messung der Gewichtsveränderung oder des Schmelzverhaltens von Stoffen bei Erwärmung
- Überprüfung von Temperaturen in Öfen, Gieß- und Sinteranlagen
- Korrosionstests, Prüfung eines Anlaufschutzes oder des Einflusses von Verpackungsmaterialien auf Silber- und Goldlegierungen
- Beispiele für Geräteentwicklungen: Zuführeinrichtungen, Positionierhilfen, elektronischer Ringmessschieber, Induktionslötens, Messvorrichtungen

Folgende öffentlich geförderten Forschungsprojekte wurden bearbeitet:

Projekt RESolve

Das Verbundvorhaben „Ultraeffizienzkonzept für die Wiederverwertung von Seltenerd-magneten für Hochleistungsanwendungen in Elektromobilität, erneuerbare Energie und Digitalisierung“ (RESolve) 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 am 01.02. 2021 gestartet.

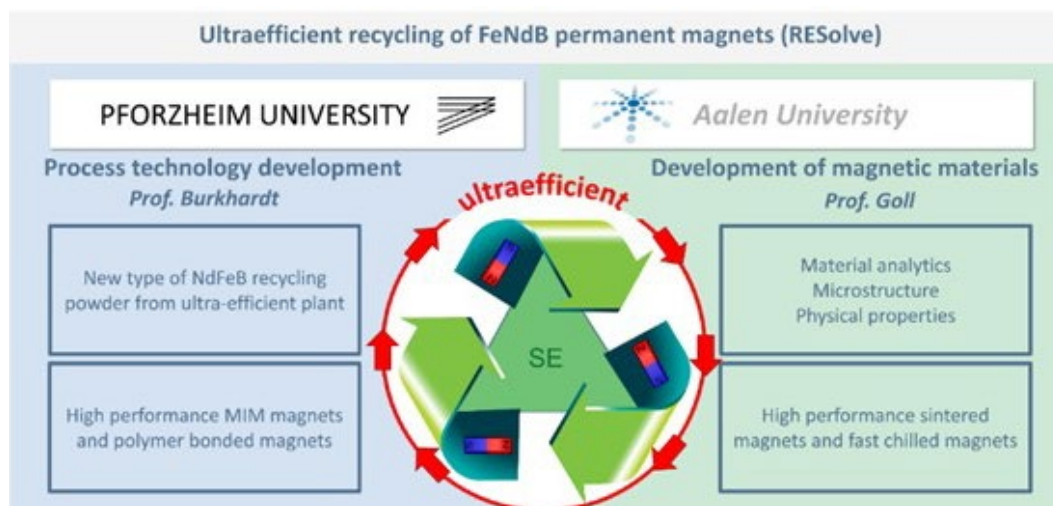


Abb. 1: RESolve-Projektstruktur

Im Projekt RESolve wird mittels innovativer Lösungen der HPMS-Recyclingprozess für End-of-Life-Magnete (EOLM) auf Basis von neuartigem monokristallinem Pulver so weiterentwickelt, dass die resultierenden Magnete mindestens gleiche Eigenschaften wie die Ausgangsmagnete besitzen und darüber hinaus gezieltes Upcycling durchgeführt werden kann. So wird ein durchgängiges, ultraeffizientes Konzept für die Wiederverwertung von Permanentmagne-

ten für Hochleistungsanwendungen in Elektromobilität, erneuerbarer Energie und Digitalisierung geschaffen, um in effizienter Kreislaufwirtschaft Stoffflüsse für Rohstoffe mit höchstem Versorgungsrisiko zu schließen.

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

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 Abb. 2 sind REM-Aufnahmen des Magnetpulvers nach den verschiedenen Prozessschritten abgebildet. Die End-of-Life-Magnete werden im sogenannten HPMS-Prozess mit Wasserstoff zu Pulver zersetzt. Das erhaltene Grobpulver wird anschließend gemahlen, um die Agglomerate aufzubrechen. An dem gemahlenen Pulver sind feine Partikel zu erkennen, bei denen es sich um die Nd-reiche Phase handelt, welche im nächsten Prozessschritt aufgelöst wird, siehe Abb. 2c.

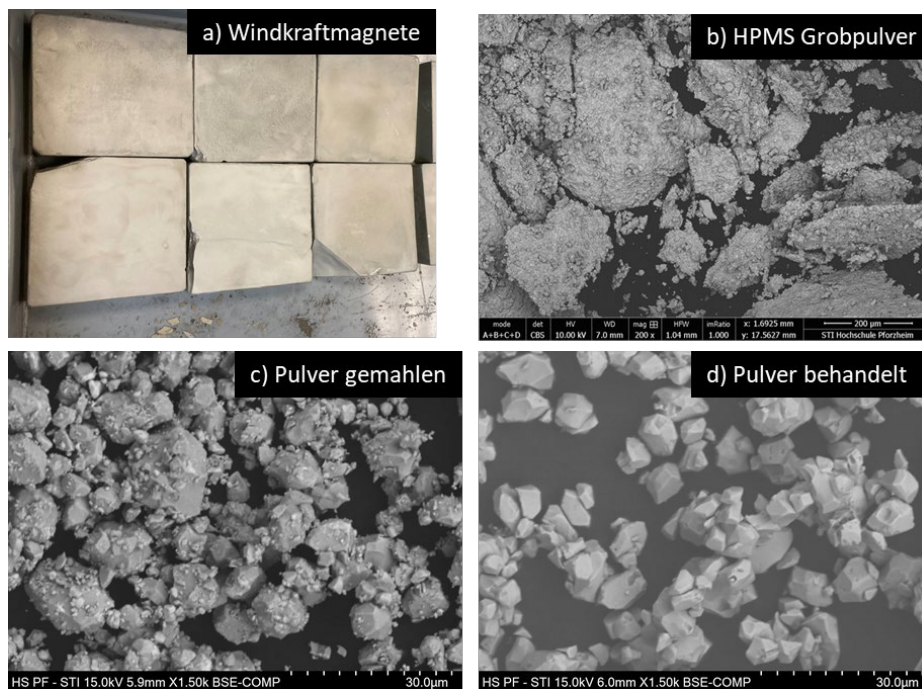


Abb. 2: Aufnahmen nach verschiedenen Prozessschritten: a) Foto sandgestrahlter Magnete, b) REM-Aufnahme Grobpulver nach HPMS, c) REM-Aufnahmen Pulver nach Kugelmahlen, d) REM-Aufnahme nach Säurebehandlung.

Im weiteren Projektverlauf wurden aus diesem Pulver (Neoleach-Pulver) gesinterte Magnete produziert und untersucht. Zu diesem Zweck wurden zwei verschiedene Zusatzstoffe hinzugegeben: Nd-reiche Zusatzlegierungen (HS Aalen) und NdH (HS Pforzheim). Durch das Entfernen der alten Nd-reichen Phase konnte die optimale Menge an Nd zugegeben werden, wodurch die Remanenz gegenüber dem Ausgangsmagneten leicht erhöht werden konnte. Die erzielte Koerzitivfeldstärke erreichte ca. 80% des Ausgangsmagneten.

Mit dem neu angeschafften O/N/H-Messgerät am STI wurde nach jedem Prozessschritt der Sauerstoffgehalt gemessen. Durch das Auflösen der Nd-reichen Phase in Säure kann der Sauerstoffgehalt im Pulver reduziert werden. Auch in den recycelten Magneten ist der Sauer-

stoffgehalt im Vergleich zu den Ausgangsmagneten geringer, was auch die guten Magnetseigenschaften erklärt. Darüber hinaus wurde ein Konzept zur Rückgewinnung der gelösten Seltenen Erden als Oxid entwickelt.

In Zusammenarbeit mit dem Jožef Stefan Institute (Slowenien) als assoziiertem Partner wird, im Rahmen des Projektes, eine Promotion durchgeführt.

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 Seltene Erden als kritische Rohstoffe für Elektromobilität, erneuerbare Energien und andere strategische Sektoren in Europa mit geringerer Abhängigkeit von außereuropäischen Volkswirtschaften gewährleistet. Das übergreifende Projektziel ist die ethische, ökologische und rückverfolgbare Herstellung von (teil-)recyclten Hochleistungs-Sintermagneten für High-End-Anwendungen in Elektromobilität, grüner Energie (hauptsächlich Windkraft), Sensorik innerhalb Europas. Durch die Vermeidung von Abfall und Umweltschäden und durch die Reduzierung von Energieverbrauch im Zusammenhang mit der Herstellung von Magneten tragen die Projektergebnisse entscheidend zur Umsetzung des European Green Deals und zur Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele bei.

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 (Deutschland), der STI Ausgründung HyProMag GmbH (Deutschland), 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).

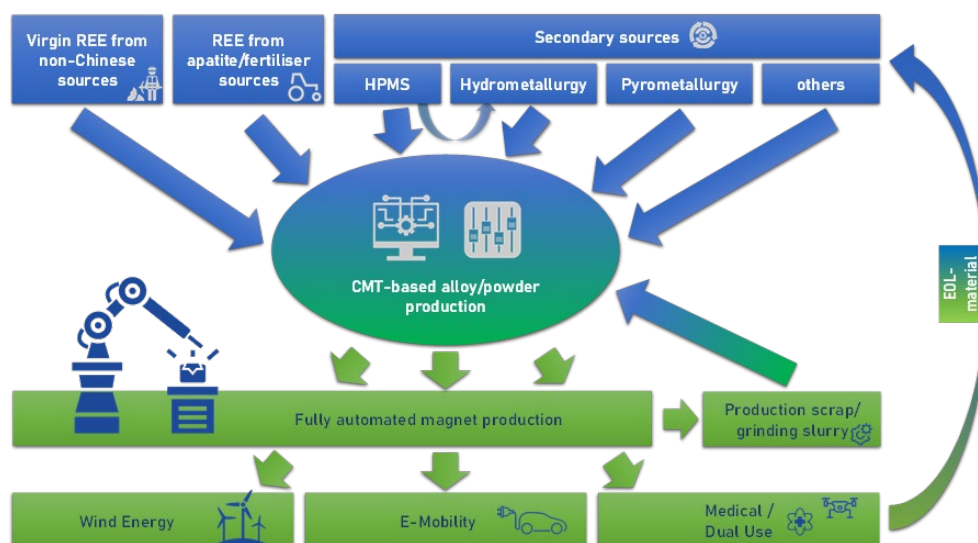


Abb. 3: REEsilience Materialflusskonzept

Das Projekt baut auf bisheriger Forschung auf und verfolgt einen strategischen Ansatz zur Implementierung auf industriellem Niveau und zur Einbindung verschiedener digitaler Tools.

Zur Schaffung einer funktionierenden Recyclinginfrastruktur und zur Ausbildung qualifizierter Arbeitskräfte und Magnetspezialisten wurden diverse Maßnahmen ergriffen.

Ein Schwerpunkt des Projekts ist, wie erwähnt, die Digitalisierung und Optimierung der Magnetrecyclingprozesse. Dies umfasst unter anderem die Entwicklung eines Software-Tools zur Ermittlung optimaler Mischverhältnisse von Primär- und Sekundärstoffen, um gezielt bestimmte Magnetgrade zu erzeugen. Hiermit soll es ermöglicht werden, möglichst viel der Sekundärwerkstoffe einzusetzen und gleichzeitig, wenn notwendig, höchste Magnetgrade herzustellen. Darauf basierend wurden Tests zur Mischung verschiedener Magnetquellen und Herstellung von Demonstratormagneten als Proof-of-Concept durchgeführt (siehe Abb. 4).

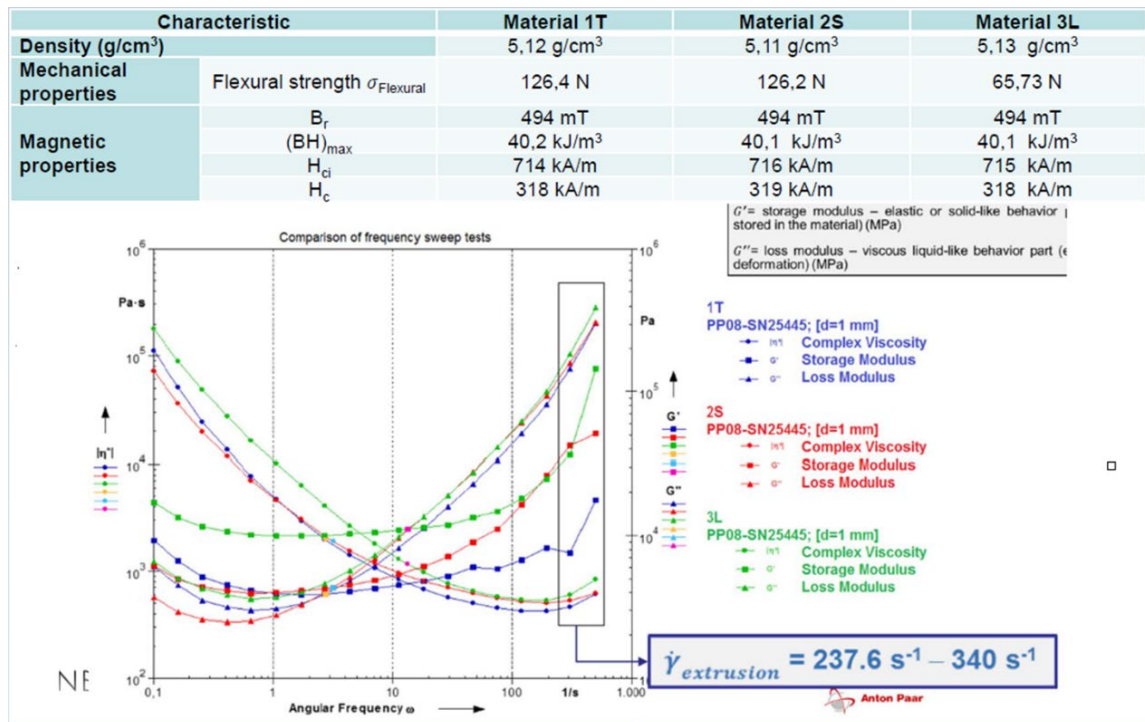


Abb. 4: Untersuchung unterschiedlicher Magnetlegierungen (Mischungen aus Neu- und EOL-Material)

Die Entwicklung verbesserter und neuer Technologien zur Legierungsherstellung und Pulveraufbereitung, um eine bessere Ausbeute und verlässliche Qualität sicherzustellen, ist ebenso ein essentielles Vorhaben des Projekts. Diesbezüglich wurden auch die Auswirkungen von Störstoffen durch Korrosion oder Reste von Klebstoffen und Beschichtungen, welche durch Prozesse wie ungenügende Separation, thermische Entmagnetisierung oder unzureichenden Schutz der Magnete eingebracht werden, quantifiziert.

Zur Skalierung der Magnetrecyclingprozesse wurden automatisierte Sortier- und Demontageanlagen für magnetenthaltende Produkte und Komponenten entwickelt und Produktionseinrichtungen im industriellen Maßstab geplant, bestellt und teilweise bereits in Betrieb genommen, siehe Abb. 5.

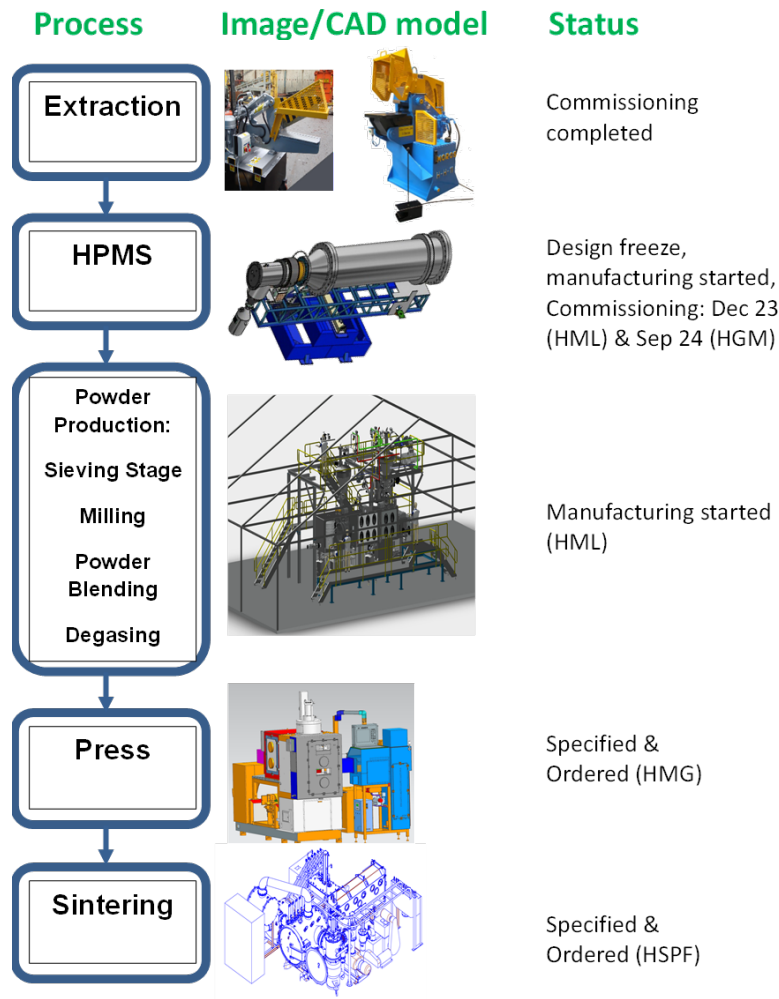


Abb. 5: Pulver- und Magnetproduktionslinie (Prozessschritte und Status der Umsetzung)

In Kooperation mit dem STI Spin-off Hypromag GmbH, welches ebenfalls in Pforzheim angesiedelt ist, wurde die industrialisierte Produktion von recycelten Sintermagneten auf Basis der im Labormaßstab gewonnenen Expertise konzipiert. Ein Teil der Anlagen steht bereits in Pforzheim. Die Produktion von gesinterten Magneten aus EOL-Magneten umfasst mehrere wesentliche Kernpunkte. Die Produktion und Aufbereitung von Pulver, das Herstellen von Grünteilen mit den entsprechenden Sinterprozessen und Wärmebehandlungen, sowie die Nachbearbeitung sind hierbei in den Fokus zu setzen. Die hierfür erforderliche Anlagentechnik sowie die Produktionsstätte wurden geplant und projektiert. Anlagen wurden beschafft und erforderliche Arbeiten an der Infrastruktur durchgeführt. Die zur Pulverproduktion erforderlichen Anlagen wurden 2025 bereits angeliefert, montiert und teilweise in Betrieb genommen. Das Pulver wird im HPMS-Reaktor (Abb. 6) hergestellt. Die notwendigen Weiterverarbeitungsschritte wie das Sieben, Mischen und Mahlen können ebenfalls abgebildet werden. Start der Produktion und Weiterverarbeitung von Magnetpulver aus EOL-Magneten ist für das 1. Quartal 2026 geplant.



Abb. 6: HPMS-Reaktor (HMG) zur Herstellung von Magnetpulver aus EOL-Magneten

Für die Serienproduktion von Sintermagneten aus Recyclingpulver sind Anlagen zum Pressen von Grünteilen sowie Sinteröfen für den eigentlichen Sinterprozess vorgesehen. Die Presse zum Ausrichten des Magnetpulvers und zum Pressen von Grünteilen wurde angeliefert. Die Montage und Inbetriebnahme der Anlage steht aus. Die Abnahme der Sinteröfen ist erfolgt. Die Öfen wurden versandt und werden voraussichtlich im 1. Quartal 2026 eintreffen. Weitere Anlagen für die Nachbearbeitung der gesinterten Magnete werden projektiert. Eine Analyse der hierfür erforderlichen Prozesse sowie der notwendigen Anlagen wurde durchgeführt, um eine geeignete Auswahl treffen zu können.

Auf diese Weise sollen in Pforzheim Stellen in einem in Europa bislang seltenen Industriezweig entstehen und die Region weiter für ihre Lokalexpertise im Bereich der kritischen Rohstoffe und Hochtechnologie hervorgehoben werden. Industriezweige, welche stark von der Verfügbarkeit der Seltenerdpermanentmagnete abhängen, wie die Automobilindustrie, sollen somit gestärkt werden.

In Sachen Methodenentwicklung ist die Optimierung einer Extrusionsmethode für gesinterte Permanentmagnete, welche in einem Vorgängerprojekt entwickelt wurde, hervorzuheben. Hierfür wird NdFeB-Pulver mit einem Kunststoffbinder gemischt, mittels Extrusion in Form gebracht und währenddessen ausgerichtet. Anschließend wird der Kunststoff entfernt und die Magnete werden gesintert (s. Abb. 7). Es konnten erstmals magnetisch ausgerichtete Magnete in einem kontinuierlichen Verfahren mittels der Shaping-Debinding-Sintering-Methode hergestellt werden.

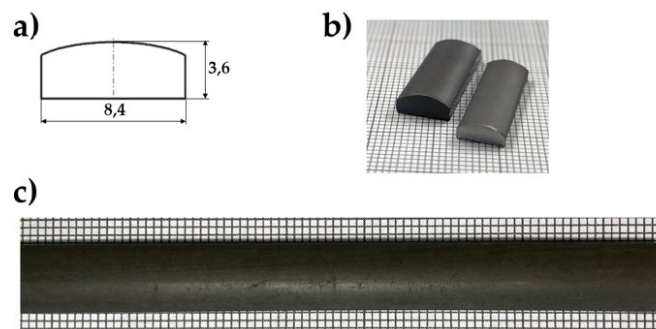


Abb. 7: Extrusionstrang mit Brotlaibquerschnitt

Zudem wurden neue Magnetmessverfahren zur Integration in die vollautomatisierte Produktionslinie (Abb. 8) inkl. Hard- und Softwareentwicklung entworfen, implementiert und erprobt.

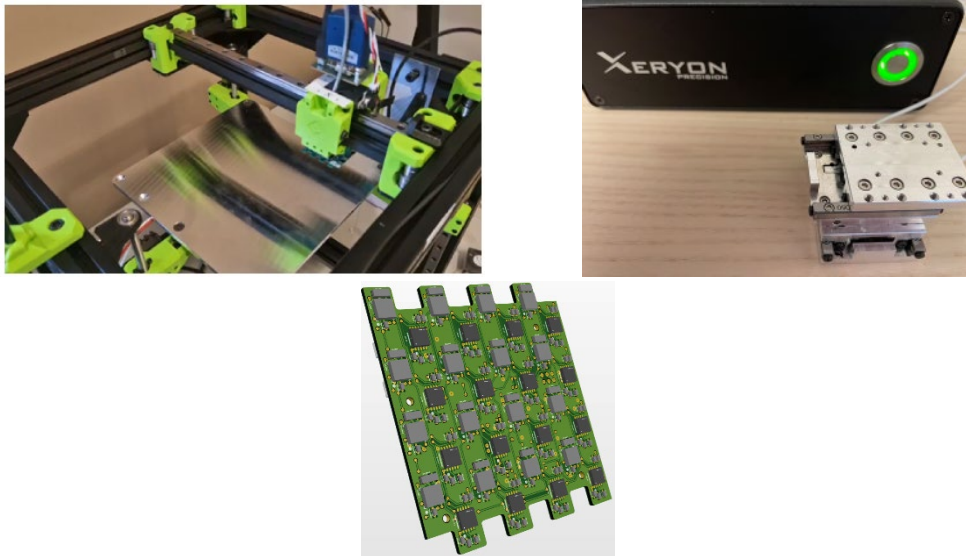


Abb. 8: 3D-Magnetscanner (links) und 2D-Magnetometer auf XY-Tisch (rechts)

Weiterhin wurde ein Prototyp einer innovativen Schmelzflusselektrolyse-Zelle (Abb. 9) zur umweltfreundlichen Gewinnung von hochreinen SE-Metallen bei deutlich verringerter Schadgasentwicklung unter Verwendung einer inerten Anode aufgebaut.

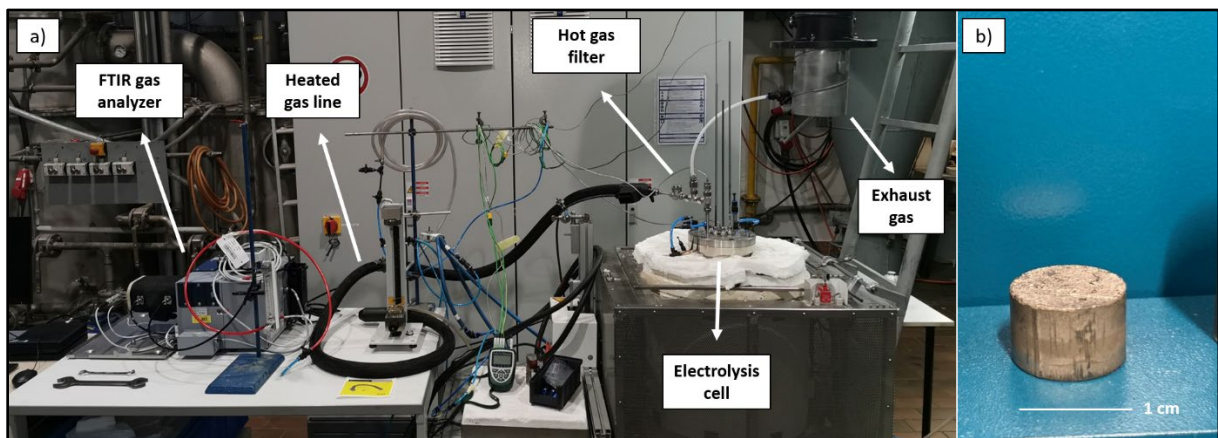


Abb. 9: Pilotanlage der Schmelzflusselektrolyse (a) und inerte Anode (b)

Ein weiterer Fokus des Projekts liegt auf der Verbesserung und Sicherstellung der Nachhaltigkeit des Recyclingprozesses sowie der Resilienz der Lieferkette.

Eine weiterführende Maßnahme von vorherigen Projekten ist die Überführung, Optimierung und der Ausbau einer Datenbank aus dem Vorgängerprojekt SUSMAGPRO, welches Daten zur chemischen Zusammensetzung, Mikrostruktur, zu den Materialeigenschaften und den Einsatzbereichen von über 180 Magnetschrottquellen enthält. Die entsprechenden Magnetschrottquellen werden zur Wirtschaftlichkeit des Recyclings und der Materialqualität bewertet. Zudem werden Trends bezüglich der Magnetherstellung, wie z.B. die Laminierung von Magneten (siehe Abb. 10), analysiert und bewertet.

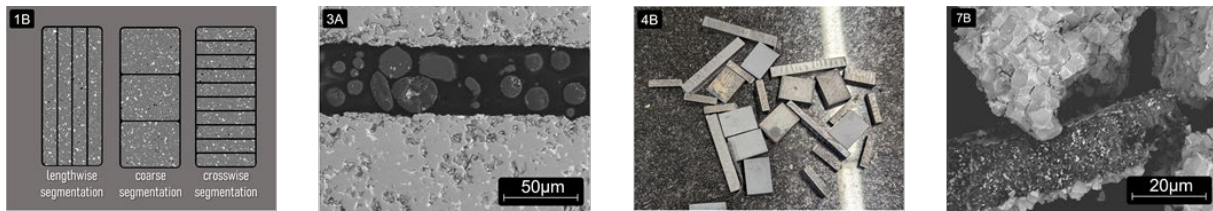


Abb. 10: Analyse laminierter Magnete

Weiterhin wurden 715 Primär- und Sekundärquellen auf deren Verfügbarkeit, ESG-Kriterien (Ethics, Sustainability, Governance) analysiert und in einer detaillierten Datenbank kategorisiert und eine Softwarelösung zur lückenlosen Rückverfolgbarkeit von Werkstoffen entwickelt. Im Zuge dessen wurde zudem eine dynamische Systemmodellierung für Permanentmagnete ausgearbeitet (siehe Abb. 11).

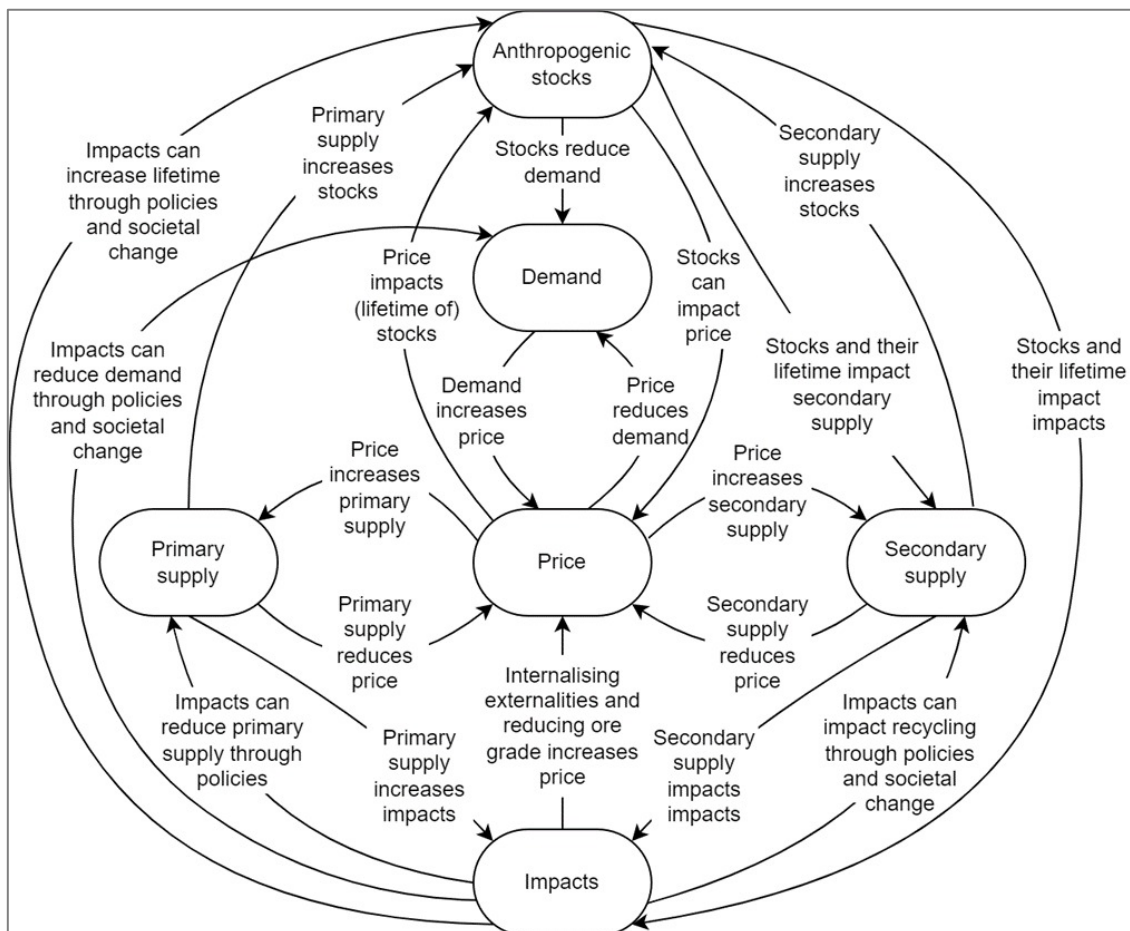
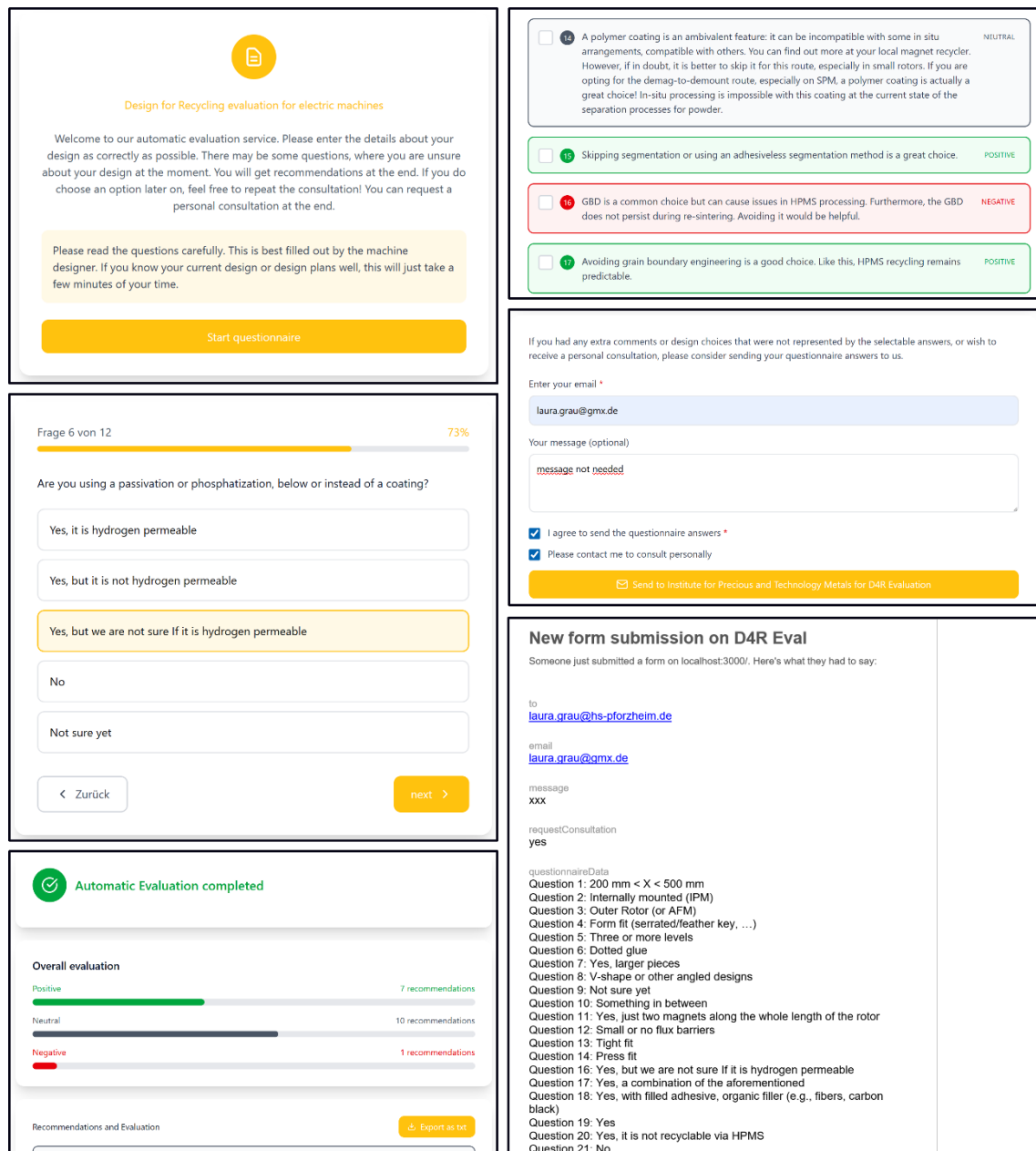


Abb. 11: Exemplarisches Subsystem der dynamischen Modellierung

Im Bereich der recyclinggerechten Produktgestaltung wurde eine umfassende Patentrecherche mit über 2.000 geprüften Patenten zum recycling- und demontagegerechten Einbau von Magneten durchgeführt. Des Weiteren wurden neue Ansätze und Lösungsmöglichkeiten zum Design-for-Recycling für Rotoren von Elektromotoren entwickelt. Das Herzstück dieser Arbeit bildet eine strukturierte und digitalisierte Design-for-Recycling-Guideline (siehe Abb. 12), die mittels eines Algorithmus ermittelt, mit welchen Maßnahmen ein bestehendes oder geplantes Rotordesign verbessert werden kann.



Design for Recycling evaluation for electric machines

Welcome to our automatic evaluation service. Please enter the details about your design as correctly as possible. There may be some questions, where you are unsure about your design at the moment. You will get recommendations at the end. If you do choose an option later on, feel free to repeat the consultation! You can request a personal consultation at the end.

Please read the questions carefully. This is best filled out by the machine designer. If you know your current design or design plans well, this will just take a few minutes of your time.

Start questionnaire

Frage 6 von 12 73%

Are you using a passivation or phosphatization, below or instead of a coating?

☐ Yes, it is hydrogen permeable

☐ Yes, but it is not hydrogen permeable

☒ Yes, but we are not sure if it is hydrogen permeable

☐ No

☐ Not sure yet

[< Zurück](#) [next >](#)

Automatic Evaluation completed

Overall evaluation

Positive 7 recommendations

Neutral 10 recommendations

Negative 1 recommendations

Recommendations and Evaluation [Export as pdf](#)

14 A polymer coating is an ambivalent feature: it can be incompatible with some in situ arrangements, compatible with others. You can find out more at your local magnet recycler. However, if in doubt, it is better to skip it for this route, especially in small rotors. If you are opting for the demag-to-demount route, especially on SPM, a polymer coating is actually a great choice! In-situ processing is impossible with this coating at the current state of the separation processes for powder. NEUTRAL

15 Skipping segmentation or using an adhesivesless segmentation method is a great choice. POSITIVE

16 GBD is a common choice but can cause issues in HPMS processing. Furthermore, the GBD does not persist during re-sintering. Avoiding it would be helpful. NEGATIVE

17 Avoiding grain boundary engineering is a good choice. Like this, HPMS recycling remains predictable. POSITIVE

If you had any extra comments or design choices that were not represented by the selectable answers, or wish to receive a personal consultation, please consider sending your questionnaire answers to us.

Enter your email *

Your message (optional)

☒ I agree to send the questionnaire answers *

☒ Please contact me to consult personally

[Send to Institute for Precious and Technology Metals for D4R Evaluation](#)

New form submission on D4R Eval

Someone just submitted a form on localhost:3000/. Here's what they had to say:

to laura.grau@hs-pforzheim.de

email laura.grau@gmx.de

message xxx

requestConsultation yes

questionnaireData

Question 1: 200 mm < X < 500 mm

Question 2: Internally mounted (IPM)

Question 3: Outer Rotor (or AFM)

Question 4: Form fit (serrated/feather key, ...)

Question 5: Three or more levels

Question 6: Dotted glue

Question 7: Yes, larger pieces

Question 8: V-shape or other angled designs

Question 9: Not sure yet

Question 10: Something in between

Question 11: Yes, just two magnets along the whole length of the rotor

Question 12: Small or no flux barriers

Question 13: Tight fit

Question 14: Press fit

Question 15: Yes, but we are not sure if it is hydrogen permeable

Question 17: Yes, a combination of the aforementioned

Question 18: Yes, with filled adhesive, organic filler (e.g., fibers, carbon black)

Question 19: Yes

Question 20: Yes, it is not recyclable via HPMS

Question 21: No

Abb. 12: Bildschirmaufnahmen von einem Test der interaktiven Design-for-Recycling-Guideline

Der Umfang von REESilience geht über Marktanalysen, technische Entwicklungen und Skalierung der Recyclinginfrastruktur hinaus: Zur Ausbildung von zukünftigen Spezialisten wurde ein Curriculum für einen Masterstudiengang „Magnet Expert“ kuratiert. Die Projektergebnisse werden zudem über Projektvideos, Events, Social Media und mehrere wissenschaftliche Publikationen an ein breites Publikum kommuniziert.

Aufgrund ihrer Expertise im Bereich der Kreislaufwirtschaft von Permanentmagneten auf Basis Seltener Erden konnte die Institutsleitung einen erheblichen Beitrag zur Erstellung des Critical Raw Materials Act der EU und zum Aufbau einer CEN-Normungsgruppe „Seltene Erden“ leisten. Im Rahmen der CEN-Normungsgruppe wurde die Leitung einer Arbeitsgruppe zur Vorbereitung des Einführungsrechtsakts des Art. 28 des Critical Raw Materials Act übernommen, welche sich mit der Beschriftung von magnethaltigen Produkten auseinandersetzt. Somit wird sichergestellt, dass die Forschungsergebnisse zahlreicher Forschungseinrichtungen und kooperativer Projekte zukünftig rechtssicher umgesetzt werden können.

Das STI ist im High-Level-Forum „Standardisation of Critical Raw Materials“ der EU, am Runden Tisch Kreislaufwirtschaft Metalle des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz – BMUV des CEN/TC „Rare Earth“ und in der deutschen Spiegelgruppe des ISO/TC 298 „Rare Earth“ als Experte für Permanentmagnete vertreten.

2025 wurden im Rahmen von „REEsilience“ eine Masterarbeit und zwei Promotionen betreut.

Projekt PRESERVE

Im Rahmen des Förderprogramms PAN HAW BW entstand das Projekt „PRESERVE“ unter der Leitung von Prof. Dr. Carlo Burkhardt (STI) und Prof. Dr. Mario Schmidt (INEC). Das Projekt hat eine Laufzeit vom 01.10.2023 bis 30.09.2027 und erfolgt in Zusammenarbeit mit der Hochschule Aalen als Projektpartner.

Das Projekt umfasst die Entwicklung von Konzepten für die Bewertung und den Einsatz von Recyclingmaterialien aus Seltenerdmetallen und Li-Ionen-Batterien.

Das Forschungsvorhaben PRESERVE verfolgt das Ziel, die Kreislaufwirtschaft für Seltenerdmetalle und Lithium-Ionen-Batterien zu fördern, indem Rezyklate systematisch bewertet und deren Einsatzmöglichkeiten sowie Alterungseigenschaften analysiert werden. Hierfür werden spezifische Konzepte und Werkzeuge entwickelt, die eine standardisierte Bewertung der Rezyklate ermöglichen.

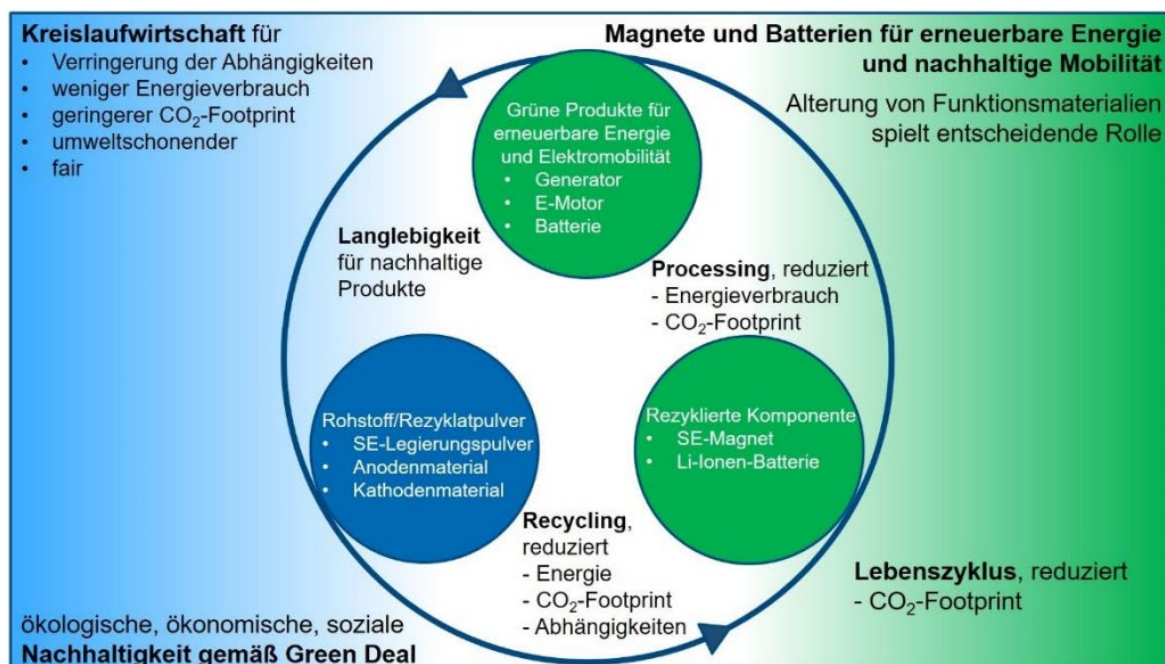


Abb. 13: PRESERVE schafft die Voraussetzungen für eine gelingende Kreislaufwirtschaft für Seltenerdmetalle und Li-Ionen-Batterien

Im Fokus steht die Untersuchung des Einflusses von Materialzusammensetzung, mikrostrukturellem Aufbau und möglichen Ungängen auf die Anwendungseigenschaften und die Alterung der Bauteile. Ziel ist es, Alterungsrisiken zu minimieren, Einsatzgrenzen zu definieren und geeignete Anwendungen für die Rezyklate abzuleiten. Diese technischen Bewertungen werden mit umfassenden Lebenszyklusanalyse (LCA)-Betrachtungen verknüpft, um ökologische und ökonomische Aspekte in die Kreislaufwirtschaft zu integrieren.

Durch Einbinden von Methoden der künstlichen Intelligenz werden nutzerfreundliche und industriell einsetzbare Softwaretools zur effizienten Qualitätsbewertung und Eigenschaftsprognose der im Projekt untersuchten Magnete und Batterien entwickelt. Dies schont kritische Ressourcen, steigert Nachhaltigkeit und Lebensdauer von E-Maschinen und Batterien und macht Lieferketten vom asiatischen Markt unabhängiger.

Das STI befasst sich im Projekt PRESERVE mit dem Recycling von Magneten aus Seltenen Erden. Ziel dabei ist es, einen ressourcenschonenden Recyclingprozess zu entwickeln, bei dem die Eigenschaften der Magnete erhalten bleiben, um eine gelingende Kreislaufwirtschaft aufzubauen. Dazu wurde ein Magnetbestand aus verschiedenen Anwendungsbereichen, wie Magnete aus Windkraftanlagen, Traktionsmotoren oder Festplatten aufgebaut. Diese Magnete wurden dann ausgiebig untersucht, aufbereitet und recycelt.

2025 wurden im Rahmen von PRESERVE zwei Promotionen betreut.

Projekt HARMONY

Im Rahmen des Förderprogramms Resilient Value Chains 2023 konnte das Projekt HARMONY unter der Leitung von Prof. Dr. Carlo Burkhardt erfolgreich beantragt werden. Das Projekt hat eine Laufzeit vom 01.01.2024 bis 31.12.2026. Projektpartner sind Asociación Centro Tecnológico Ceit; Asociación Española de Normalización (Spanien); Copreci S. Coop (Spanien); Erion Compliance Organization S.C.A.R.L. (Italien); European Science Communication Institute gGmbH (Deutschland); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (Deutschland); Ghent University (Belgien); KOLEKTOR MOBILITY Upravljanje naložb d.o.o. (Slowenien); Lancor 2000 S. Coop (Spanien); Magnax BV (Belgien); MAGNETI LJUBLJANA Podjetje za proizvodnjo magnetnih materialov, d.d. (Slowenien); MEAB Chemie Technik GmbH; Mondragon Goi Eskola Politeknikoa Jose Maria Arizmendiarieta S.Coop. (Spanien); Politecnico di Milano (Italien); Steinbeis Innovation gGmbH (Deutschland); Technische Universität Clausthal (Deutschland); TU Bergakademie Freiberg (Deutschland); Universidad del País Vasco (Spanien); Universität Florenz (Italien); University of Birmingham (Großbritannien).

Das Projekt HARMONY zielt darauf ab, die Selbstversorgung und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie zu stärken und eine widerstandsfähige Rohstoff-Wertschöpfungskette zu ermöglichen, indem ein innovatives, umweltfreundliches und sicheres Recyclingverfahren für Seltene Erden (SE) aus ausgedienten NdFeB-Dauermagneten entwickelt und im Pilotmaßstab validiert wird. Der Recyclingkreislauf umfasst die Sammlung und Demontage von EOL-NdFeB-Magneten und WEEE-Schrott, die Rückgewinnung von SE-Metallen durch einen indirekten Recyclingprozess, die Herstellung von recyceltem NdFeB-Pulver durch drei direkte Recyclingmethoden, die Herstellung von Magneten aus dem recycelten Pulver und die Validierung der recycelten Magnete in Endnutzeranwendungen. Die Schritte der Sammlung und des Recyclings werden in 8 Pilotprojekten mit einer endgültigen TRL von 6–7 durchgeführt. Die Kombination von direkten und indirekten Recyclingtechnologien wird die Behandlung von NdFeB-haltigem Schrott ermöglichen, der NdFeB in jeder Form enthält (gesinterte oder gebundene Magnete). Die recycelten NdFeB-Magnete werden in denselben Anwendungen eingesetzt wie die primären Pulvermagnete, da sie vergleichbare Eigenschaften aufweisen. Darüber hinaus können sie auf demselben Weg recycelt werden. Es wird ein Masterplan für die Informationsverteilung, Nutzung und Kommunikation (DECMP) entwickelt, um die Auswirkungen über die Laufzeit des HARMONY-Projekts hinaus zu maximieren.

HARMONY wird bei der Entwicklung der neuartigen Produkte auf bestehenden Normen aufbauen, die Kompatibilität mit den Marktbedingungen gewährleisten und die Transparenz für potenzielle Kunden erhöhen.

Die wirtschaftliche, ökologische und soziale Tragfähigkeit dieser Prozesse wird durch Lebenszyklusanalysen (LCA), soziale Lebenszyklusanalysen (S-LCA) und Lebenszykluskostenanalysen (LCCA) nachgewiesen. Darüber hinaus wird die soziale Innovation einschließlich des Bürgerdialogs, politischer Fragen, Normung und Ethik berücksichtigt, um die nichttechnologischen Hindernisse zu überwinden, die eine kurzfristige Markteinführung dieser neuartigen Technologien erschweren.

Projekt REfficient

Im Rahmen des Förderprogramms FH-Kooperativ 1-2023 wurde das Projekt „REfficient“ (Lokal verstärkte Dauermagnete für nachhaltige und effiziente elektrische Maschinen) unter der Leitung von Prof. Dr. Carlo Burkhardt realisiert. Das Projekt hat eine Laufzeit vom 01.06.2024 bis 31.05.2028. Projektpartner sind die Hochschule Aalen; Audi AG; ZF Friedrichshafen AG; Robert Bosch GmbH; Arnold Magnetic Technologies AG; Magnetfabrik Bonn GmbH.

Das Gesamtziel von REfficient ist die Identifikation und die Entwicklung prozesstechnischer Möglichkeiten zur Realisierung innovativer Dauermagnete mit inhomogenem Eigenschaftsverlauf, die kritische Rohstoffe nur in jenen Bereichen enthalten, die im Maschinenbetrieb besonders beansprucht sind. Dabei gilt es nicht nur, den inhomogenen Eigenschaftsverlauf über intelligente Prozessführung maßgeschneidert einzustellen, sondern auch seine Machbarkeit und Effizienz qualitativ und quantitativ nachzuweisen. Schlüssel hierfür sind neu zu entwickelnde materialographische und magnetometrische Analysetechniken, die in Verbindung mit begleitenden Finite-Elemente-Simulationen eine differenzierte Untersuchung des wesentlich komplexeren Magnetaufbaus und der daraus resultierenden Eigenschaftsverteilung ermöglichen. Basierend auf der erzielten Leistungsfähigkeit und Bauteilqualität (Festigkeit, Maßhaltigkeit) wird der technisch-wirtschaftliche Mehrwert gradiertter Magnete für Anwendungen in E-Maschinen und der eingesetzten Fertigungstechnologien unter Einbeziehung von Resilienz- und Nachhaltigkeitsaspekten bewertet. Das Projekt ist gleichzeitig ein wichtiger Schritt in Richtung einer umfassenden Kreislaufwirtschaft für Seltenerd-magnete, da mit dieser Methode zu einem späteren Zeitpunkt auch Recycling-Magnete signifikant aufgewertet und technisch/wirtschaftlich konkurrenzfähig gemacht werden können. So kann sich Europa von chinesischen Importen unabhängiger machen und zur Verfügung stehende Ressourcen optimal nutzen.

Hauptinnovation ist die grundlegende Erforschung der Möglichkeiten zur Realisierung von inhomogenen Dauermagneten über verschiedene Prozesstechniken und des eindeutigen Nachweises des damit realisierten gradierten Eigenschaftsverlaufs der magnetischen Kenngrößen. Ein Verständnis über die Einflussgrößen/Stellhebel auf den Grad der Gradierung (scharfe Grenzfläche, kontinuierlicher Übergang) wird für ein gezieltes Maßschneiden der Magnete erarbeitet. Dabei kommt im Volumen der Magnete auch weniger ressourcenkritisches Material (Ce-Magnete) verstärkt zum Einsatz. Es wird abgeschätzt, wie sich mit inhomogenen Magneten gezielt Ressourcen einsparen lassen, E-Maschinen dadurch effizienter werden und so ein Beitrag zur CO₂-Reduzierung im Rahmen der Elektrifizierung breiter Bereiche geleistet werden kann. Der Fokus in Aalen liegt auf Sintermagneten, Korngrenzdiffusion (Grain Boundary Diffusion GBD), Analytik und begleitender Finite-Elemente-Simulation (FEM), der Fokus in Pforzheim auf Metallspritzguss (Metal Injection Moulding, MIM) und Extrusion (jeweils auch als Mehrkomponenten-Variante) sowie zugehöriger Pulver-/Binderentwicklung (Feedstock).

REfficient erlaubt maßgeschneiderte Magnet-Prototypen nach einem Baukastenprinzip, bei dem verschiedenste Materialkombinationen A (Randzone) und B (Innenzone) möglich sind. Dabei sollen zwei unterschiedliche Arten von Magnet-Prototypen umgesetzt werden:

- Low-Cost-Magnet – Kombination FeNdB (A) und Fe(NdCe)B (B): Mit Ce-substituierten Magneten können die Kosten deutlich gesenkt werden. Mindestens 20% der im Body enthaltenen Menge an Seltenerdmetallen besteht aus Ce (>20 Gew.% Ce-Substitutionsgrad).
- High-End-Magnet – Kombination Fe(NdDy)B (A) und FeNdB (B): Der Dy-haltige Rand veredelt die Magnete und macht diese hochkoerzitiv. Maximal 30% der im Rand enthaltenen Menge an Seltenerdmetallen besteht aus Dy. Zur Realisierung der vorgesehenen Pulverzusammensetzungen werden die Laborinfrastruktur und die Medienversorgung gezielt erweitert. Durch diese Umstrukturierung kann Dysprosium gemäß dem HPMS-Verfahren zu Pulver verarbeitet werden.

Eine weitere Maßnahme zur Umsetzung der lokal verstärkten Magnetkonzepte war die Erweiterung der vorhandenen Anlagen um einen zusätzlichen Extruder in Form eines Coextruders. Durch diese Anlagenerweiterung besteht die Möglichkeit, die Materialien A und B parallel zu verarbeiten und in einem gemeinsamen Fertigungsschritt zusammenzuführen. Ziel ist es, den Grundwerkstoff und die lokal verstärkende Randkomponente bereits während der Formgebung kontrolliert zu kombinieren und damit einen definierten inhomogenen Aufbau der Magnete direkt im Extrusionsprozess zu realisieren, wie in Abbildung 14 schematisch dargestellt.

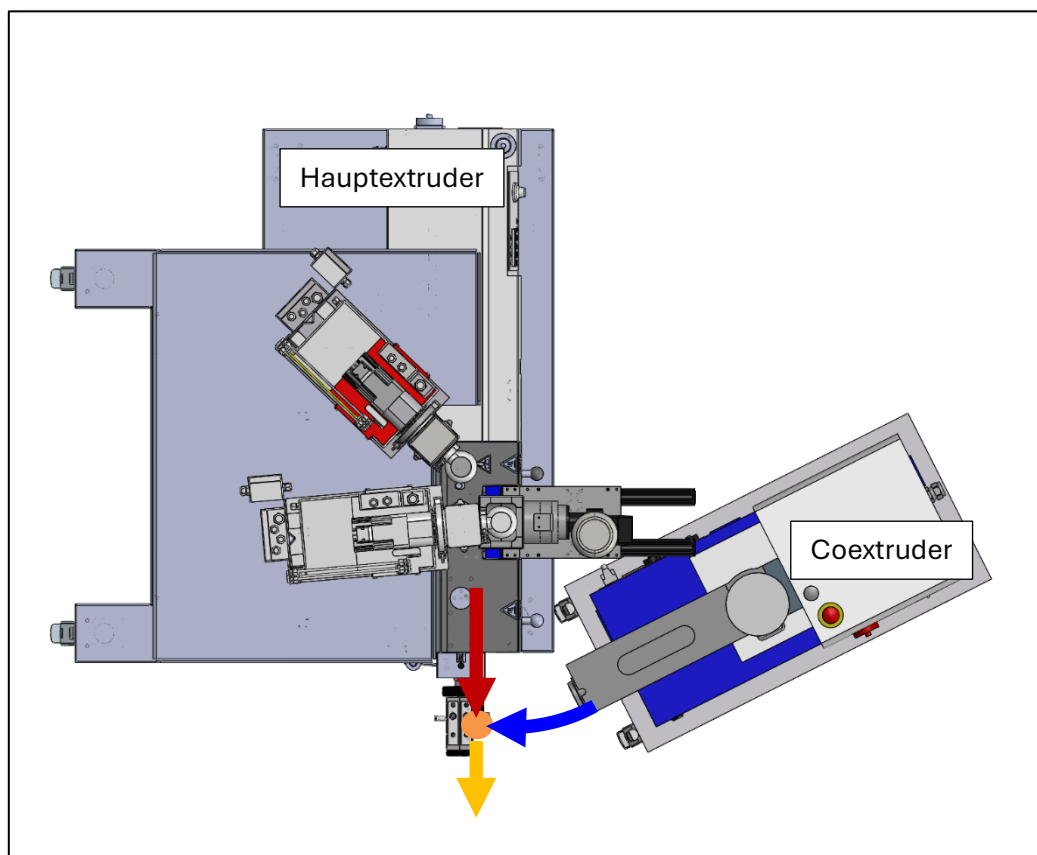


Abb. 14: Koextrusion zur Erzeugung lokalverstärkter Permanentmagnete

Projekt GREENE

Im Rahmen des Förderprogramms Horizont Europa – Resilient Value Chains wird das Projekt „GREENE“ (Single-Grain Re-Engineered Nd-Fe-B Permanent Magnets) unter der Leitung von Prof. Dr. Carlo Burkhardt durchgeführt. Das Projekt hat eine Laufzeit vom 01.06.2024 bis 31.05.2028. Projektpartner sind das Centre national de la recherche scientifique (Frankreich); Consiglio nazionale delle ricerche (Italien); Hochschule Aalen (Deutschland); HyProMag GmbH (Deutschland); Jožef Stefan Institute (Slowenien); MAGNETI LJUBLJANA Podjetje za proizvodnjo magnetnih materialov, d.d. (Slowenien); Robert Bosch GmbH (Deutschland); Steinbeis 2i GmbH (Deutschland); Technische Universität Wien (Österreich); Universidad de Zaragoza (Spanien); Universität für Weiterbildung Krems (Österreich); Universiteit Leiden (Niederlande); Vinnytsia National Technical University (Ukraine).

Das Projekt GREENE basiert auf der Idee, dass die Grenzflächen zwischen der $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -Phase und der Korngrenzenphase eine entscheidende Rolle bei der Magnetisierungsumkehr spielen und derzeit die maximal erreichbare Koerzitivfeldstärke begrenzen. Da die konventionellen Sinterprozesse jedoch den Gesetzmäßigkeiten der Thermodynamik und damit des Nd-Fe-B-Phasendiagramms folgen müssen, ist es schwierig, die Prozessparameter in dem nötigen Ausmaß zu kontrollieren. Damit ist die tatsächliche Bildung der Korngrenzenphasen weitestgehend unbekannt.

GREENE zielt auf die Entwicklung neuartiger Nd-Fe-B-Permanentmagnete ab, indem $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -Körner und damit verbundene Verunreinigungen aus der vorhandenen Nd-reichen Phase entfernt werden und eine neue $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ /Korngrenze aus neuen und recycelten Rohstoffen in situ erzeugt wird. Dieser Prozess ermöglicht einen anpassbaren SE-Gehalt in der Korngrenze und könnte den Bedarf an schwerem SE reduzieren oder sogar eliminieren. Die neuen GREENE-Magnete werden ressourceneffizienter sein und eine um etwa 20% höhere Koerzitivfeldstärke, eine um 10% höhere Remanenz und ein um 20% höheres maximales Energieprodukt ($\text{BH}_{(\text{max})}$) aufweisen. Durch Schnellabschreckung sollen Gleichgewichtsphasen vermieden und metastabile Zustände erreicht werden. Dazu werden neuartige Korngrenzen und Grenzflächen in situ mithilfe mikromagnetischer Simulationen definiert. Nach ersten Tests an gezielt gezüchteten $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -Einkristallen soll diese Technologie auf isolierte Einzelkörner auf Magnetpulvern aus Neumaterial und Rezyklat angewendet werden, um eine neue Form von Nd-Fe-B-Magneten zu entwickeln. GREENE wird dabei technologischen Reifegrad 6 erreichen, indem ein Prototyp des Magnetherstellungssystems in einer realen Betriebsumgebung (Beta-Prototyp-Systemstufe) getestet und seine Tauglichkeit demonstriert wird.

Ein an der Hochschule Pforzheim entwickeltes Pulveraufbereitungsverfahren (NeoLeach-Verfahren) nutzt organische Säuren (z.B. Zitronensäure), um die neodymreiche Phase aus der Matrixphase zu entfernen. In EOL-Magneten ist der Sauerstoffgehalt (2.000-5.000 ppm) alterungsbedingt höher als in Neumaterial (200-500 ppm). Der höhere Sauerstoffgehalt kann beim Recycling über den Short-Loop-HPMS-Prozess zu einer Verringerung der magnetischen Eigenschaften führen, da die Oxide beim Sintern nicht aufgeschmolzen werden können. Wegen des geringeren Anteils an flüssiger Phase wird nicht die volle Dichte der Magnete erreicht. Die neodymreiche Phase besteht, wie der Name schon sagt, hauptsächlich aus Neodym. Wie alle Seltenen Erden ist es sehr reaktiv gegenüber Sauerstoff. Dies führt auch dazu, dass die Oxidation der Magnete hauptsächlich in dieser Korngrenzenphase stattfindet. Die hohe Reaktivität, die auf das sehr niedrige Standardreduktionspotenzial von Neodym zurückzuführen ist, kann man sich aber auch zunutze machen. Aufgrund des niedrigen Potenzials wird diese

Phase im NeoLeach-Prozess zuerst von der Zitronensäure angegriffen. Stoppt man den Prozess, nachdem die neodymreiche Phase entfernt wurde, bleibt die Matrixphase nahezu unbeschädigt erhalten. In der Abbildung sind REM-Aufnahmen der einzelnen Pulveraufschlusseschritte dargestellt (siehe hierzu auch Abbildung 2, Projekt RESolve).

Die Untersuchungen an den Pulvern haben gezeigt, dass die magnetischen Eigenschaften der Pulver zugenommen haben, was aber hauptsächlich darauf zurückzuführen ist, dass die nicht-magnetische neodymreiche Phase nun entfernt ist und das Ergebnis nicht mehr beeinflusst. Selbst bei guter Prozesskontrolle ist der Masseverlust etwas höher als die Masse der neodymreichen Phase, so dass eine teilweise Auflösung der Matrixphase nicht ausgeschlossen werden kann. Die TEM-Analyse der säurebehandelten Pulverpartikel zeigt, dass sich auf den Partikeln eine ca. 25 nm dicke Oxidschicht gebildet hat (siehe Abbildung 15a) und die Partikel auch leicht von der Säure beeinflusst werden.

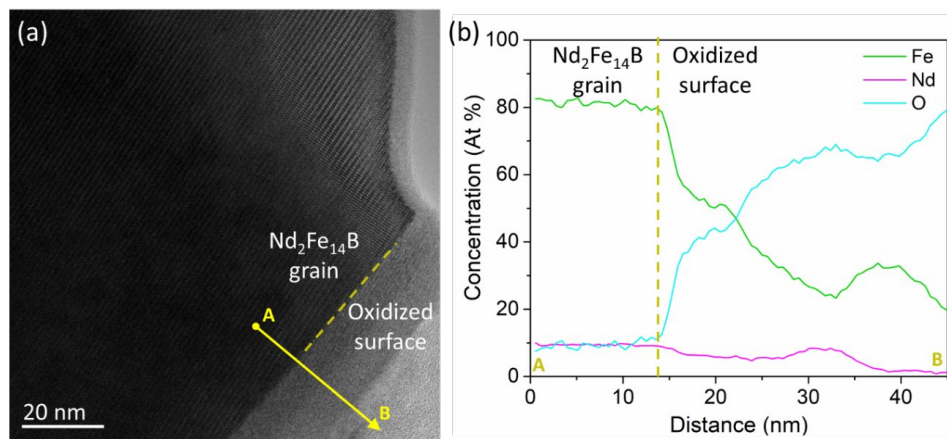


Abb. 15: a) TEM-BF-Querschnittsbild eines NeoLeach-Partikels b) EDX-Linienprofilanalyse entlang des gelben Pfeils auf dem TEM-Bild

Sauerstoffmessungen an den Pulvern haben gezeigt, dass der Sauerstoffgehalt reproduzierbar von anfänglich 3.500–4.000 ppm auf unter 2.000 ppm und damit auf die Hälfte reduziert werden kann. Aus den aufbereiteten Pulvern wurden konventionelle Sintermagnete hergestellt. Sie wurden mit 5 gew.-% NdH versetzt, kaltisostatisch gepresst, gesintert und einer zweistufigen Wärmebehandlung unterzogen. Dabei wurde die ursprüngliche Remanenz nahezu erreicht, teilweise sogar leicht übertroffen. Es konnten bis zu 80% der ursprünglichen Koerzitivfeldstärke erreicht werden (siehe Abb. 15).

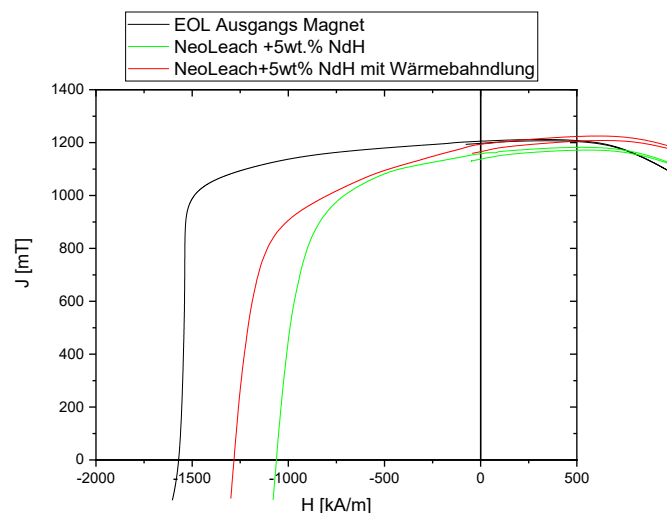


Abb. 16: Hysteresekurven des Ausgangsmagneten und des Recyclingmagneten

Es ist davon auszugehen, dass durch weitere Optimierung der Sinterparameter die Koerzitivfeldstärke noch gesteigert werden kann. Jeder Sinterprozess führt in der Regel immer zu einem gewissen Kornwachstum, welches sich negativ auf die Koerzitivfeldstärke auswirkt. Abb. 17 zeigt, dass die Recyclingmagnete eine größere Korngröße aufweisen als der Ausgangsmagnet, was die geringere Koerzitivfeldstärke erklärt.

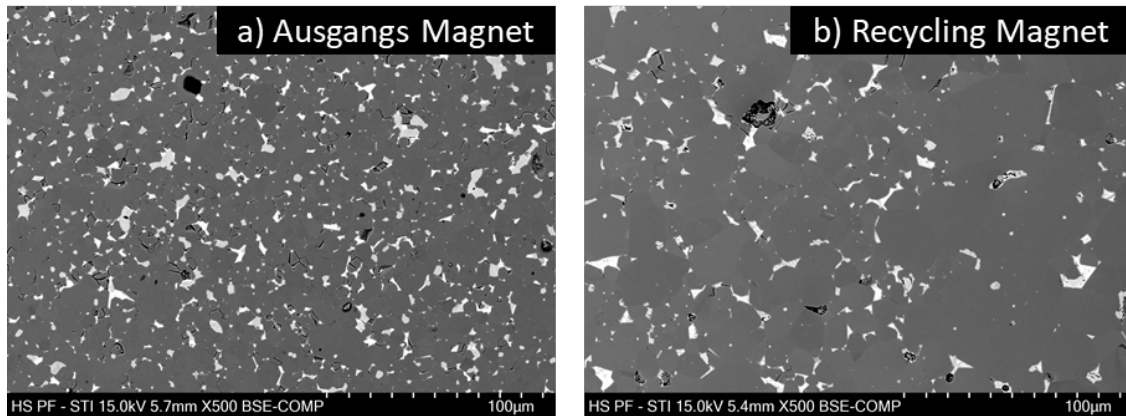


Abb. 17: REM -Aufnahmen des Ausgangsmagneten (a) und des Recyclingmagneten (b)

Durch ein hochenergetisches Mahlverfahren, wie z.B. eine Strahlmühle im Anschluss an den Säureprozess, könnten die Korngröße vor dem Sintern reduziert und die Materialeigenschaften verbessert werden. Im Projekt GREENE ist eine Hochenergie-Jetmühle mit einem zusätzlichen Sieber angeschafft und aufgebaut. Das Ziel hierbei ist es, die Partikelgröße des Mahlguts weiter zu senken. Somit soll die Partikelgröße auf $<2\text{ }\mu\text{m}$ (D50) verringert werden können. Die vollständige Inbetriebnahme und Versuchsläufe werden im 1. Quartal 2026 erfolgen.

Die finalen Anschlussarbeiten und die Inbetriebnahme einschließlich erster Tests sollen im ersten Quartal von 2026 abgeschlossen werden. Die damit erzielten Ergebnisse werden anschließend mit denen ungemahlener Pulver verglichen.

In 2025 wurde im Rahmen des Projekts eine Masterarbeit betreut.



Abb. 18: Multiprozessanlage mit Jetmühle und Anbau, bestehend aus Sieber und Filter

Projekt RAPTOR

Das Projekt RAPTOR (Rapid Additive Prototyping and Technologies for Optimized Resources) wird über die EIT-Manufacturing der Europäischen Kommission gefördert und startete Mitte des Jahres 2024 mit planmäßigem Projektende im November 2025 und stellt die Nachfolge

des Projektes aProMag dar. Die nachfolgend dargestellten Inhalte und Ergebnisse stellen den Sachstand von Ende Mai 2025 dar. Ein Förderstopp innerhalb des Innovation Calls der EIT-Manufacturing hat dazu geführt, dass alle Projekte bis auf Weiteres ausgesetzt wurden und somit auch keine finalen Ergebnisse vorliegen.

Das Projekt RAPTOR verkörpert ein zirkuläres Geschäftsmodell mit einem bahnbrechenden Schritt in Richtung nachhaltiger Entwicklung und digitaler Transformation der Fertigung von seltenerdbasierten (SE-basierten) Permanentmagneten (PM), wobei der Fokus auf die Kommerzialisierung skalierbarer, effizienter Produktionstechnologien in einer Kreislaufwirtschaft gesetzt wird. Das Projekt widmet sich sauberen Produktionstechnologien und der Wiederaufbereitung, wodurch die Lücke zwischen den frühen Phasen des Produktdesigns und dem Endprodukt effektiv überbrückt wird. Es wird erwartet, dass die Aktivitäten zu einem verstärkten Einsatz von wiederaufbereiteten Produkten führen und so einen spürbaren Wandel hin zu einer nachhaltigen Industrielandschaft ermöglichen.

Im Hauptfokus der Untersuchungen stehen hierbei hauptsächlich Technologien, die eine Fertigung von individuell gestaltbaren Magneten durch den Einsatz unterschiedlicher additiver Fertigungsverfahren zur Herstellung von maßgeschneiderten SE-basierten isotropen und anisotropen Permanentmagneten ermöglichen. Die innovativen Aufbauten der zu untersuchenden Verfahren der Fused Filament Fabrication (FFF) und Cold Metal Fusion (CMF) gewährleisten ein höchstes Maß an Präzision und Ausrichtung sowie eine gesteigerte Materialeffizienz. Entscheidend hierbei ist, dass, neben kommerziell verfügbaren SE-basierten PM-Pulvern, vor allem die Nutzung von recycelten Pulvern aus End-of-Life(EOL)-Permanentmagneten vorgesehen ist, um einen möglichst hohen Grad der Wiederverwendbarkeit darstellen zu können. Das STI stellt in RAPTOR einen wichtigen Partner in der Synthese, Charakterisierung und Weiterverarbeitung der für die additiven Fertigungsverfahren notwendigen polymergebundenen Magnetpulver und Filamente dar. Der Hauptfokus liegt im Allgemeinen in der Beschaffung, Bearbeitung und Charakterisierung der pulverförmigen Magnetwerkstoffe. Dies betrifft Untersuchungen hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung sowie metallurgischen und magnetischen Charakterisierung der kommerziellen und HPMS-prozessierten EOL-Magnete. Diese werden in weiteren Schritten durch einen mehrstufigen Prozess (nass-chemische Beschichtung) für die Feedstockverarbeitung, wo nötig, vorbereitet und durch weitere (interne wie externe) Partner zu druckbarem Pulverfeedstock und Filamenten/Granulaten verarbeitet.

Die Projektaktivitäten umfassen die Charakterisierung und Versuchsversuche der Magnetpulver. Dabei wurden auch unkonventionelle Methoden wie die Sphärisierung der Pulver zur besseren Verarbeitbarkeit im Fließbettprozess der 3D-Drucker erprobt. Weiterhin wurden Oberflächenbehandlungen zur Inertisierung entwickelt und deren Funktionalität und Kompatibilität mit den Kunststoffbindern geprüft. Dies stellt einen wichtigen Schritt dar, um hochreaktive Pulver sicher unter Luftatmosphäre verdrucken zu können, weshalb die Qualität der Inertisierung systematisch geprüft wurde.

Drei kommerzielle NdFeB-Pulver und ein SmFeN-Pulver wurden hierbei identifiziert und charakterisiert, die in ihrer Beschaffenheit und/oder Zusammensetzung die Möglichkeiten zur Verarbeitung 3D-gedruckter polymergebundener PMs verbessern sollen. Hierbei hat sich herauskristallisiert, dass die Alternative mit vorgebundenem SmFeN in PA12 eine gute, aber aktuell noch teure Möglichkeit darstellt.

Da eine im ersten Projektabschnitt in 2024 bereits untersuchte Möglichkeit zur Sphäroidisierung der Pulver (Verbesserung der mechanischen Fließfähigkeit für Fließbettverfahren) als nicht technisch umsetzbar deklariert wurde, wurden im nächsten Projektabschnitt in 2025 die

Möglichkeiten zur Erzeugung des polymergebundenen Feedstock-Systems (Pulver und/oder Granulate) untersucht, was im vorliegenden Berichtszeitraum durch eine Masterthesis zur Untersuchung der Beschichtungsmöglichkeiten der Pulver über eine nasschemische Beschichtung der Pulver begleitet wurde. Hierbei wurde das vorhandene HPSM-Pulver über einen dreistufigen Prozess zur Verbesserung der Korrosionsstabilität (Phosphatierung), der mechanischen Stabilität sowie der Anbindung (Silanisierung) an das spätere Polymersystem in Versuchen beschichtet. Es wurde hierbei ein Versuchsaufbau mit einem doppelwandigen, geschlossenen Glasreaktor mit einer inerten Atmosphäre, sowie Möglichkeiten zur In-situ-Einbringung von Pulvern/Chemikalien, eingesetzt (vgl. Abb. 19 links). Die verwendeten Chemikaliengemische wurden über eine Gesamtlaufzeit des Versuchs von ca. 14 h in dedizierten Schritten bei unterschiedlichen Rührparametern und Temperaturstufen hinzugegeben und so zur Reaktion gebracht. Die Ergebnisse der Charakterisierungen der erzeugten Pulver haben im Allgemeinen gezeigt, dass das finale und angepasste Verfahren mit seinen drei Schritten eine prinzipiell gute Möglichkeit zur Verbesserung der Korrosions-/Oxidationsbeständigkeit darstellt. Erste Messungen der Stabilität ggü. Oxidation mittels TGA-DSC haben gezeigt, dass durch das Phosphatieren eine Steigerung der Start-Oxidationstemperatur von 191 °C (unbehandelt) auf 344 °C erfolgt (vgl. Abb. 19 rechts oben). Weiterhin kann durch erste REM/EDX Untersuchungen eine teilweise Silanisierung-Beschichtung der Pulver detektiert werden (vgl. Abb. 19 rechts unten). Diese wurden jedoch lediglich fragmentiert und lokal begrenzt auf der Oberfläche der Pulverpartikel detektiert, so dass hier hinsichtlich einer guten Anbindungsmöglichkeit zum Polymersystem noch das größte Optimierungspotenzial besteht. Dies war vor allem in Kombination mit allen drei Schritten und den damit zusammenhängenden Verfahrensparametern zu beobachten. Sobald eine gesamtheitliche Optimierung aller drei kombinierten Verfahrensschritte vorliegt, erfolgt eine finale Untersuchung der Compoundierung und evtl. Mahlung des Materials im Zusammenhang mit den zu untersuchenden AM-Verfahren (FFF und CMF).

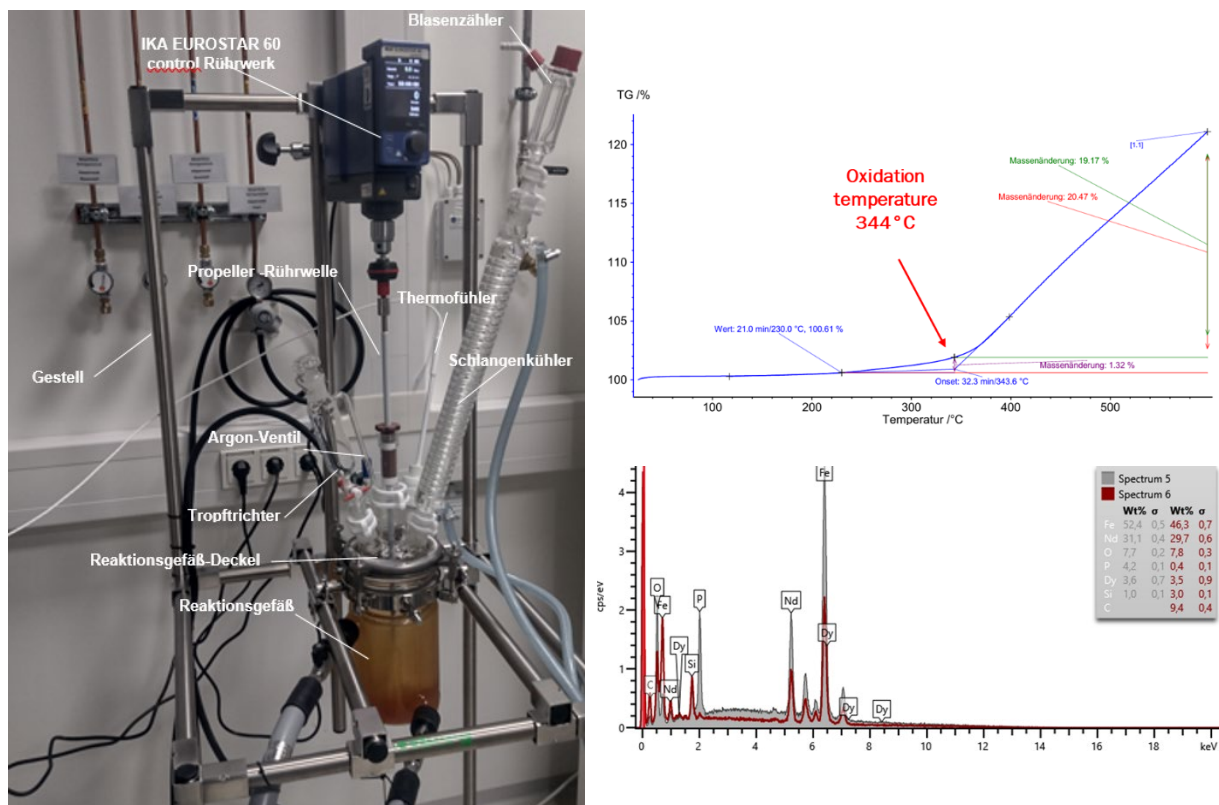


Abb. 19: Versuchsaufbau des Reaktors zur Beschichtung der EOL-NdFeB-Pulver (links), Ergebnisse der TGA-DSC-Messung der beschichteten EOL-NdFeB-Pulver (rechts oben) und Ergebnisse der EDX-Messung der Silanisierung der EOL-NdFeB-Pulver (rechts unten)

Zusätzlich zielen die Untersuchungen innerhalb des Projektes RAPTOR auch darauf ab, kommerziell verfügbare Primärmaterialalternativen, neben EOL-NdFeB, für die Herstellung von polymergebundenem Magnetpulver-Feedstock für die additive Fertigung zu untersuchen. Neben der Ermöglichung der Prozesskette zur Herstellung von polymergebundenen PMs mit EOL-NdFeB wurden Alternativen mit verschiedenen primär SE-basierten Materialien (und auch Legierungen) definiert und untersucht. Sollte sich herausstellen, dass die darzustellende Prozesskette aus Beschichtung, Compoundieren und Granulieren/Mahlen hinsichtlich der Anwendung in den genannten AM-Verfahren mit dem EOL-Material nicht darstellbar oder die Ergebnisse unzureichend sind, sollen alternative Ergebnisse geschaffen werden. Drei NdFeB-Pulver und ein SmFeN-Pulver wurden hierbei identifiziert und charakterisiert, die in ihrer Beschaffenheit und/oder Zusammensetzung die Möglichkeiten zur Verarbeitung 3D-gedruckter polymergebundener PMs verbessern sollen. Hierbei hat sich herauskristallisiert, dass die Alternative mit vorgebundenem SmFeN in PA12 eine gute, aber aktuell noch teure, Möglichkeit darstellt. Durch deren Einsatz kann eine verkürzte Prozesskette zur Herstellung des jeweiligen Feedstocks genutzt werden. Der angelieferte und vorgranulierte Feedstock aus SmFeN-PA12 (60/40 Vol.-%, Nichia Corp., JPN) wurde an der HS PF mittels einer Schneidmühle weiter zerkleinert, so dass eine durchschnittliche Größe der Granalien von ca. 1–2 mm vorlag. Diese wurden durch die Partner am CIM-UPC, in ihrer eigens entwickelten FFF-Anlage, hinsichtlich der Machbarkeit von gedruckten SmFeN-PA12-Magneten untersucht. Die bis dato vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, das vorliegende Materialsystem mit der entwickelten Maschine ohne magnetische Ausrichtung (noch in der Entwicklung) zu drucken. Die magnetischen Eigenschaften sind für einen adäquaten Messwert noch zu gering ausgeprägt, so dass hierzu keine Ergebnisse gegeben werden können. Als weiteren Schritt in der kommerziellen Untersuchung von kommerziellem Material wurde aus den vorliegenden NdFeB-Pulvern eine Variante mit einem leicht erhöhten Pr-Gehalt (GND510P, Griem Advanced Materials Co. Ltd., CHN) mit PA12 im Verhältnis 60/40 Vol.-% compoundiert und granuliert. Dieses Material wurde bis dato den Partnern der Universität Ljubljana für rheologische Untersuchungen und den Partnern des CIM-UPC für eine zusätzliche Machbarkeitsstudie mit FFF verschickt. Die Ergebnisse hierzu stehen noch aus.

Somit ergeben sich als weitere Schritte für die Herstellung von polymergebundenem EOL-NdFeB-Feedstock die Optimierung des Beschichtungsprozesses sowie das daran anknüpfende Compoundieren mit einem Polymer-Bindersystem und das weitere Granulieren/Mahlen (für FFF und CMF). Zusätzlich sind für die kommerziell betrachteten Magnetpulvervarianten noch weitergehende Optimierungen der Prozessparameter des FFF im Zusammenhang mit der magnetischen Ausrichtung während des Druckens nötig. Dies gilt auch im Zusammenhang mit dem Mahlen hinsichtlich der Nutzung für das CMF. Erste Ergebnisse aus einer Masterarbeit haben gezeigt, dass das Mahlen und der Einsatz im CMF (innerhalb einer L-PBF-Anlage) einige Probleme, wie z.B. ungenügende Fließfähigkeit und Temperaturverteilung im Pulverbett, mit sich bringen, die es durch Anpassung der vorangehenden Prozessschritte und Anpassung der Materialzusammensetzungen (Flussmittel, volumetrische Verhältnisse etc.) zu optimieren gilt.

Projekt ReDriveS

Das Verbundprojekt ReDriveS – Automatisierte und digitalisierte Kreislaufwirtschaftslösungen für elektrische Achsantriebssysteme als Schlüsseltechnologien in der Elektromobilität (Teilvorhaben: Aufbereitung von Magnetpulvern im Short-Loop-Verfahren und Herstellung von Hochleistungsmagneten) – ist ein vom BMW E gefördertes Projekt mit einer Laufzeit vom 01.10.2025 bis 30.09.2028 und insgesamt 23 Projektpartnern.

Die Europäische Kommission hat ein umfassendes Maßnahmenpaket vorgelegt, das künftig nahezu vollständige ($\approx 100\%$) Recyclingquoten für Seltenerdmagneten aus ausgedienten Elektrofahrzeugen sowie einen Mindestanteil von 15% an „End-of-Life“-Recyclingmaterialien in Neufahrzeugen vorsieht. Mit diesen Vorgaben soll die Versorgungssicherheit der Europäischen Union mit strategisch bedeutsamen und kritischen Rohstoffen gestärkt werden. Unter anderem sollen mindestens 25% des jährlichen EU-Bedarfs an kritischen Rohstoffen – einschließlich Seltenerdmagneten – durch Recyclingprozesse gedeckt werden. Derzeit verfügbare Recyclingtechnologien sind jedoch nicht in der Lage, diese Zielsetzungen zu erfüllen.

Im Verbundvorhaben ReDriveS entwickeln die Partner erstmals herstellerübergreifende, branchenweit nutzbare Lösungsansätze für automatisierbare, roboterbasierte Demontagesysteme von elektrischen Achsantrieben sowie innovative Recyclingverfahren für Seltene-Erden-Metalle, flankiert durch digitale Werkzeuge. Das Projekt leistet einen wesentlichen Beitrag zur Stärkung der Resilienz der Wertschöpfungskette für elektrische Antriebssysteme, indem technologisch neuartige, ökonomisch tragfähige und ökologisch vorteilhafte Kreislaufwirtschaftslösungen für wertgebende Materialien (z.B. NdFeB-Magnete, Aluminium-, Magnesium- und Kupferwerkstoffe) aus End-of-Life-Elektromotoren in Deutschland entwickelt werden.

Im Rahmen von ReDriveS sollen aus den zurückgewonnenen Rezyklaten gesinterte NdFeB-Magnete erzeugt werden, die die hohen technischen Spezifikationen für den Einsatz in automobilen Antriebsmotoren erfüllen. Durch die Weiterentwicklung der Recyclingprozesse für E-Motoren wird zudem die ökologische Gesamtbilanz der Elektromobilität verbessert, da die bislang überwiegend in Asien konzentrierte Primärproduktion – insbesondere von Seltenerdmagneten – mit erheblichen Umweltbelastungen verbunden ist.

Nach Projektabschluss verfügen die Konsortialpartner über das Potenzial, die gewonnenen Erkenntnisse in industrielle Anwendungen zu überführen und durch vorwettbewerbliche Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette Skaleneffekte für eine wirtschaftliche Verwertung zu realisieren. ReDriveS wird als nationales Leuchtturmprojekt grundlegende technologische und digitale Bausteine für die deutsche Automobil- und Recyclingindustrie bereitstellen, um sowohl den CO₂-Footprint von Elektrofahrzeugen zu reduzieren als auch zukünftige regulatorische Anforderungen im Bereich der Recyclingquoten zu erfüllen.

Das STI übernimmt im Projekt die wissenschaftliche Leitung bezüglich der Wiederverwertung von SE-Magneten und der Magnetherstellung allgemein. Dies umfasst zentrale Prozessschritte der Rückgewinnung, Reinigung und Weiterverarbeitung von NdFeB-Magneten und positioniert das STI als methodisch führendes Institut innerhalb des Konsortiums.

Das STI verantwortet die Durchführung und Skalierung des HPMS-Verfahrens zur Aufbereitung von End-of-Life-NdFeB-Magneten. Dies umfasst die wasserstoffbasierte Zerkleinerung der Magnete sowie die Pulveraufbereitung durch Sieben, Grob- und Feinmahlen, von der Laborprobe bis zu realen Bauteilen. Zudem führt die HSPF die NeoLeach-Behandlung (siehe Projekt RESolve) der HPMS-Pulver mit Zitronensäure durch und entwickelt hierfür den Übergang vom Labor- zum Pilotmaßstab. Beide Prozesse werden durch umfassende chemische und strukturelle Analysen begleitet, darunter ICP-OES, C/S- und O/N/H-Analytik, Partikelgrößenverteilungen, REM-EDX und XRD und die Untersuchung der Materialeigenschaften. Planmäßig sollen Herstellungs-, Mahl- und Mischversuche am STI direkt durchgeführt werden. Das STI trägt darüber hinaus zur projektinternen Harmonisierung der analytischen Methoden bei.

Projekt Aurum Nova

Im ZIM-Förderprogramm wurde erfolgreich das Projekt „Aurum Nova“ beantragt. Das Projekt unter der Leitung von Prof. Carlo Burkhardt hat eine Laufzeit vom 01.01.2023 bis 31.12.2025 und erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Fa. Wellendorf Gold-Creationen GmbH & Co. KG in Pforzheim.

Aurum Nova zielt darauf ab, neuartige Goldfarben für den Schmuckbereich zu entwickeln und Ringe als Prototypen herzustellen. Hierbei stehen sowohl neue Fertigungsverfahren als auch neue Produkte im Fokus.

Aufgrund ihrer herausragenden Medienbeständigkeit, guten Umformbarkeit und besonderer Farb- und Glanzeigenschaften sind Goldwerkstoffe seit vielen Jahrtausenden bevorzugte Werkstoffe für hochwertige Schmuckanwendungen. Aufgrund der Mischbarkeit mit farbverändernden metallischen Legierungselementen im schmelzflüssigen Zustand können verschiedene Goldfarben erzeugt werden, die von Kupferrot über Grüngelb bis Weiß reichen und die in Premiumanwendungen als einfarbige oder mechanisch gefügte Multi-Color-Gestaltungselemente eingesetzt werden. Einschränkungen im Legierungsspektrum ergeben sich dabei hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften (z.B. Verschlechterung der Umformbarkeit und Duktilität), gesetzlicher Vorgaben (z.B. EU-Verordnungen 1907/2006 „REACH“ und 65/2011 „RoHS“) sowie der Hautverträglichkeit (z.B. Nickellässigkeit). Trotz vielfältiger Anstrengungen ist es deshalb bisher nicht gelungen, hochwertige Schmuckwerkstoffe mit einem Goldanteil von mindestens 75 Gew.-% außerhalb des beschriebenen Farbspektrums herzustellen und durch eine geeignete Wahl der Füllstoffe gleichzeitig höhere Härte und damit Verschleißbeständigkeit bzw. Kratzerunempfindlichkeit zu erzielen.

Im Vorhaben Aurum Nova wurden diverse innovative Prozessketten entwickelt, um neuartige 18-Karat-Goldwerkstoffe mit Farben außerhalb des bekannten Spektrums herstellen zu können. Hierzu zählen vor allem das heißisostatische Pressen (HIP) sowie das Elektrosinterschmieden (ESF). Beim HIP-Prozess wird in einem zweistufigen Prozess zunächst eine mechanische Pulvermischung des Goldpulvers (>75 Gew.%) mit geeigneten, farbverändernden Zusatzelementen hergestellt und in ein Trägerrohr gefüllt. Die Pulvermischung wurde im zweiten Prozessschritt unter hohem Druck und geeigneter Temperatur zu einem hochdichten Festkörper verpresst, in dessen Goldmatrix die farbverändernden Zusatzstoffe gleichmäßig verteilt oder gezielt lokal agglomeriert eingebettet sind. Aufgrund der innovativen Prozessführung konnten farbverändernde Stoffe eingesetzt werden, die im konventionellen Schmelzverfahren nicht im Gold löslich sind. Dies beinhaltet sowohl hochschmelzende metallische Elemente (z.B. Refraktärmetalle) wie auch nichtmetallische Werkstoffe wie z.B. Keramiken, Gläser, Kohlenstoff etc., was die Darstellung eines deutlich erweiterten Farbspektrums erwarten lässt. Es wurde weiterhin versucht, durch die Auswahl der Füllstoffe höhere Härte und ein damit verbessertes Verschleißverhalten zu erzielen. Das modifizierte HIP-Verfahren verspricht höchste Präzision und Oberflächenqualität.

Ein Beispiel dafür zeigt das Gold-Glas-Composite in Abbildung 20.

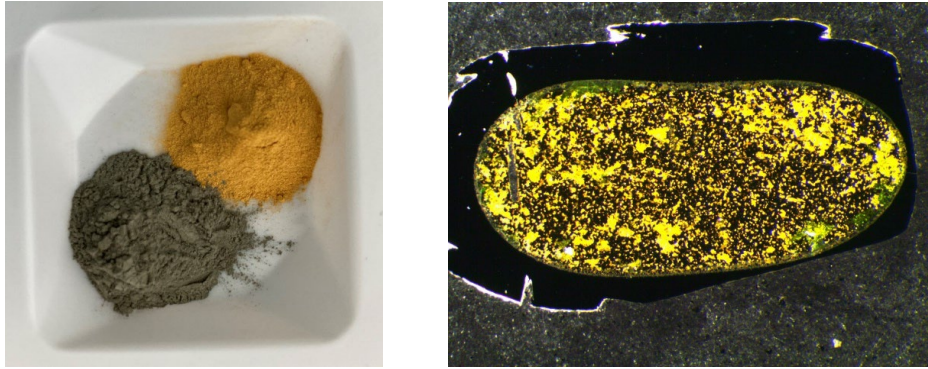


Abb. 20: Gold- und Zinn-Pulver (links) und Gold-Glas-Composite unter dem Stereomikroskop (rechts)

Mithilfe des ESF wurden farbige intermetallische Goldphasen mit Gold zu einem Composite gesintert. Hierzu wurden Pulvermischungen mit verschiedenen Volumenanteilen der intermetallischen Phase hergestellt, wobei der Mindestgoldanteil von 75% nicht unterschritten wurde. Die Pulver wurden anschließend in eine ESF-Presse gegeben, vorverdichtet und durch das Anlegen eines kurzen elektromagnetischen Impulses zu einem dichten Werkstoff verdichtet. Der Sinterprozess läuft in einem Bruchteil einer Sekunde ab, wodurch Phasen miteinander verbunden werden können, die unter normalen Sinterbedingungen nicht miteinander reagieren würden. Abbildung 21 zeigt eine im HIP-Verfahren erzeugte intermetallische Al_2Au -Phase, die eine Rosé-Färbung aufweist.

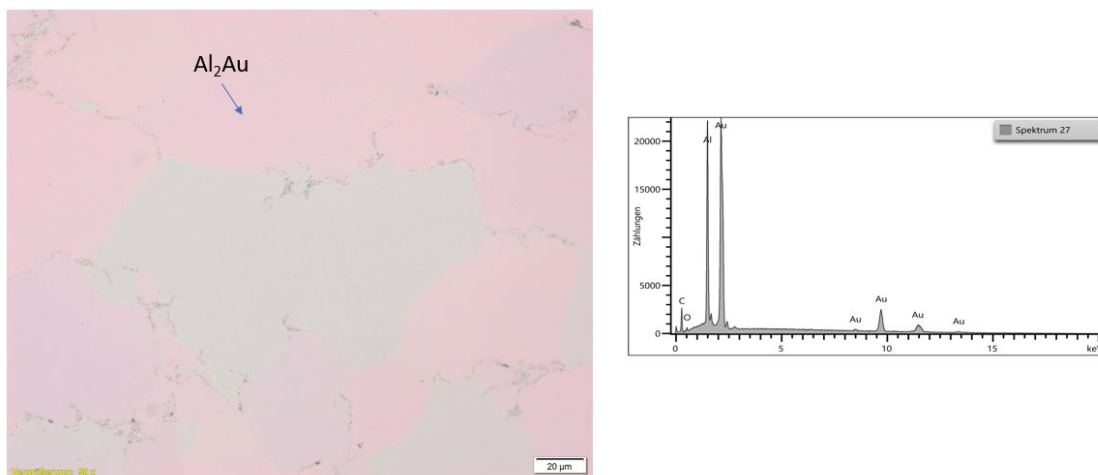


Abb. 21: Schliffbild der intermetallischen Al_2Au -Phase (links) und EDX-Analyse (rechts)

Institutsleitung: Prof. Dr. Carlo Burkhardt

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

1.2.4 Institute for Smart Bicycle Technology – ISBT

Motivation

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 (Pedelects/E-Bikes) und ersten Fahrerassistenzsystemen, wie zum Beispiel ABS. Die Entwicklung steht jedoch erst am Anfang und bietet noch viel Potenzial. Auch die Qualitätsansprüche sind stark gewachsen und damit die Anforderungen an die Prüfstandstechnik.



Besonders Pedelects, 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, Ingenieurnachwuchs: BikeAssist, beide Projekte mit den Partnern Robert Bosch GmbH, Stuttgart und IPG Automotive GmbH, Karlsruhe). Drei kooperative Promotionen wurden bereits abgeschlossen, eine weitere ist gestartet. Insgesamt sind am Institut zurzeit und perspektivisch für die nächsten Jahre 10 Mitarbeiter 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. Marcus Simon
(neu im Institut seit WS25/26)



Abb. 1: Institutsmitglieder und Mitarbeiter im ISBT, v.l.n.r.: Simon Mörmann, Marian Burkhardt, Manuel Hauer, Prof. Stefan Hillenbrand, Maximilian Höfert, Manuel Gerth, Prof. Ingolf Müller, Prof. Martin Pfeiffer, Matthias Häcker, Prof. Peter Kohmann, Prof. Jürgen Wrede, Lukas Ropertz, Paci Giovanni. Nicht im Bild: Leandra Schmidt, Prof. Marcus Simon. Foto: Julia Kikel

Die Themenfelder des Instituts:

Am ISBT werden verschiedene Aspekte der Fahrradtechnik adressiert:

- Neue mechatronische Fahrerassistenzsysteme, z.B. ABS für E-Bikes oder die automatische Bremskraftverteilung



Abb. 2: Fahrerassistenzsysteme für E-Bikes, selbstfahrender Versuchsträger und Hardware-in-the-Loop-Prüfstand für E-Bike-ABS aus abgeschlossenem Projekt „BikeSafe“

- Komponenten- und Prüfstandentwicklung für Fahrräder (MTB, Rennrad, E-Bikes)



Abb. 3: Prüfstandtechnik für Fahrräder und E-Bikes, Multiforce-Prüfstand zur Dauerprüfung von Fahrrad-Rahmen

- Entwicklung von Leichtbaukomponenten mit neuem 3D-Faser-Wickelroboter, Entwicklung von hybriden Leichtbau-Materialien



Abb. 4: 3D-Faserwickel-Roboter

- Entwicklung neuer Forschungsfelder, z.B. Lastenräder, Elektroleichtfahrzeuge etc.

Die aktuellen Forschungsprojekte des Instituts:

KombiABS – Kombibremssystem für Pedelecs und S-Pedelecs

In den einschlägigen Gremien, insbesondere der AG Fahrrad- und S-Pedelec-Sicherheit des Deutschen Verkehrssicherheitsrats (DVR), wird intensiv diskutiert, wie sich die Sicherheit von Radfahrenden, insbesondere mit Pedelecs und S-Pedelecs, erhöhen lässt.

Ein wichtiger Punkt dabei ist die Kombibremse bei Pedelecs und S-Pedelecs, in Verbindung mit ABS, wie weitgehend bei Motorrädern bereits üblich. Bei heutigen Rädern betätigt ein Bremshebel eine Radbremse, also z.B. der rechte Bremshebel nur die Bremse am Hinterrad. Wird nur das Hinterrad gebremst, ist durch den hohen Schwerpunkt und die dynamische Radlastverlagerung nach vorne nur eine geringe Bremswirkung, abhängig von Beladung und Steigung bis unter nur 2 m/s^2 , möglich. Werden dagegen wie bei der Kombibremse beide Räder mit einem Hebel gebremst, lässt sich die Verzögerung deutlich erhöhen und der Bremsweg verringern.

Die Kombibremse soll dabei ein ABS nicht ersetzen, sondern ergänzen und auch unabhängig davon die Fahrsicherheit verbessern.

Auf der Eurobike wurden bereits erste Kombibremssysteme für Lastenräder vorgestellt.

Allerdings besteht noch ein hoher Forschungsbedarf bezüglich des Einsatzes und der Ausführung von Kombibremssystemen bei Fahrrädern:

1. Welchen Nutzen für die Verkehrssicherheit hat ein kombiniertes Bremssystem mit/ohne ABS bei S-Pedelecs und Pedelecs im Vergleich zum Stand von Technik und Gesetzgebung?
2. Welche Konzepte für kombinierte Bremssysteme mit/ohne ABS gibt es und welche Vor- und Nachteile haben sie in Bezug auf Verkehrssicherheit, Aufwand/Kosten, Gewicht, Bau- und Energieverbrauch?
3. Was sind die technischen Systemanforderungen an kombinierte Bremssysteme mit/ohne ABS für Pedelecs?
4. Erfordert ein kombiniertes Bremssystem bei S-Pedelecs/Pedelecs ein 2-Kanal-ABS (Vorder- und Hinterrad geregelt)?

Um diese Fragen zu klären, wurde am ISBT das Forschungsprojekt „KombiABS“ gestartet. Es wird von Prof. Wrede geleitet und zusammen mit Studierenden in Projekt- und Thesarbeiten bearbeitet. Fachlich unterstützen Prof. Dr.-Ing. Stefan Hillenbrand bei den Themen Bremsdynamik/Simulation/Versuchsträger sowie Prof. Christa Wehner (emeritiert) bei der Nutzerumfrage.

Das Projekt läuft unter der Schirmherrschaft des DVR. In der AG Fahrradsicherheit wird regelmäßig darüber berichtet und diskutiert. Für das Projekt wurde ein Expertenbeirat gegründet.

Die gemeinnützige ARCD Verkehrssicherheits-GmbH, eine Tochterfirma des Auto- und Reisyclubs Deutschland (ARCD), unterstützt das Projekt finanziell.

Von Firmenseite sind in das Projekt eingebunden: Bosch eBike Systems in Reutlingen, der Bremsenhersteller Magura in Bad Urach sowie der Fahrradhersteller Riese & Müller in Darmstadt.

Folgende 3 Aufgabenpakete wurden bearbeitet:

1. Computersimulation der Bremsdynamik

Die Bremsdynamik von Fahrrädern/Pedelecs wurde mit Matlab/Simulink mit einem einfachen Computermodell berechnet und dargestellt.

Hierzu wurden in einem studentischen Forschungsprojekt im Master „Mechatronische Systementwicklung“ Simulationen durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse (siehe Abb. 5) wurden auf der International Cycling Safety Conference 2024 in Imabari, Japan, vorgestellt. In einer noch laufenden Master Thesis wird das Simulationsmodell auf der Basis eines in einem früheren Forschungsprojekt (BikeSafe für ABS) entwickelten Modells erweitert und der Einfluss auf die Ergebnisse untersucht.

Status Computersimulation: Trekkingrad, 5% bergab, $\mu_{\max} = 0,8$

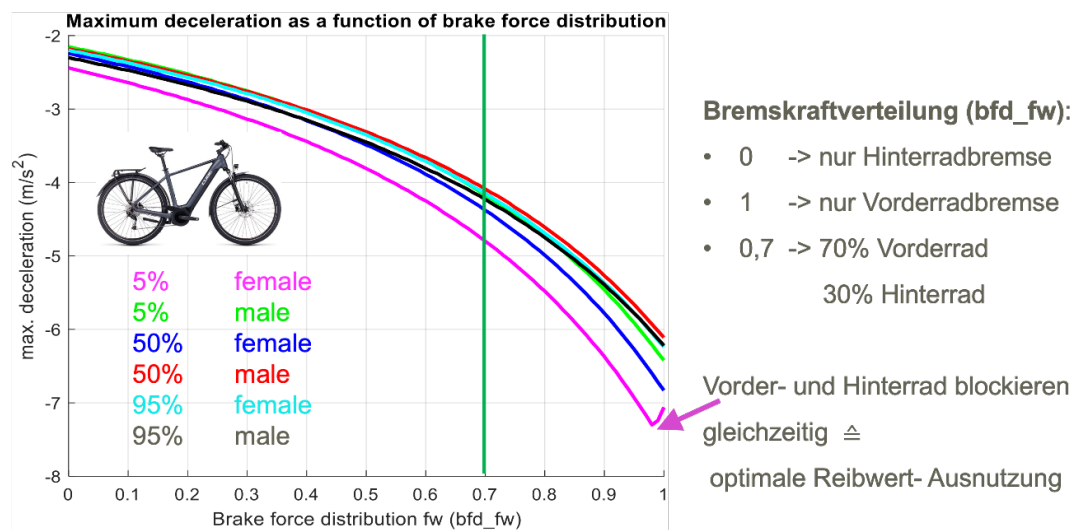


Abb. 5: Simulation der max. Verzögerung eines Trekkingrads abhängig von der Bremskraftverteilung und der Schwerpunktlage verschiedener Fahrer und Fahrerinnen

2. Systematische Befragung von Radfahrenden zum Bremsverhalten

Mit Unterstützung von Prof. Christa. Wehner und eines Umfrageinstituts wurde eine systematische Befragung von Radfahrenden durchgeführt.

Pilotumfrage zum Bremsverhalten

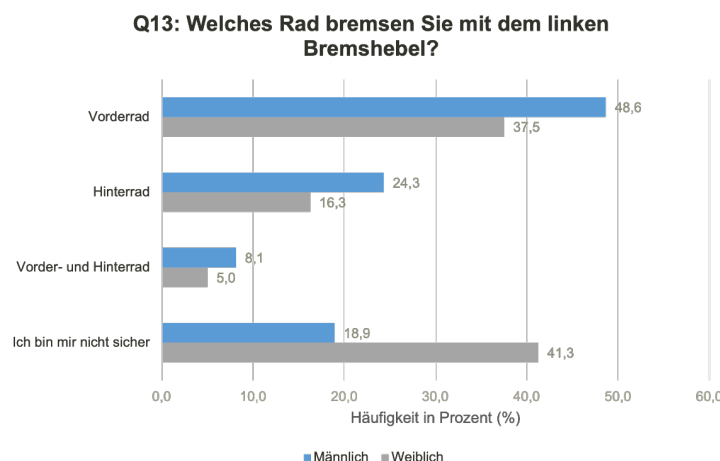


Abb. 6: Exemplarisches Ergebnis der Pilotumfrage zum Bremsverhalten mit 150 Probanden

2024 wurde eine erste Pilotumfrage zum Bremsverhalten mit 150 Teilnehmer/-innen (4 Altersgruppen) über eine Agentur durchgeführt und von einer Hochschulabsolventin ausgewertet. Die beispielhafte Auswertung in Abbildung 6 zeigt, dass ca. 60% der Radfahrenden nicht wissen, welches Rad sie mit welchem Bremshebel abbremsten. Die Ergebnisse wurden im November 2025 auf der International Cycling Safety Conference 2025 in Oslo von Prof. Wrede vorgestellt und stießen auf großes Interesse.

2025 wurde mit einem leicht optimierten und erweiterten Fragenkatalog eine weitere Studie zum Bremsverhalten mit 1.000 Teilnehmer/-innen durchgeführt. Die Ergebnisse liegen vor, sind jedoch noch nicht im Detail ausgewertet. Eine Veröffentlichung in einer Fachzeitschrift ist für Anfang 2026 geplant.

3. Erprobung verschiedener Bremskraftverteilungen mit Brake-by-Wire-S-Pedelec-Versuchsträger

Ein Pedelec-Versuchsträger ist mit einer hydraulischen Scheibenbremsanlage ausgerüstet, bei der softwarebasiert auf einfache Weise die Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterradbremse bei verschiedenen Betätigungen eingestellt werden kann. Es handelt sich dabei um ein Brake-by-Wire-System (Abb. 7) für Versuchszwecke, mit einer mechanischen Backup-Bremse. Der an den Bremshebeln vom Radfahrer eingesteuerte Druck wird über Drucksensoren erfasst, wirkt jedoch nicht direkt auf die Radbremszylinder. Die Bremsdrücke am Rad steuert ein Hochleistungs-Mikrocontroller über je einen elektrischen Getriebemotor von Fa. Faulhaber, die wiederum per Bowdenzug und Bremshebel auf die hydraulische Scheibenbremse wirken. Bremsbetätigung und Bremswirkung sind mechanisch/hydraulisch völlig entkoppelt und nur über die Software im Mikrocontroller miteinander verknüpft. Ziel ist es, mit diesem Versuchsfahrrad verschiedene Kombinationen von Kombibremsanlagen, also Zuordnung von Bremshebel zu gebremstem Rad, mit unterschiedlichen Bremskraftverteilungen, z.B. auch dynamisch an die Verzögerung gekoppelt, zu realisieren und im Fahrbetrieb zu testen. Beispielsweise kann mit dem rechten Bremshebel die Vorderradbremse mit 70% der Gesamtbremskraft und die Hinterradbremse mit 30% betätigt werden.

Als Versuchsträger dient ein S-Pedelec von Fa. Riese & Müller. Es wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit mechanisch umgerüstet. Die Erstellung der Software sowie der dynamische Test der elektrischen Bremsbetätigung wurden durch einen Informatik-Werkstudenten sowie im Rahmen einer noch laufenden Master Thesis durchgeführt. Der Versuchsträger wurde Anfang Dezember 2025 erfolgreich in Betrieb genommen. Erste Versuche mit verschiedenen Bremskraftverteilungen zwischen Vorder- und Hinterrad bei kombinierter Betätigung konnten Mitte Dezember 2025 dann auf der Pedelec-Versuchsstrecke von Bosch ebike Systems in Reutlingen von ca. 10 Versuchsfahrern von Bosch und Magura durchgeführt werden. Die Resonanz war durchweg positiv. Es gibt allerdings noch Optimierungsbedarf, was das Ansprechverhalten des Brake-by-Wire Bremssystems angeht. Auch konnten aus Zeitgründen nicht alle Varianten getestet werden. Beide Aufgaben sollen in weiteren studentischen Arbeiten in 2026 bearbeitet werden.

Konzept für Pedelec-Versuchsträger mit elektronischem Bremskraftverteiler

Backup: 2. Bremse an Vorderrad (nicht dargestellt)

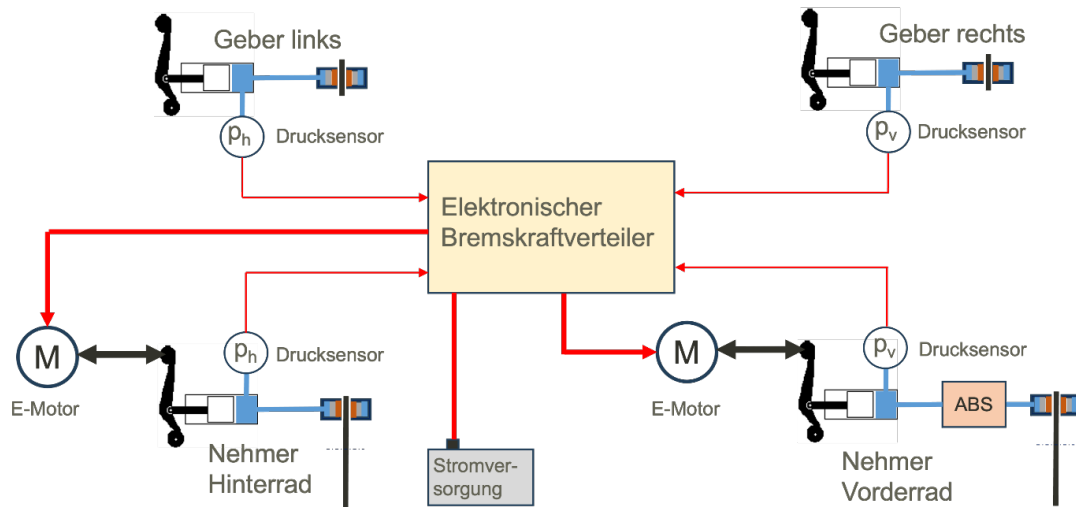


Abb. 7: Schemadarstellung der Bremsanlage des S-Pedelec-Versuchsträgers mit elektronischem, softwarebasiertem Bremskraftverteiler

Abbildung 8 zeigt den Aufbau des S-Pedelec-Versuchsträgers, Abbildung 9 ein Foto der Fahrversuche auf der Teststrecke.



Abb. 8: S-Pedelec-Versuchsträger mit ABS Gen2 sowie Hardware für elektronischen, softwarebasierten Bremskraftverteiler



Abb. 9: Fahrversuche mit S-Pedelec-Versuchsträger auf der Teststrecke von Bosch eBike Systems

Entwicklungsprojekt „Walkie“

Im Oktober 2025 wurden im Master Produktentwicklung der Fakultät für Technik zusammen mit dem ISBT zwei studentische Forschungsprojekte vergeben. Thema ist die prototypische Entwicklung eines innovativen „Leichtbau-Walkies“ – das ist ein Hilfsmittel für mobilitätseingeschränkte Personen, welches Elemente eines Fahrrads und eines Rollators in sich vereint. Das Projekt läuft über ein Jahr bis Sommer 2026.

Die Idee stammt von Frau Emre, die sich aus eigener Erfahrung mit dem Thema beschäftigt hat.



Abb. 10: V.l.n.r. Studierende des MPE: Jannis Kneule, Pascal Schückle, Fiona Salvatori, Janik Steffan, Svenja Hille, Fabrice Mayer, betreuender Prof. Jürgen Wrede, im Vordergrund Ideengeberin Frau Yasmin Emre

Analyse störender Pedalkräfte bei Mountain Bikes

Im Rahmen einer Dissertation am Institute for Smart Bicycles Technology der Hochschule Pforzheim, in Zusammenarbeit mit der Professur für Sportgeräte und -materialien der Technischen Universität München, wird der Einfluss der Kettenschaltung auf den Fahrer und das Fahrwerk eines vollgefederten Mountainbikes (MTBs) während der Abfahrt untersucht. Ziel der Arbeit ist es, zu verstehen, wie sich pedalseitige Störkräfte auf das Fahrverhalten und das Fahrerempfinden auswirken. Daraus ergibt sich folgende zentrale Forschungsfrage:

- Warum sind Anti-Kickback-Systeme im Downhill-Mountainbiking so verbreitet, obwohl Pedal-Kickback aufgrund seiner Geschwindigkeitsabhängigkeit nur selten auftritt?

Nach der Standardtheorie von Kovács beschreibt der Pedal-Kickback (Pedalrückschlag) die Rückwärtsdrehung der Kurbel, die beim Einfedern der Hinterradaufhängung auftritt.

Beim Bergabfahren nimmt der MTB-Fahrer in der Regel eine stehende Position auf dem Fahrrad ein. Dabei sind Hände und Füße die wichtigsten Kontaktpunkte zum Bike. Insbesondere die Kräfte, die über die Pedale auf den Fahrer wirken, haben einen großen Einfluss auf das empfundene Gefühl von Stabilität, Kontrolle und Komfort.

Die Entstehung störender Pedalkräfte wird durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst. Dazu zählen technische Aspekte wie die Kinematik des Hinterbaus, die Einstellungen des Fahrwerks sowie die Eigenschaften der Reifen. Gleichzeitig spielen auch fahrerspezifische Einflüsse eine Rolle, beispielsweise aktive Reaktionen sowie der Fahrstil und die Erfahrung des Fahrers.

Viele dieser Faktoren, etwa die Fahrwerkseinstellungen oder die Reifenwahl, kann der Fahrer selbst anpassen. Die Federungskinematik hingegen ist ein zentrales Konstruktionsmerkmal und unterscheidet die Rahmenhersteller voneinander. Sie beeinflusst unter anderem den sogenannten Pedalrückschlag.

In den letzten Jahren sind zahlreiche technische Lösungen auf den Markt gekommen, die den Pedalrückschlag reduzieren oder ausgleichen sollen. Darüber hinaus haben viele Hersteller spezielle Hinterbaukinematiken entwickelt, die gezielt auf eine Verringerung des Pedalrückschlags ausgelegt sind.

Dieser Trend steht jedoch im Widerspruch zu wissenschaftlichen Studien des ISBT, die zeigen, dass der Pedalrückschlag stark von der Rotationsgeschwindigkeit des Hinterrads abhängt und oberhalb einer bestimmten kritischen Fahrgeschwindigkeit vernachlässigbar wird. Da diese kritische Geschwindigkeit bei Abfahrten häufig überschritten wird, scheint die gezielte Entwicklung pedalrückschlagarmer Kinematiken dem aktuellen Stand der Forschung zu widersprechen.

In der zuvor erwähnten Dissertation wird das Ziel verfolgt, weitere Phänomene zu analysieren, die signifikante störende Pedalkräfte hervorrufen können. Zu diesem Zweck kommen analytische Berechnungen, Computersimulationen und gezielte experimentelle Untersuchungen mit speziell ausgerüsteten Messrädern zum Einsatz.

Bislang konnten drei weitere Entstehungsmechanismen störender Pedalkräfte identifiziert werden. Im Folgenden wird exemplarisch ein Mechanismus vorgestellt, bei dem störende Pedalkräfte durch die Dynamik des Antriebsstrangs entstehen und vom Fahrer fälschlicherweise als fahrwerksinduzierter Pedalrückschlag interpretiert werden können.

In Abb. 11 ist der Bewegungsablauf im Antriebsstrang schematisch für drei unterschiedliche Zwischenzustände dargestellt. Abb. 11 a zeigt den Zustand des Antriebsstrangs unmittelbar nach der Landung des Fahrrads nach einem Sprung. Dabei wird das Hinterrad in Pfeilrichtung

1 nach oben bewegt. Bleiben das Kettenblatt und die Kurbel während dieser Fahrsituation in der dargestellten Position, bewegen sich der obere und untere Kettenabschnitt aufgrund ihrer Trägheit relativ zum Rahmen nach unten. Infolgedessen rotiert die Kassette in Richtung 2 nach vorne, während sich das Schaltwerk in entgegengesetzter Richtung 3 bewegt. Abb. 11 b stellt den ersten Schritt zur Wiederherstellung des Ausgangszustands dar. Die im Schaltwerk integrierte Feder 4 bewirkt zunächst eine Straffung des unteren Kettenabschnitts (Leertrum). Der abschließende Teil des Vorgangs ist in Abb. 11 c dargestellt. Die im Schaltwerk integrierte Rotationsfeder ist bestrebt, die gesamte Kette wieder auf Spannung zu bringen. Der obere Kettenabschnitt wird dabei über den Freilauf und die Rückrotation der Kassette 5 in seine gespannte Ausgangslage zurückgeführt. Da das ruhende Kettenblatt die Bewegung der Kette abrupt abbremst, entsteht am Kurbelarm eine impulsartige Kraftwirkung 6, die vom Fahrer als störende Pedalkraft wahrgenommen wird.

Grundsätzlich ist für den Fahrer nicht unmittelbar erfahrbar, welcher physikalische Mechanismus der wahrgenommenen Pedalkraft zugrunde liegt. Aus Fahrersicht besteht jedoch der Anspruch, dass unerwünschte Rückwirkungen des Fahrrads durch konstruktive Maßnahmen seitens der Hersteller minimiert werden.

Für Entwicklungsingenieure ist es hingegen von zentraler Bedeutung, die zugrunde liegenden Entstehungsmechanismen störender Pedalkräfte detailliert zu verstehen. Nur auf dieser Basis können gezielt wirksame Gegenmaßnahmen entwickelt werden. Die am ISBT durchgeführte Grundlagenforschung leistet hierzu einen Beitrag, indem sie das Verständnis dieser Phänomene systematisch vertieft.

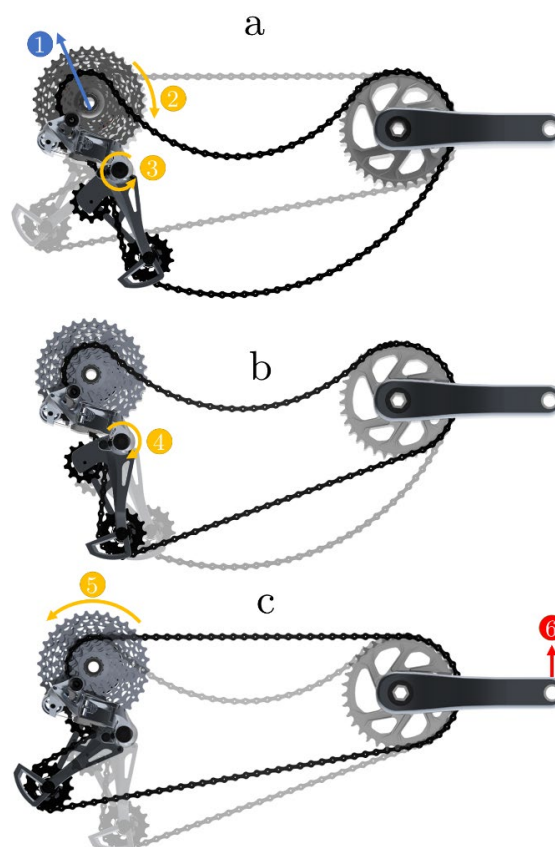


Abb. 11: Schematische Darstellung der unterschiedlichen Zustände und Mechanismen, die bei Kettenschwingungen störende Pedalkräfte erzeugen

DFG-Forschungsprojekt „HyTo3D“

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat die Förderung des beantragten Forschungsprojektes „Verfahren zur hybriden Herstellung und Topologieoptimierung von umspritzten 3D-Wickelstrukturen für leichtbaugerechte, kostensensitive Strukturbauteile“ im Herbst 2024 bewilligt. Der Projektstart erfolgte im April 2025. Projektpartner ist das Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) der RPTU Kaiserslautern. Es ist geplant, mehrere Promotionsvorhaben im Rahmen des Projektes durchzuführen.

Modifikation der hybriden Grenzfläche

Das Forschungsprojekt HyTo3D zielt auf die Entwicklung eines ganzheitlichen Konzepts für hybride Leichtbaustrukturen, die die mechanischen und prozesstechnischen Vorteile kurzfaserverstärkter Thermoplaste mit lokal integrierten duroplastischen Endlosfaserstrukturen kombinieren. Im Fokus der Untersuchung steht die wissenschaftliche Fragestellung, inwiefern sich durch die Werkstoffhybridisierung lastpfadgerechte Bauteile mit hoher Steifigkeit und Festigkeit bei minimalem Gewicht realisieren lassen, die gleichzeitig für wirtschaftliche Großserienprozesse geeignet sind.

Ein Fokus der Untersuchung liegt auf der Schnittstelle zwischen den beiden Materiallagen duroplastische Endlosfaserverstärkung und thermoplastisches Umspritzmaterial. Diese Schnittstelle wird als kritischer Bereich für die Lastübertragung und die strukturelle Integrität des Hybridbauteils identifiziert.

Eine signifikante Herausforderung, die sich aus derartigen Materialkombinationen ergibt, ist die eingeschränkte Grenzflächenhaftung. Diese ist auf die Diskrepanzen in der Oberflächenenergie sowie der chemischen Struktur zwischen duroplastischen und thermoplastischen Bestandteilen zurückzuführen. In der Folge wird eine effektive Lastübertragung beeinträchtigt. Zur Lösung des zugrunde liegenden Problems werden verschiedene Oberflächenmodifizierungsverfahren für die CF-TowPreg-Einsätze systematisch untersucht, darunter Laserstrukturierung, mechanischer Abrieb und geometrische Strukturierung. Die so behandelten Oberflächen werden einer eingehenden Untersuchung unter dem Mikroskop unterzogen, um die Topografie und die Grenzflächenmorphologie zu bewerten (vgl. Abb. 2). Zu diesem Zweck wird ein Auszugstestaufbau verwendet, der durch eine spezielle Bodenhalterung für eine kontrollierte Lastbeaufschlagung angepasst wurde. Dadurch wird eine reproduzierbare Bestimmung der Grenzflächenscherfestigkeit ermöglicht.

Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Einfluss der Oberflächenbehandlung auf die Haftleistung. Im Vergleich zur unbehandelten Referenz (durchschnittliche Scherfestigkeit = 1,97 MPa) wurde für die laserbehandelten Oberflächen eine Steigerung auf 10,25 MPa beobachtet, was einer mehr als fünffachen Verbesserung der Grenzflächenfestigkeit entspricht. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Haftung sowohl von einer effektiven mechanischen Verriegelung als auch von der Adsorption oder chemischen Bindung zwischen dem Thermoplast und der CFK-Oberfläche abhängt. Gegenwärtig werden zusätzliche Vorbehandlungsverfahren, darunter auch chemische Verfahren, evaluiert.

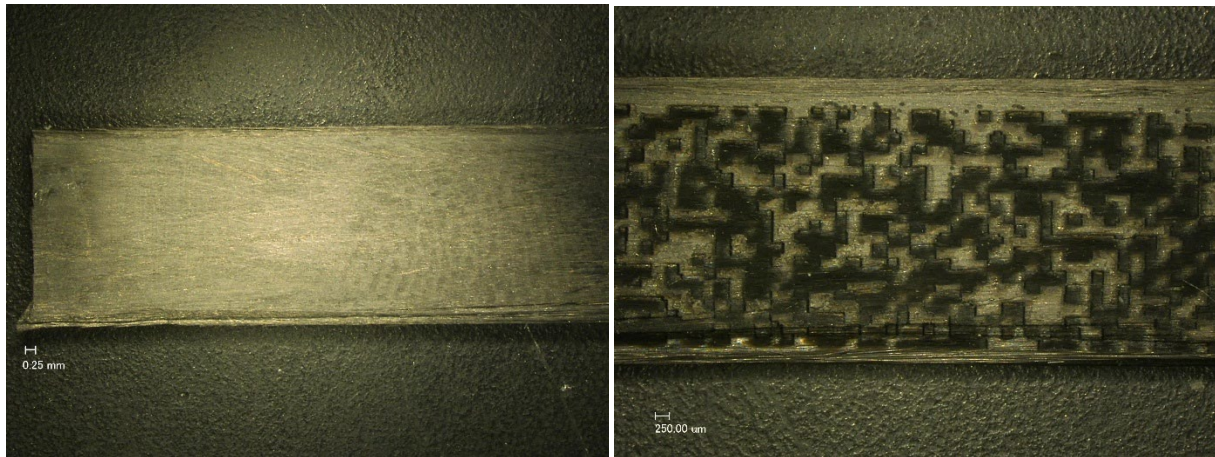


Abb. 12: Lichtmikroskopaufnahmen des unbehandelten CFK-Einlegers (Referenz) (links) und laserbehandelte Oberfläche mit QR-Code-artiger Musterung des CFK-Einlegers (rechts)

Herstellung und Modifikation von Towpreg-Material

Die Interfacefestigkeit lässt sich nicht ausschließlich durch eine Nachbehandlung der bereits ausgehärteten endlosfaserverstärkten Wickelstruktur beeinflussen, sondern auch durch gezielte Anpassungen des eingesetzten Towpregs. Derzeit wird das Towpreg von einem externen Hersteller bezogen, wodurch die Möglichkeiten zur gezielten Einstellung seiner Eigenschaften nur eingeschränkt gegeben sind.

An der Hochschule Pforzheim steht eine Towpreg-Anlage zur Verfügung, die auf einem lösungsmittelbasierten Herstellprozess beruht. Diese Anlage kann zur Herstellung und Anpassung eigener Towpregs genutzt werden. Da der derzeitige Prozess aufgrund des Einsatzes von Lösungsmitteln sowohl gesundheitliche als auch ökologische Risiken birgt, ist eine Umstellung auf ein lösungsmittelfreies Verfahren erforderlich. Im Rahmen dessen werden derzeit Untersuchungen zum eingesetzten Matrixsystem durchgeführt, das aus einem Harz sowie mindestens einem Härter und gegebenenfalls weiteren Additiven, wie beispielsweise Beschleunigern, besteht.

Zur Analyse des Einflusses verschiedener Härter und deren Aushärtetemperaturen wird eine Differential-Scanning-Calorimetry(DSC)-Analyse durchgeführt. Dabei werden endotherme und exotherme Reaktionen erfasst, um die charakteristischen Aushärtetemperaturen zu bestimmen. Zusätzlich wird der Aushärtegrad eines nichtstöchiometrischen Harz-Härter-Verhältnisses untersucht, um den sogenannten B-Stage gezielt einstellen zu können. Dieser Zustand ist maßgeblich für den Tack und damit für die Verarbeitbarkeit bei der Herstellung der Wickelstruktur von entscheidender Bedeutung.

Zur gezielten Einstellung des B-Stages wird ein Dual-Cure-System eingesetzt, das auf der Verwendung zweier unterschiedlicher Härter basiert. Diese Härter zeichnen sich durch voneinander abweichende Aushärtetemperaturen aus. Durch die Wahl eines nichtstöchiometrischen Verhältnisses wird zunächst beim Erreichen der ersten Aushärtetemperatur lediglich ein definierter, geringer Anteil der Matrix vernetzt, wodurch der B-Stage erreicht wird. Die vollständige Aushärtung erfolgt anschließend beim Erreichen der zweiten Aushärtetemperatur, nachdem das Bauteil gewickelt wurde. In Abbildung 13 ist dieser Zusammenhang dargestellt. Der erste Peak (Aushärtetemperatur Härter 1) tritt bei etwa 140 °C auf, der zweite (Aushärtetemperatur Härter 2) bei rund 156 °C.

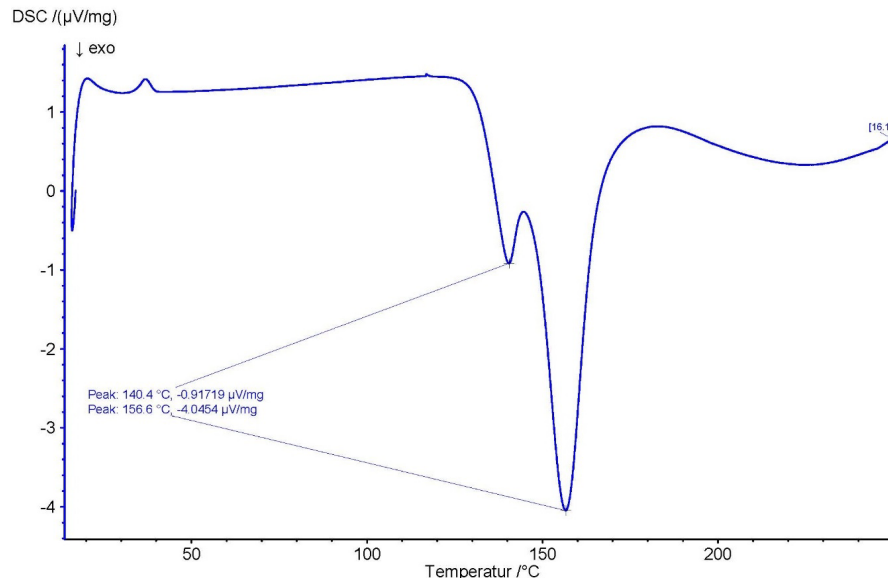


Abb. 13: Dual Cure System; Peak 1 bei 140 °C mit Härtersystem 1; Peak zwei bei 156 °C mit Härtersystem 2

Eine zentrale Modifikation zur gezielten Beeinflussung der Interfacefestigkeit stellt der Faservolumengehalt dar. Dieser beschreibt das Verhältnis des Faseranteils zur Matrix innerhalb des Verbundmaterials. Die zugrunde liegende Annahme ist, dass ein erhöhter Faservolumengehalt zu einer größeren Anzahl freiliegender Fasern führt, wodurch die mechanische Bindung zwischen duroplastischer Endlosfaserverstärkung und thermoplastischem Umspritzmaterial signifikant verbessert werden kann. Daher wird der Faservolumengehalt des verwendeten Towpregs in den weiteren Versuchen variiert, um dessen Einfluss zu untersuchen.

Im weiteren Verlauf wird die Entwicklung des Fertigungsprozesses sowie des Topologieoptimierers durch die Fertigung diverser Demonstranten vorangetrieben, wobei die Komplexität sukzessive gesteigert wird. Dies erfolgt beginnend mit der Fertigung einfacher Probekörper bis hin zur Entwicklung von 2D- und 3D-Demonstranten. Bei Letzteren findet die gewählte Interfacemethode Anwendung, die durch die Versuche selektiert wurde.

Verschiedene kleinere Projekte zu Fahrrad-/Pedelecthemen

Im Rahmen studentischer Arbeiten wurden folgende Themen bearbeitet:

Naturalistic Cycling Study (Forschungsprojekt im Master Produktentwicklung), Semiaktive Sattelstütze (Forschungsprojekt im Master Mechatronische Systementwicklung), Seniorengerechtes, ergonomisches Fahrrad (Bachelor Thesis), Federung und Vibrationsmessungen an Fahrradanhänger (Projektarbeit), Pedelec mit Hinterradnabenantrieb und Rekuperation (Projektarbeit)

Weitere Institutsaktivitäten im Jahr 2025

Im Januar und im Juli fanden Treffen der Institutsmitglieder statt, bei denen jeder Arbeitsbereich – Assistenzsysteme, Prüfstandsbaue und Leichtbau – seine aktuellen Aktivitäten vorstellte und Ideen ausgetauscht wurden. Für Anfang Januar 2026 ist eine Veranstaltung mit Präsentationen zu den aktuellen Forschungsthemen am Institut geplant.

Prof. Dr.-Ing. Marcus Simon konnte neu als Institutsmitglied ab Juli 2025 gewonnen werden.

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

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

1.2.5 Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT

Veränderungen am IWWT im Jahr 2025

Im Jahr 2025 gab es durch den Ruhestandseintritt des bisherigen Leiters Prof. Dr. Norbert Jost bedeutende Veränderungen am IWWT. In einer von Dekan Prof. Dr. Ingolf Müller initiierten und geleiteten Sitzung am 07.05.2025 wurde zunächst Prof. Dr. Andreas Baum in das Institut aufgenommen. Anschließend wurde Prof. Dr. Kai Oßwald zum Institutsleiter und Prof. Dr. Andreas Baum zu seinem Stellvertreter gewählt.

Nunmehr setzt sich das IWWT damit aus den folgenden Arbeitsgebieten und Mitgliedern zusammen (in alphabetischer Reihenfolge):

1. **Abtragende Fertigungsverfahren:** Prof. Dr. Kai Oßwald
2. **Innovative und additive Fertigung:** Prof. Dr. Andreas Baum
3. **Materialwissenschaften in der medizinischen Anwendung:** Prof. Dr. Volker Biehl, Prof. Dr. Ulrich Heinen, Prof. Dr. Tobias Preckel
4. **Stanztechnik:** Prof. Dr. Matthias Golle
5. **Werkstoff- und Produktkreisläufe:** Prof. Dr. Jörg Woidasky

Die beiden Arbeitsgebiete für metallische und polymere Werkstoffe sind vorübergehend nicht professoral besetzt. Eine weitere Institutssitzung fand am 29.10.2025 statt.

Bericht Prof. Dr. Kai Oßwald (Arbeitsgebiet Abtragende Fertigungsverfahren)

Die Forschungsschwerpunkte der Arbeitsgruppe Abtragende Fertigungsverfahren lagen im Jahr 2025 weiterhin auf dem funkenerosiven Feinbohren sowie der elektrochemischen Metallbearbeitung mittels Drahtelektrode (Draht-ECM bzw. engl. WECM). Das erste Quartal war darüber hinaus geprägt vom Forschungssemester von Prof. Dr. Oßwald am Manufacturing Technology Institute (MTI) der RWTH Aachen.

Funkenerosives Feinbohren

In diesem Jahr wurde das ZIM-Projekt „Neuartiges, miniaturisiertes, energieeffizientes Puls-generatormodul für Funkenerosionsmaschinen. Teilprojekt: Sensorik-, Prozess- und Regelungsentwicklung für ein Puls-generatormodul für die Funkenerosionsbearbeitung (Bohr- und Senkerodiermaschinen)“ (**Puls-generator**) in Kooperation mit der Fa. AGEMA Germany in Straubenhard Conweiler weitergeführt. Ein Schwerpunkt lag in der Untersuchung lateraler Entladungen während des Erodierbohrprozesses (vgl. Abb. 1). Diese Ergebnisse konnten im Juni auf der ISEM-Konferenz in Vancouver, Kanada, präsentiert werden. Darüber hinaus wurde ein eigenes Funktionsmuster für einen Erodiergenerator mit aktueller Leistungselektronik entworfen, realisiert und experimentell validiert. Schließlich wurden die Wände der beim Prozess entstehenden Bohrungen metallographisch untersucht, was interessante Rückschlüsse auf die Abtragemechanismen zulässt. Über diese Resultate kann ggf. 2026 an dieser Stelle berichtet werden.

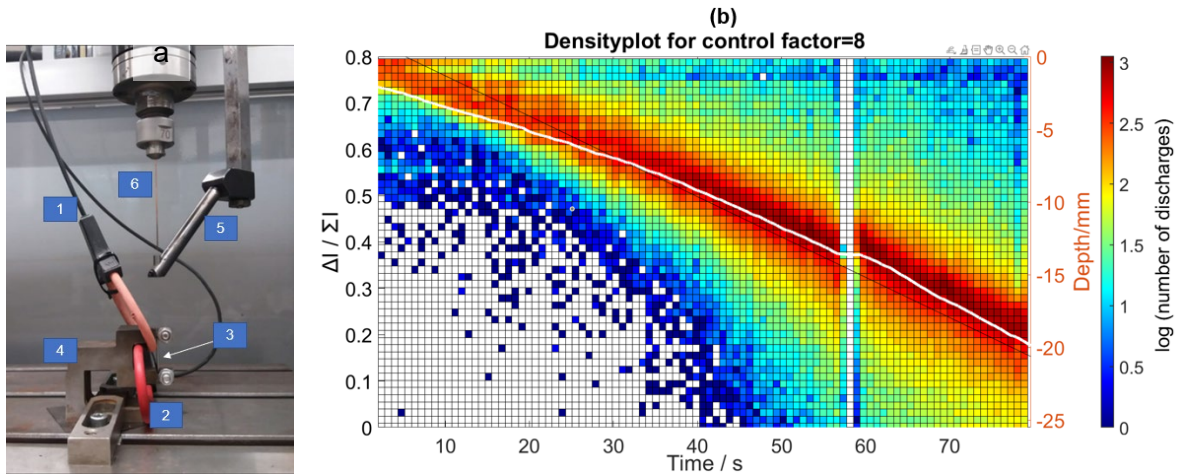


Abb. 1: Experimenteller Aufbau (a) und Resultate der Untersuchung lateraler Entladungen (b)

Elektrochemische Metallbearbeitung mit Drahtelektrode (WECM)

Ebenfalls weitergeführt wurde das Projekt „Elektrochemischer Schneidprozess zur Vorbearbeitung von Schaufelfußnuten – **WECM**“ gemeinsam mit der Fa. Hoffmann Räumtechnik (Pforzheim), das im Programm „Invest BW“ gefördert wird.

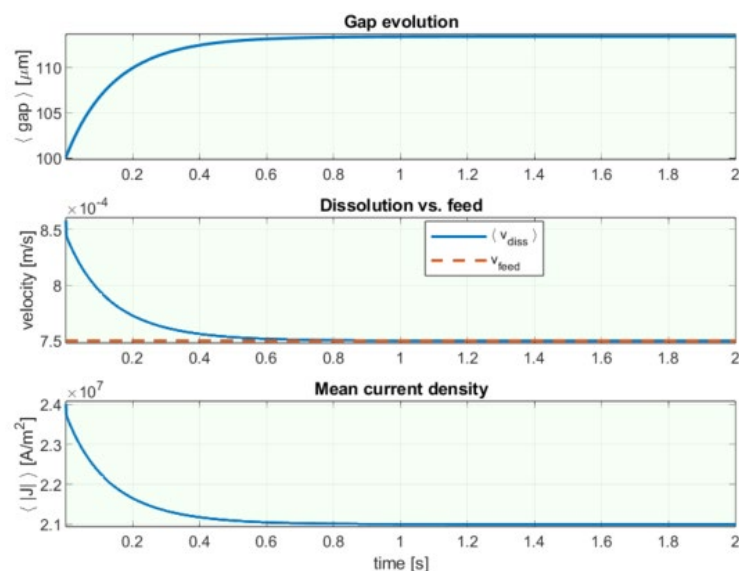


Abb. 2: Modellierter Verlauf der Verhältnisse im Schnittspalt beim Draht-ECM

Schwerpunkt der ersten Projektphase war die Modellierung der Vorgänge im Schnittspalt, die durch die vorgesehenen sehr hohen Drahtgeschwindigkeiten nicht mit anderen WECM-Prozessen vergleichbar sind. Ein Beispielresultat ist in Abb. 2 dargestellt. Darüber hinaus war die Konfiguration einer geeigneten Stromquelle für gepulste Draht-ECM-Prozesse ein wesentlicher Teil der Projektarbeit.

Bericht Prof. Dr. Andreas Baum (Arbeitsgebiet Innovative und additive Fertigung)

Durch die Aufnahme von Prof. Dr. Andreas Baum ins IWWT im Berichtsjahr 2025 befindet sich das Arbeitsgebiet Innovative und additive Fertigung noch im Aufbau und es können noch keine Forschungsergebnisse berichtet werden.

Bericht Prof. Dr. Ulrich Heinen (Arbeitsgebiet Materialwissenschaften in der medizinischen Anwendung, Labor für Medizinische Bildgebung: Magnetpartikel in Diagnostik und Therapie)

Der Berichtszeitraum war geprägt durch den zeitaufwändigen Umzug des Labors in neue Räumlichkeiten, die zwar spürbar weniger Platz bieten, dafür aber mit einer vorhandenen Kühlwasserinstallation sowie einem Starkstromverteiler die notwendigen Voraussetzungen bieten für den seit Jahren geplanten Aufbau eines resistiven Magnetresonanztomographiesystems, das 2019 von der Hochschule Karlsruhe übernommen wurde und mit neu entwickelter Hard- und Software künftig in Forschung und Lehre eingesetzt werden soll. Im Rahmen der laufenden Bachelorarbeit von Y. Kirpitci wird zunächst der Kühlkreislauf am neuen Standort in Betrieb genommen und anschließend das Magnetsystem schrittweise auf die Zielfeldstärke gebracht. Ebenfalls wieder aufgenommen wurden die Arbeiten an einem optischen Computertomographen (Projektarbeit F. Kern, R. Kühner).

Seit November 2024 wird im Labor die Hardware-Entwicklung für das drittmittelgeförderte Projekt „iMagIm“ durchgeführt, das die Hochschule Pforzheim gemeinsam mit den Projektpartnern uppollux GmbH & Co. KG (Tuttlingen) und KLS Martin SE & Co. KG (Mühlheim) bearbeitet. Im Rahmen des Projekts werden Formulierungen magnetischer Nanopartikel für neuartige Anwendungen der Magnetohyperthermie untersucht. Dabei werden die superparamagnetischen Nanopartikel durch ein magnetisches Wechselfeld induktiv erhitzt, das als Anregungsfeld bezeichnet wird. Ein zusätzliches statisches Magnetfeld in Gradientenkonfiguration, das als Selektionsfeld bezeichnet wird, bewirkt eine Lokalisierung der Heizwirkung. An der Hochschule entstehen dafür ein Miniaturdemonstrator und ein Applikationsdemonstrator, in denen die erzielbare Heizwirkung sowie deren Lokalisierung in Abhängigkeit von experimentellen Parametern wie Anregungsfrequenz, Amplitude und Magnetfeldkonfiguration und insbesondere den Materialeigenschaften der Nanopartikelformulierungen untersucht werden sollen.

Die 2025 durchgeführten Arbeiten waren dabei vorwiegend mit der Erarbeitung des technologischen Knowhows befasst. Im Rahmen der Bachelorarbeit von E. Secovic wurde dabei die Fertigungstechnik für die aus Hochfrequenzlitze gewickelten Anregungsspulen erprobt. Die Spulen wurden in resonante Schwingkreise integriert und mit einem in Zusammenarbeit mit Prof. Dr.-Ing. Ingo Weiss aufgebauten Resonanzverstärker betrieben. Die Konfiguration der Selektionsfelder wurde in einer weiteren Bachelorarbeit durch I. Minasyan untersucht, in deren Rahmen Methoden zur Montage größerer Permanentmagnetarrays zur Erzielung höherer Feldgradienten erarbeitet sowie Strategien für eine Abschirmung der Permanentmagnete gegen die Wechselfelder erprobt wurden. Für den größeren Applikationsdemonstrator wurde dabei ein neues Konzept zur Anordnung von Einzelmagneten entworfen und in einer Simulationsstudie verifiziert; der Aufbau dieses Systems erfolgt Anfang 2026. Der mechanische Aufbau wird dabei durch den Projektingenieur R. Maier unterstützt.

Neben dem Aufbau der Hardware wurde die notwendige Mess- und Regeltechnik implementiert und automatisiert. Dazu gehört ein Messstand zur orts aufgelösten Charakterisierung der DC- und AC-Felder sowie die Integration eines 8-kanaligen faseroptischen Thermometers, das orts aufgelöste Temperaturmessungen mit hoher zeitlicher Auflösung unmittelbar im Untersuchungsmaterial ermöglicht.

Die Studien zur Erwärmung von Nanopartikeln haben im September 2025 parallel zur Weiterarbeit an den Versuchsaufbauten begonnen und werden aktuell im Rahmen einer Projektarbeit (N. Kohler, F. Kast) fortgeführt. Erste Ergebnisse zeigen bereits ein deutlich unterschiedliches thermisches Verhalten der verschiedenen Nanopartikelchargen.

Bericht Prof. Dr. Tobias Preckel und Prof. Dr. Volker Biehl (Arbeitsgebiet Materialwissenschaften in der medizinischen Anwendung)

Mitglieder: Dr. Alexandra Greiner, Anna Bogner, Angelina Brunkhardt, Emina Secovic, Dr. Daniela Bernreuther, Prof. Dr. Volker Biehl, Prof. Dr. Tobias Preckel



Abb. 3: Zellkulturlabor

Im Zellkulturlabor der Hochschule wurden im Jahr 2025 die Untersuchungen zur Biokompatibilität potenzieller Implantat-Werkstoffe weiter ausgebaut.

Die Biokompatibilität stellt eine zentrale Anforderung bei der Entwicklung von Medizinprodukten dar und beschreibt die Fähigkeit von Materialien, bei direktem oder indirektem Kontakt mit dem menschlichen Körper keine schädlichen Wirkungen auf biologisches Gewebe oder Zellen hervorzurufen. Die Einführung neuer Herstellungsverfahren und Materialien in der Medizintechnik eröffnet zwar erhebliche Potenziale für innovative Produkte und Therapien, erfordert jedoch zugleich eine verlässliche und systematische Bewertung ihrer Biokompatibilität.

Die Beurteilung der Zytotoxizität erfolgt mittels verschiedener Testverfahren, die auf unterschiedlichen chemischen und zellbiologischen Grundlagen basieren. Die kontinuierliche Weiterentwicklung von Prüfmethoden umfasst sowohl qualitative Ansätze, etwa die mikroskopische Detektion morphologischer Zellveränderungen, als auch quantitative Verfahren zur Analyse von Parametern wie Zellproliferation, Genexpression und metabolischer Aktivität.

Die Bewertung der Biokompatibilität von Medizinprodukten ist durch spezifische Normen beschrieben: Die ISO 10993 stellt die zentrale Normenreihe für biologische Bewertung von Medizinprodukten dar. Die Prüfung auf Zytotoxizität ist dabei eine Teilprüfung gemäß ISO 10993-5 zur Beurteilung zellschädigender Effekte. Die standardisierte Probenvorbereitung nach ISO 10993-12 soll hierbei reproduzierbare Ergebnisse sichern. Beschrieben werden hier z.B. Anforderungen wie repräsentative Proben, ein definiertes Oberflächen-Volumen-Verhältnis und kontrollierte Extraktionsbedingungen.

Im Jahr 2024 wurde im Zellkulturlabor erstmals eine größere Studie zur Prüfung des möglichen Einflusses eines neuartigen, additiven Produktionsprozesses bei Metallteilen aus AISI 316L Stahl auf die Zytotoxizität durchgeführt [1].

Im Jahr 2025 wurden dann im Rahmen eines Forschungsprojekts des Masterstudiengangs Medizintechnik (MMT) die potenziellen Auswirkungen verschiedener Polierprozesse auf die

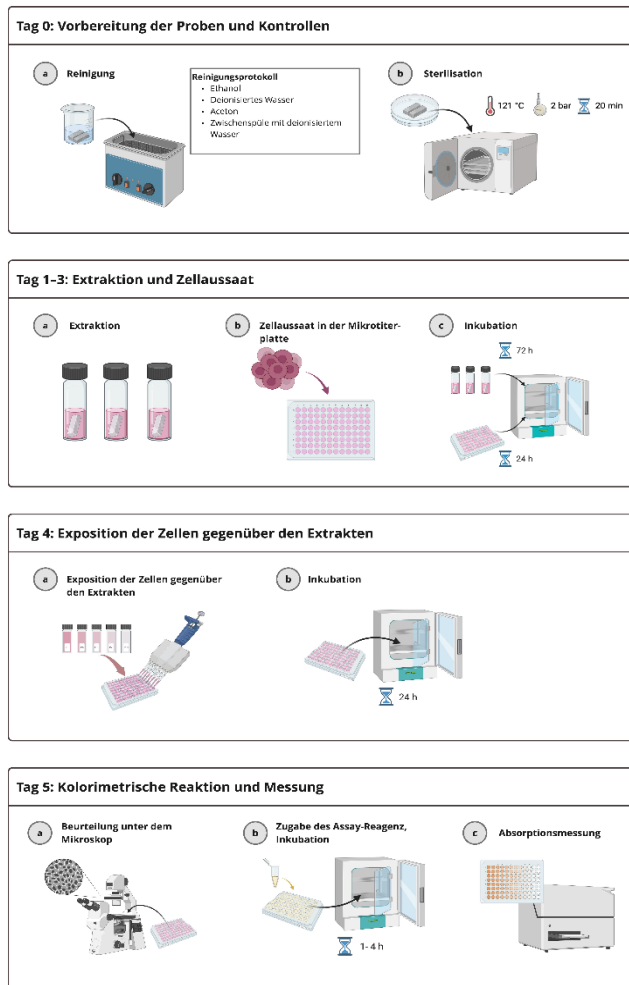


Abb. 4: Schematischer Testablauf der Zytotoxizitätsprüfung mittels eines kolorimetrischen Tests

Oxidation der Metalloberfläche und zur Bildung gelöster Metallionen. Ziel des Verfahrens ist die Reduktion der Oberflächenrauheit.

Im Rahmen der Oberflächenbehandlung metallischer Werkstoffe kann das Elektropolieren Elektrolytrückstände auf der Oberfläche hinterlassen, insbesondere wenn nachfolgende Reinigungsprozesse aufgrund verbleibender Mikrostrukturen nur eingeschränkt wirksam sind. Die Verwendung stark saurer Elektrolytmischungen kann zur Ablagerung toxischer Substanzen führen, die potenziell zellschädigende Effekte verursachen. Solche Rückstände können sich insbesondere in Mikrovertiefungen rauer Oberflächen anreichern. Vor diesem Hintergrund stellt die Zytotoxizitätsprüfung ein zentrales Instrument zur Bewertung potenzieller biologischer Risiken elektropolierter Oberflächen dar.

Ziel der Untersuchung war die toxikologische Bewertung elektropolierter Kobalt-Chrom- und Titanproben mittels Zytotoxizitätstest gemäß ISO 10993-5 unter Anwendung des XTT-Assays.

Zytotoxizität an einer humanen Fibroblasten-Zelllinie (MRC-5) untersucht. Metallische Werkstoffe wie Kobalt-Chrom- und Titanlegierungen werden aufgrund ihrer günstigen mechanischen Eigenschaften häufig für medizinische Implantate eingesetzt. Zur Verbesserung der Oberflächenqualität werden diese Materialien in der Regel vor der klinischen Anwendung poliert. Oberflächenbehandlungen bergen jedoch das potenzielle Risiko verbleibender toxischer Rückstände, die durch konventionelle Reinigungsverfahren, beispielsweise Ultraschallreinigung, möglicherweise nicht vollständig entfernt werden. Das Elektropolieren ist ein elektrochemisches Abtragverfahren, bei dem metallische Werkstücke unter Verwendung einer Fremdstromquelle bearbeitet werden. Die elektrochemische Zelle besteht aus einer Anode und einer Kathode, die über einen Elektrolyten ionisch leitend verbunden sind, wobei das zu polierende Werkstück als Anode fungiert. Durch das Anlegen einer Gleichspannung werden Oxidationsreaktionen an der Anode und Reduktionsreaktionen an der Kathode induziert. Der resultierende elektrische Strom führt zur

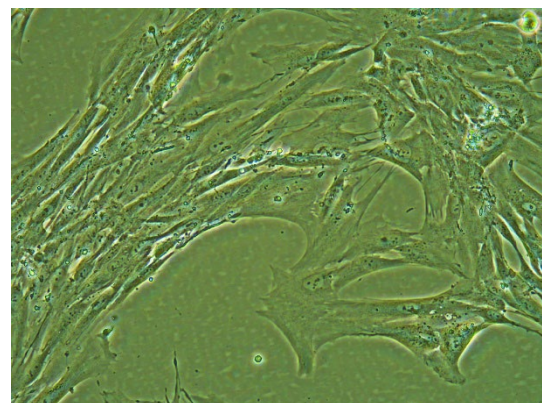


Abb. 5: MRC-5-Zelllinie, 20-fache Vergrößerung

Die Ergebnisse zeigten material- und elektrolytabhängige Unterschiede in der Zytotoxizität, wobei in einzelnen Fällen eine Reduktion der Zellviabilität von mehr als 30% beobachtet wurde. Diese Befunde unterstreichen – in Übereinstimmung mit einer vorangegangenen Studie [1] – die Notwendigkeit einer kritischen Bewertung spezifischer Material- und Prozesskombinationen.

In den beiden genannten Studien wurden zytotoxische Effekte anhand morphologischer Analysen sowie Färbetests bewertet. Aufbauend darauf sollen die Untersuchungen künftig auf zusätzliche biologische Parameter ausgeweitet werden. Geplant ist die Analyse der frühen Genaktivierung zytotoxizitätsrelevanter Signalwege mittels RT-qPCR. Hierzu wurde im Jahr 2025 ein RT-qPCR-System beschafft und erfolgreich validiert. Erste entsprechende Untersuchungen sind für das Jahr 2026 im Rahmen einer Bachelorarbeit vorgesehen.

Darüber hinaus ist vorgesehen, die Forschung auf Untersuchungen des direkten Zell-Implantat-Kontakts auszuweiten und diesen in situ zu analysieren. Zur Untersuchung des Zelladhäsions- und Anwachsverhaltens auf metallischen Oberflächen ist die Anschaffung eines Auflichtmikroskops mit Fluoreszenzlichtquelle geplant.

[1] Kober, K., Secovic, E., Vogel, L., Biehl, V., Preckel, T. (2024). Einfluss eines Lithographiebasierten Metalldruck-Verfahrens auf die Zytotoxizität von korrosionsbeständigem Stahl AISI 316L. Biokompatibilität von 3D-gedruckten Metallen. mt-medizintechnik, 144 (5), pp. 29-35. Köln.

Bericht Prof. Dr. Matthias Golle (Arbeitsgebiet Stanztechnik)

Im Arbeitsgebiet Stanztechnik haben im Jahr 2025 keine berichtenswerten Aktivitäten stattgefunden.

Bericht Prof. Dr. Jörg Woidasky (Arbeitsgebiet Werkstoff- und Produktkreisläufe)

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „KANAL“ (Kreislaufsystem für funktionales Aluminium-Neuschrottrecycling aus der Automobilproduktion mittels LIPS – laserinduzierter Plasmaspektroskopie) wurden die im vorherigen Berichtszeitraum durchgeführten systematischen Sortierversuche mit Modellmaterialien an der LIPS-Sortieranlage ausgewertet. Ziel war es, kritische Anlagenparameter wie Durchsatz und Austragungslogik zu identifizieren, die das Sortierergebnis maßgeblich beeinflussen.

In einer studentischen Arbeit an der HSPF wurden die bisherigen 29 binären Sortierversuche um 16 ternäre und 13 quaternäre Versuche auf insgesamt 58 erweitert. Über alle Versuche hinweg konnte eine durchschnittliche Reinheit von rund 95% bei Durchsätzen von bis zu 5 t/h erzielt werden. Diese Ergebnisse bestätigen die grundsätzliche Eignung der LIPS-Technologie für die legierungsspezifische Aluminiumtrennung.

Aufbauend darauf wurden im aktuellen Berichtszeitraum Scale-up-Versuche unter realitätsnahen Bedingungen mit praxisüblichem Aluminiumschrott der Legierungsgruppen 5xxx und 6xxx durchgeführt. Ziel war es, die Leistungsfähigkeit des Verfahrens für den industriellen Einsatz zu validieren (Technologiereifegrad 7–8). Ergänzend erfolgten zusätzliche Schmelzversuche zur Verifizierung der Sortiierungsergebnisse.

Die Pilotversuche mit der TOMRA AUTOSORT® PULSE-Anlage zeigten unter Verwendung branchenüblicher Schrotte (siehe Abb. 6) und industriellen Bedingungen sehr gute Resultate: Die mittlere Reinheit betrug 98% in der Restfraktion und 95% in der Zielfraktion. Damit wurden die Ergebnisse der Modellversuche sogar übertroffen. Auch die Schmelzanalysen bestätigen, dass die LIPS-Technologie eine den industriellen Anforderungen entsprechende Trennung der

5xxx- und 6xxx-Legierungsgruppen ermöglicht und somit eine wirtschaftliche Rückführung gemischter Aluminium-Neuschrotte erlaubt.

Darüber hinaus wird weiteres Potenzial in der legierungsspezifischen Trennung von Aluminiumschrotten gesehen. Erste Versuche zeigen gute Trennungserfolge, auch wenn die geringen Konzentrationsunterschiede innerhalb einzelner Legierungsgruppen sowie hohe Durchsatzraten weiterhin besondere Herausforderungen darstellen.



Abb. 6: Aluminium-Stanzschrotte der Legierungsgruppen 5xxx und 6xxx

Institutsleitung: Prof. Dr. Kai Oßwald, Prof. Dr. Andreas Baum (Stellvertreter)

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

1.2.6 Institut für Personalforschung – IfP

Das Institut für Personalforschung im Human Resources Competence Center (HRCC) an der Hochschule Pforzheim arbeitete im Jahr 2025 an zwei Forschungsprojekten. Zum einen im Themenbereich Nachhaltigkeit und Berichtspflicht und zum anderen im Bereich Entgelttransparenz und Arbeitgeberattraktivität.

Im Themenbereich **ESG-Berichterstattung, Nachhaltigkeit und HR** startete unser Folgeprojekt **ESG-HR** im Frühjahr 2025. Das Projekt knüpfte direkt an die Entwicklung des ESG-HR-Barometers aus dem Vorjahr an und stellt eine Wiederholungsmessung zur Erfassung des Stands von HR beim Thema ESG im Unternehmen 2025 dar. Am Projekt waren als Projektbeteiligte am IfP Prof. Dr. Stephan Fischer und Prof. Dr. Cathrin Eireiner beteiligt.

Hintergrund zum Projekt:

Die Taxonomie-Verordnung, die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und die Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) bilden drei zentrale Nachhaltigkeitsregulierungen innerhalb des Green-Deal-Projekts der EU-Kommission.² Das am 26.02.2025 vorgestellte Omnibus-Paket der Europäischen Kommission zur ESG-Berichtspflicht sieht nun Vereinfachungen dieser Nachhaltigkeitsregulierungen vor.³ Diese beinhalten sowohl *prozedurale* Änderungen, die sich mit der Umsetzung der ESG-Berichtspflicht befassen, als auch *materielle* Änderungen, die die Inhalte der ESG-Berichtspflicht betreffen.

Die zentrale *prozedurale* Änderung bezieht sich – neben dem Ausschluss einiger Unternehmen von der Berichtspflicht – insbesondere auf eine zeitliche Verschiebung der Anwendung der Richtlinien auf Basis der Größe von Unternehmen nach den drei folgenden Kriterien: Anzahl der Beschäftigten, Umsatz und Bilanzsumme. Je nach Größe wurden hier in der CSRD vier Wellen der Implementierung definiert, deren Erstanwendungszeitpunkte zwischen dem Geschäftsjahr 2024 und 2028 liegen. Diese Veränderung bringt insbesondere KMU mehr Zeit, um das Thema ESG-Berichtspflicht gut vorzubereiten.

Daneben gibt es auch *materielle* Änderungen, die für Unternehmen aller Größen relevant sind. Zum einen gibt es den Wegfall der sektorspezifischen Standards, die ein weiteres Set an zu berichtenden Kriterien pro Sektor erforderlich gemacht hätte. Neben der Definition der Kriterien hätte es sektorspezifische Abstimmungen (und damit Aufwand) gebraucht. Daneben soll es eine deutliche Reduzierung der zu berichtenden Datenpunkte um fast 70% geben. Mit Blick auf die bisher gesammelten Daten der EFRAG kann das eine deutliche Erleichterung für die Unternehmen darstellen. Zudem gibt es die Befreiung von der Bewertungspflicht der finanziell nicht wesentlichen Geschäftstätigkeiten hinsichtlich Taxonomie-Fähigkeit und Taxonomie-Konformität. Und schließlich sollen Unternehmen keine allgemeine Pflicht zur tiefergehenden Bewertung der nachteiligen Auswirkungen ihres Handelns in Bezug auf die Wertschöpfungskette und mittelbare Geschäftspartner mehr haben. Vielmehr gibt es die Konzentration auf die direkten Geschäftspartner.⁴

² Velte, P. Wulf, I. Weber, S. Fischer, A. (2025): Der Vorschlag der EU-Kommission für ein EU-Omnibus-Paket zur Änderung von CSRD, CSDDD und Taxonomie-Verordnung. In: Der Betrieb. Nr. 14, S. 813-823.

³ Sitter, J. (2025): Das Omnibus-Paket zur Vereinfachung der EU-Nachhaltigkeitsregulierung. Gastkommentar in: Der Betrieb, Nr. 12. 17.03.2025.

⁴ Depping, A. Walden, D. (2025): Omnibus-Paket zur Nachhaltigkeit: Die geplanten Änderungen.

https://www.haufe.de/recht/weitere-rechtsgebiete/wirtschaftsrecht/omnibus-paket-zur-nachhaltigkeit-die-geplanten-aenderungen_210_644788.html. Abgerufen am 22.04.2025.

Quantitative Wiederholungsmessung

Im Sommer 2025 wurde eine Online-Befragung durchgeführt. Am Barometer haben insgesamt 57 Unternehmensvertreter teilgenommen. Das ist eine deutlich geringere Anzahl an Teilnehmenden als im Vorjahr. Gleichzeitig verdeutlicht es das abnehmende Interesse der HR-Community an dem Thema, das sich aus den Änderungen des Omnibus-Pakets ergibt. 79% der Befragten waren in einer HR-Funktion tätig. Tendenziell waren die Befragten in größeren Unternehmen tätig als die Kohorte aus dem Jahr 2024 (bis 249 Mitarbeitende – 17,6%, 250 bis 999 Mitarbeitende – 29,4%, 1.000 bis 4.999 Mitarbeitende – 23,6%, 5.000 oder mehr Mitarbeitende – 29,4%). Auch die Anzahl der Befragten aus größeren HR-Bereichen hat im Vergleich zum Vorjahr zugenommen (bis 10 Mitarbeitende – 29,4%, 11 bis 50 Mitarbeitende – 40,6%, über 50 Mitarbeitende – 30%). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass viele KMU-Unternehmen, die sich 2024 noch beteiligt haben, das Interesse an dem Thema verloren haben. Die großen Unternehmen, für die das Thema noch relevant ist, sind relativ gesehen stärker beteiligt.

Ergebnisse der qualitativen Wiederholungsmessung

Die Ergebnisse des ESG-HR-Barometers 2025 zeigen, dass sich viele (tendenziell größere) HR-Abteilungen mittlerweile intensiver mit dem Thema befassen haben: Die meisten der befragten Unternehmen (64%) beschäftigen sich bereits zwischen 6 und 36 Monate mit dem Thema. Lediglich 7% der befragten Unternehmen haben noch nicht begonnen, 9% befassen sich mehr als 3 Jahre damit. Insgesamt kann man deshalb festhalten, dass das Timing besser als 2024 wird. Einschränkend kann dabei aber vermutet werden, dass wir eher größere Unternehmen befragt haben, auf die der Omnibus kaum Einfluss hat. Einen allgemeinen Trend für HR sollte daraus nicht abgeleitet werden.

Auf die Frage, wie gut sich HR auf die ESG-Berichtspflicht vorbereitet fühlt, sagten 38,9%, dass sie gut bis sehr gut auf die Herausforderungen der ESG-Berichtspflicht vorbereitet sind. 33,3% der Befragten sehen HR als nicht oder gar nicht vorbereitet. Damit scheint die Vorbereitung von HR auf das Thema besser als 2024. Festzuhalten bleibt aber auch, dass es noch viele HR-Bereiche gibt, die erst am Anfang stehen.

In der Befragung konnte ebenfalls festgestellt werden, dass 52,4% der Befragten das Know-how zur Omnibus Verordnung in HR als gering einschätzen. Lediglich 19% der Befragten schätzen das Know-how als sehr hoch ein. Nur 5,3% der Befragten gaben an, sich mit EFRAG gut auszukennen. Daraus kann gefolgert werden, dass die aktuellen Entwicklungen 2025 HR erneut herausfordern.

Eine positive Entwicklung gegenüber dem Vorjahr scheint, dass die Befragten aus HR im Thema ESG-Berichterstattungspflicht mehr Chancen als im Vorjahr sehen. 16,7% der befragten Personen erkennen in dem Thema eine Chance, lediglich 11% sehen ESG explizit als Stressor. Bei allem Optimismus muss gerade dieses Ergebnis mit Blick auf die geringe Fallzahl und das spezifische Sample mit Vorsicht interpretiert werden, weil es sich um ein Artefakt aus dem Datensatz handeln könnte.

Fazit und Ausblick

ESG ist für HR tot, lang lebe Nachhaltigkeit! Diese etwas provozierende Zeile könnte als Fazit aus der Wiederholungsmessung 2025 gezogen werden. Das begründet sich aus einem differenzierten Blick in die unterschiedlichen Unternehmensklassen:

Für viele *große* Unternehmen bleiben wesentliche Aufgaben bei der Berichtspflicht gleich. Diese Unternehmen sind aber meist auch schon gut vorbereitet.

Ein Teil der *mittelgroßen* Unternehmen gewinnt durch die Änderungen Zeit. Diese Unternehmen sollten die gewonnene Zeit sinnvoll nutzen, Kompetenzen aufbauen und Rollen anpassen. Sonst stehen sie in 2 Jahren da, wo sie heute stehen und reagieren wieder nur.

Viele *kleinere* Unternehmen sind durch die Änderungen der EU von der Berichtspflicht ausgenommen. Für sie fällt oftmals die Compliance-Orientierung und die Fremdkapitalbeschaffung als Motiv weg. Entsprechend spielt das Thema in der Breite dieser Unternehmen auch keine große Rolle mehr.

Mit Blick auf die zukünftige Ausrichtung der Unternehmen beim Thema Nachhaltigkeit kann konstatiert werden, dass Nachhaltigkeit eher aus Überzeugung als aus Pflicht ein Thema des normativen Managements sein sollte. Mit Blick auf die in 2024 erarbeiteten Motive kann das gelingen, wenn strategische oder normative Motive in Richtung Nachhaltigkeit handlungsleitend in Unternehmen werden.

Im zweiten Projekt ging es um **Entgelttransparenz und Arbeitgeberattraktivität**. Am Projekt war als Projektbeteiligter am IfP Prof. Dr. Carsten Weber beteiligt, daneben hat Prof. Dr. Ludwig Vossemer (OTH Regensburg) am Projekt mitgearbeitet.

Hintergrund zum Projekt:

Gesetzgeberische Initiativen in verschiedenen Ländern sowie unterschiedliche Stakeholder fordern zunehmend von Unternehmen, ihre geschlechtsspezifische Lohnlücke (Gender Pay Gap, GPG) offenzulegen.⁵ Transparenzanforderungen werden allgemein als wirksam zur Verringerung des GPG angesehen. Ein Wirkmechanismus, über den die Entgelttransparenz zu dieser Verringerung beitragen kann, betrifft reputationsbezogene Effekte. Die verpflichtende öffentliche Offenlegung kann eine soziale Rechenschaftspflicht auslösen, wenn Stakeholder diese Informationen wahrnehmen und darauf reagieren, wodurch die Unternehmensreputation beeinflusst wird.⁶ In dieser Studie wurde analysiert, wie Bewerber als relevante Stakeholdergruppe die Offenlegung von Gender Pay Gaps wahrnehmen und darauf reagieren. Frühere Arbeiten argumentieren, dass Jobsuchende Unternehmen mit hohen geschlechtsspezifischen Lohnungleichheiten meiden, was den Erfolg bei der Rekrutierung beeinträchtigen kann. Die konkrete Ausgestaltung dieses Vermeidungsverhaltens ist jedoch bislang nur unzureichend erforscht. Aufbauend auf der Signaling-Theorie wurde postuliert, dass Informationen zum Gender Pay Gap die Arbeitgeberattraktivität beeinflussen, da sie sowohl instrumentelle Implikationen für zukünftige Vergütung und Karrierechancen als auch symbolische Bedeutungen hinsichtlich organisationaler Werte und Fairness transportieren.

Es wurde ein szenariobasiertes Experiment verwendet, um die Effekte der GPG-Berichterstattung auf die Wahrnehmung der Unternehmensattraktivität zu untersuchen. Zudem wurden zwei potenzielle Moderatoren dieses Zusammenhangs analysiert: die Kommunikation aufrichtiger Gleichstellungsbotschaften durch das Unternehmen sowie das Geschlecht der Teilnehmenden. Die entsprechenden Hypothesen waren:

- Hypothese 1: Die Höhe des GPG beeinflusst die Wahrnehmung der Unternehmensattraktivität, so dass ein Unternehmen mit einem kleineren GPG als attraktiver wahrgenommen wird als ein Unternehmen mit einem größeren GPG.

⁵ Avdul, D. N., Martin, W. M., & Lopez, Y. P. (2023). Pay transparency: Why it is important to be thoughtful and strategic. *Compensation & Benefits Review*, 56(2), 103–116.

⁶ Sharkey, A., Pontikes, E., & Hsu, G. (2022). The impact of mandated pay gap transparency on firms' reputations as employers. *Administrative Science Quarterly*, 67(4), 1136–1179.

- Hypothese 2: Der Effekt der Höhe des GPG auf die Wahrnehmung der Unternehmensattraktivität wird durch aufrichtige Gleichstellungsbotschaften moderiert, so dass der negative Effekt eines großen GPG auf die wahrgenommene Unternehmensattraktivität durch die Kommunikation aufrichtiger Gleichstellungsbotschaften reduziert wird.
- Hypothese 3: Das Geschlecht der Teilnehmenden moderiert den Effekt der Höhe des GPG, so dass der negative Effekt eines großen GPG auf die Unternehmensattraktivität für Frauen stärker ausfällt als für Männer.

Experimentelle Untersuchung:

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde ein szenariobasiertes Experiment unter Bachelor- und Masterstudierenden in wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen an der HS Pforzheim und OTH Regensburg durchgeführt (finaler Stichprobenumfang: 419 Teilnehmer). Die Teilnehmer wurden zufällig einer von vier Bedingungen zugewiesen, in einem Between-Subjects-Design 2 (Größe des Gender Pay Gap: klein vs. groß) × 2 (aufrichtige Botschaft: vorhanden vs. nicht vorhanden). Das Geschlecht der Teilnehmenden (männlich vs. weiblich) wurde anhand ihrer Selbstbeschreibung erfasst.

Die Teilnehmenden erhielten Informationen zum unbereinigten GPG des Unternehmens. Die Werte wurden so manipuliert, dass sie entweder das untere Quartil (4%) oder das obere Quartil (18%) der Branchenverteilung des hypothetischen Unternehmens (Pharmabranche) repräsentierten; als Branchenstandard wurden 11% angegeben. Die Teilnehmenden in den Bedingungen mit aufrichtiger Gleichstellungsbotschaft bekamen eine zusätzliche Erklärung zu lesen. Anschließend bewerteten die Teilnehmenden die Unternehmensattraktivität anhand der etablierten Vier-Item-Skala von Highhouse et al. (2003).

Ergebnisse des Experiments:

Die Prüfung der Hypothesen erfolgte über eine ANOVA (siehe Tabelle).

Tabelle: *Varianzanalyse der Unternehmensattraktivität nach experimenteller Bedingung*

Effekt	df1	df2	F	p
Modell	7	411	9,18	< .01
Höhe des Gender Pay Gap (GPG)	1	411	30,82	< .01
Aufrichtige Gleichstellungsbotschaft	1	411	0,86	.35
Geschlecht	1	411	8,90	< .01
GPG-Höhe × Aufrichtige Gleichstellungsbotschaft	1	411	0,80	.37
GPG-Höhe × Geschlecht	1	411	23,71	< .01
Aufrichtige Gleichstellungsbotschaft × Geschlecht	1	411	0,03	.86
GPG-Höhe × Aufrichtige Gleichstellungsbotschaft × Geschlecht	1	411	0,36	.55

Anmerkung: Abhängige Variable: Wahrnehmung der Unternehmensattraktivität. N = 419

Die wahrgenommene Attraktivität eines Unternehmens war höher, wenn der berichtete unbereinigte GPG unter dem Branchendurchschnitt lag, im Vergleich zu einem über dem Branchendurchschnitt liegenden GPG. Dieser Effekt zeigte sich bei Frauen, jedoch nicht bei Männern. Aufrichtige Gleichstellungsbotschaften, in denen organisatorische Richtlinien und Maßnahmen

zur Verringerung geschlechtsspezifischer Entgeltunterschiede dargelegt wurden, hatten keinen Einfluss auf die wahrgenommene Unternehmensattraktivität.

Die Studie leistet mehrere Beiträge zur Vergütungsforschung. Erstens wurde auf Ebene der öffentlichen Politik ein zentraler Mechanismus getestet, der implizit der Entgelttransparenzgesetzgebung zugrunde liegt, nämlich, dass öffentliche Offenlegung die Aufmerksamkeit von Stakeholdern auf sich zieht und Reputation formt. Mit Bezug auf die Arbeitgeberattraktivität wurde Evidenz geliefert, die mit diesem reputationsbasierten Mechanismus konsistent ist, und die Rolle potenzieller Beschäftigter als relevante Stakeholdergruppe unterstreicht. Insbesondere wurde gezeigt, dass Frauen den GPG von Unternehmen in ihre Entscheidungen bei der Jobsuche einbeziehen. Zweitens folgt die Studie Forschungsaufrufen zu Rekrutierungseffekten von Entgelttransparenz. Da Unternehmen zunehmend verpflichtet sind, ihren GPG offenzulegen, ist es entscheidend, die differenzierten Effekte dieser Informationen auf ihre Fähigkeit zur Gewinnung und Bindung von Beschäftigten zu verstehen. Wir identifizieren die Höhe des GPG als besonders relevant für weibliche Jobsuchende. Durch die Analyse der Rolle des Geschlechts der Teilnehmenden leisten wir zudem einen Beitrag zur jüngsten Forschung zu geschlechtsspezifischen Reaktionen auf Entgelttransparenz (Göbel et al., im Erscheinen). Drittens trägt die Studie zur Literatur zur Entgelttransparenz bei, indem sie den Signalwert realisierter Ergebnisse gegenüber personalpolitischen Aussagen in Rekrutierungskontexten isoliert. Der in der Diversity-Management-Forschung⁷ festgestellte mildernde Effekte von personalpolitischen Aussagen konnte im Kontext von GPG nicht nachgewiesen werden.

Fazit und Ausblick:

Die Studie zeigt, dass Jobsuchende – insbesondere Frauen – den GPG bei der Bewertung potenzieller Arbeitgeber berücksichtigen. Der Befund, dass aufrichtige Botschaften die negativen Effekte großer Lohnlücken nicht abmildern, deutet auf Grenzen reiner Kommunikationsstrategien hin: Wenn „harte“ statistische Evidenz „weichen“ personalpolitischen Aussagen widerspricht, priorisieren Bewerbende in einer Situation asymmetrischer Information die Daten als Signal. Folglich sollte sich der strategische Fokus von der Erklärung von Entgeltunterschieden und dem Signalisieren guter Absichten zur Reduktion hin zur tatsächlichen Beseitigung dieser Unterschiede verschieben. Organisationen sollten sich auf Transparenzvorgaben vorbereiten, indem sie substanzielle Fortschritte bei der Geschlechterlohngleichheit priorisieren.

⁷ Kroeper, K. M., Williams, H. E., & Murphy, M. C. (2022). Counterfeit diversity: How strategically misrepresenting gender diversity dampens organizations' perceived sincerity and elevates women's identity threat concerns. *Journal of Personality and Social Psychology*, 122(3), 399–426.

Das Team des Instituts für Personalforschung (IfP)



**Prof. Dr.
Stephan Fischer**
Direktor



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



Eva Balzer
Akademische Mitarbeiterin
(ab 01.03.2025)



**Prof. Dr.
Anja Schmitz**
Projektleiterin
(bis 31.08.2025)



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

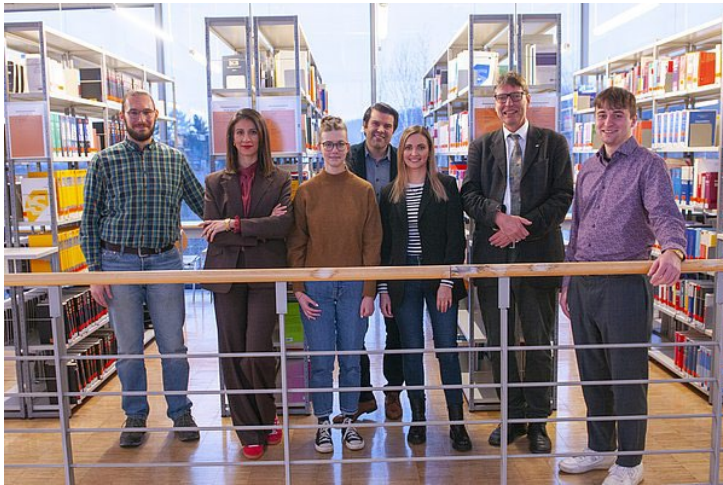


**Prof. Dr.
Carsten Weber**
Projektleiter

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 Institut für Verbraucherforschung und nachhaltigen Konsum – vunk



Institut für Verbraucherforschung
und nachhaltigen Konsum

Hochschule Pforzheim

www.hs-pforzheim.de/vunk

Abb. 1: Das Team 2025, von links: Dr. Patrik Schmidt (ehem. akad. Mitarbeiter), Zina Al-Washash (ehem. akad. Mitarbeiterin), Annalena Secci (akad. Mitarbeiterin), Professor Dr. Steffen Kroschwald (Direktor des vunk), Marta Kast (Sekretärin des vunk), Professor Dr. Tobias Brönneke (vorheriger Direktor des vunk), Ben Knappe (ehem. akad. Mitarbeiter). Fehlende Personen: Prof. Dr. Margarita Bidler (Direktorin des vunk), Lukas Waidelich (ehem. akad. Mitarbeiter des vunk) und Kim Wolfinger (ehem. akadem. Mitarbeiterin des vunk). Foto: HS Pforzheim/Karalus

Personelle Veränderungen: Wechsel der vunk-Leitung

Im Rahmen der Mitgliederversammlung am 18. November 2025 wurde das neue Leitungsteam des vunk gewählt: Prof. Dr. Steffen Kroschwald, LL.M. und Prof. Dr. Margarita Bidler. Der bisherige Institutsleiter und Gründer, Prof. Dr. Tobias Brönneke, wurde für seine langjährige, engagierte und visionäre Arbeit gewürdigt. Mit seinem Aufbau des vunk hat er ein starkes Fundament geschaffen, auf dem das neue Leitungsteam weiter aufbauen wird.



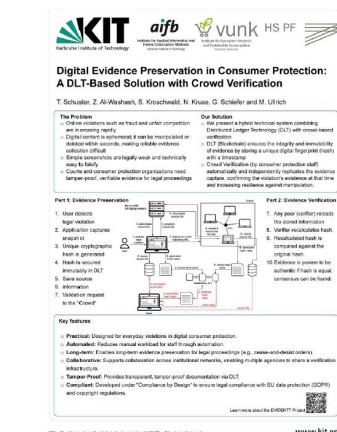
Abb. 2: Die neue vunk-Leitung (Prof. Dr. Margarita Bidler, Prof. Dr. Steffen Kroschwald). Unten: Stabübergabe in der vunk-Leitung durch Prof. Dr. Tobias Brönneke. Fotos: privat/vunk

Forschungsprojekte 2025

EVIDENTT – Einsatz verteilter Technologien zur beweissicheren Dokumentation von Verbraucherschutzverstößen auf Online-Plattformen (Prof. Dr. Steffen Kroschwald, Prof. Dr. Thomas Schuster – IoS³)

Die Machbarkeitsstudie „**EVIDENTT**“ beschäftigte sich mit der Frage, wie Rechtsverstöße auf Online-Plattformen, darunter zum Beispiel Hassrede oder unlauterer Wettbewerb, zuverlässig und rechtssicher dokumentiert werden können.

Ziel der Studie war es, herauszufinden, ob verteilte Technologien wie die sogenannte Distributed Ledger Technology (DLT), eine Technologie die zum Beispiel Blockchains zugrunde liegt, zur beweissicheren Dokumentation von Verstößen beitragen können.



Die Projekt- und Konsortialleitung lag beim vunk-Institut (Prof. Dr. Steffen Kroschwald).

Neben dem vunk beteiligte Forschungseinrichtungen waren das IoS³ – Institut für Smart Systems und Services, Hochschule Pforzheim, Prof. Dr. Thomas Schuster sowie das Institut AIFB des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), Forschungsgruppe Digital Privacy, Dr.-Ing. Gunther Schiefer. Die Projektlaufzeit war von Dezember 2024 bis August 2025. Das von der Baden-Württemberg Stiftung geförderte Projekt wurde im November 2025 erfolgreich schlussbegutachtet.



Abb. 3: Prof. Dr. Thomas Schuster während seines Vortrags zur EVIDENTT-Machbarkeitsstudie mit einem Beitrag auf der internationalen Konferenz „Hybrid Human-AI Collaborative Networks“ (PRO-VE2025) in Porto. Fotos/Grafiken: HS Pforzheim/Pro-Ve

KIVEDU – Künstlich-intelligente Verbraucherdurchsetzung (Prof. Dr. Steffen Kroschwald)

Im Projekt „**KIVEDU**“ wurde ein KI-basiertes System entwickelt, das im Bereich des sogenannten „Private Enforcement“ unter anderem Unterlassungsgläubiger in die Lage versetzt, ihre Rechte und die Durchsetzung ihrer Ansprüche automatisiert sicherzustellen.

Im vunk-Institut wurden dazu Markt- und Bedarfsanalysen durchgeführt sowie umfassende Untersuchungen zur rechtlichen Machbarkeit sowie zur Ableitung rechtlicher Gestaltungsanforderungen vorgenommen. Im Fokus standen Anforderungen des Datenschutzrechts, des Urheberrechts, des Lauterkeitsrechts und des KI-Rechts.

Das Projekt wurde gefördert im Rahmen des Invest BW-Programms des baden-württembergischen Wirtschaftsministeriums.

Projektpartner waren die XPACE GmbH (Konsortialleitung) sowie das vunk-Institut unter der Leitung von Prof. Dr. Steffen Kroschwald.



Abb. 4: Logo KIVEDU. Grafik: vunk/HS Pforzheim/XPACE GmbH

WeWaWi – Weiße Ware Wiederverwenden (2019-2025)

Das Projekt „**WeWaWi**“ – ‚Weiße Ware Wiederverwenden‘ – hatte zum Ziel, Lösungen für die Frage zu finden, wie Haushaltsgroßgeräte nach Gebrauch in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden können. Das Projekt untersuchte, ob und wie Geräte repariert werden können, wie der Transport gebrauchter Haushaltsgroßgeräte rechtlich unbedenklich ist und wie die Rückführlogistik gestaltet werden muss.



Projektlaufzeit war von August 2019 bis Dezember 2025. Das Projekt wurde gefördert durch das Umweltbundesamt sowie das BMUV.

Das vunk-Institut war durch Prof. Dr. Peter Heidrich als Projektbeirat des WeWaWi-Projekts beteiligt.

Abb. 5: Logo We Wa Wi. Grafik Re-Use e.V.

Juristische Mitarbeit im Projekt MEiK – Medizinische Einmalgebrauchsprodukte in der Kreislaufwirtschaft des INEC (vunk-Beteiligung von 09/2025 bis 03/2026)

Im Rahmen des **MEiK**-Projekts wird analysiert, welche Veränderungen in Krankenhäusern dazu beitragen können, Einwegabfälle zu reduzieren und nachhaltiges Handeln zu fördern. Ziel des MEiK-Projekts ist es, eine klimafreundliche und qualitativ hochwertige Verwertungsmöglichkeit für medizinische Einmalprodukte mit hohem Kunststoffanteil zu entwickeln. Die erarbeiteten Lösungen sollen praxisnah demonstriert und unter ökologischen sowie ökonomischen Gesichtspunkten bewertet werden.

Wenn medizinische Produkte verwertet werden sollen, stellt sich nicht nur die Frage der (technischen) Machbarkeit, sondern auch der rechtlichen Zulässigkeit. Das vunk-Institut untersucht im Rahmen des MEiK-Projekts die rechtlichen Rahmenbedingungen, die eine nachhaltige und ressourcenschonende Verwertung medizinischer Produkte in Krankenhäusern ermöglichen oder verhindern. Dabei stehen insbesondere Fragen der Verwertung und Abfallvermeidung im Fokus.

Das Ziel ist es, eine rechtssichere Grundlage für die Kreislaufwirtschaft im medizinischen Bereich zu schaffen und gleichzeitig Umwelt- sowie Hygienestandards zu wahren. Das vunk-Institut beteiligt sich mit einer rechtswissenschaftlichen Untersuchung zur Einordnung in das Abfall- und Hygienerecht und zur Ableitung rechtlicher Lösungsoptionen.

Die Projektleitung MEiK liegt bei Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky und Prof. Dr. Tobias Viere (INEC, Hochschule Pforzheim). Seitens des vunk wird der rechtswissenschaftliche Untersuchungsteil von Prof. Dr. Steffen Kroschwald, LL.M. geleitet.

Projektlaufzeit MEiK: 01.01.2024 – 31.12.2026; Beteiligung vunk: 01.09.2024 – 31.03.2026

Gefördert von: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE)



Abb. 6: MEiK. Foto: HS Pforzheim

Vertrauenswürdige Bewertungsgemeinschaften – VBG (2024 – 2025)

Wie können Online-Bewertungen verlässlicher werden – und welche Rolle spielen Konsumenten und Konsumentinnen dabei? Diesen Fragen widmete sich das Forschungsprojekt Vertrauenswürdige Bewertungsgemeinschaften (**VBG**).

Seitens des vunk-Instituts waren beteiligt: Prof. Dr. Yasmin Merz (Projektleitung), Prof. Dr. Anja Spilski, Prof. Dr. Tobias Brönneke. Das IoS³ war durch Prof. Dr. Thomas Schuster vertreten.

Gegenstand des Projekts sind von Konsumentinnen und Konsumenten verfasste Produktbewertungen auf Online-Plattformen. Das Projekt verfolgt das Ziel, die grundsätzlichen Bedingungen für den Erfolg einer vertrauenswürdigen Bewertungsgemeinschaft (VBG) im Rahmen eines Machbarkeits- und Konzepttests zu untersuchen. Eine VBG beschreibt ein Netzwerk bzw. eine Community von Konsumentinnen und Konsumenten. Die Community ist an transparenten, fairen und geprüften Produktbewertungen interessiert. Innerhalb dieser Gemeinschaft abgegebene Bewertungen sind mit einer Community-Kennung gekennzeichnet, mit der sichtbar gemacht wird, dass sich die Verfasserin oder der Verfasser der Bewertung den Gemeinschaftsstandards zum Schreiben von Bewertungen (wahrhaftig, fair und erfahrungsbasiert) verpflichtet hat. Ziel einer VBG ist es, die Vertrauenswürdigkeit von Kundenbewertungen als Informationsmedium zu stärken und mögliche Störfaktoren zu reduzieren. Das Projekt nutzt dabei die Ergebnisse des Vorprojekts „Infoteilhabe“, um daraus rechtliche Grundlagen und geeignete Allgemeine Geschäftsbedingungen für die VBG abzuleiten. Dabei wird geprüft, welche bestehenden Klauseln als guter Standard gelten, wie sie angepasst werden müssen und welche neuen, gemeinschaftsspezifischen Regelungen zu entwickeln sind. Das Projekt untersucht außerdem, wie Konsumentinnen und Konsumenten zur freiwilligen Mitgliedschaft in der VBG motiviert werden können. Ausgehend von qualitativen Untersuchungen werden Motivatoren und Hemmnisse identifiziert, Möglichkeiten der Incentivierung untersucht und ein Kommunikationskonzept erstellt, mit dem die Markteinführung einer VBG begleitet werden kann. Ziel ist es hier, Möglichkeiten zur Sichtbarmachung der VBG, für mögliche strategische Positionierungen sowie für die Ausgestaltung von Informationsmaterialien, aufzuzeigen. Das Ziel, dass VBG-Mitglieder „vertrauenswürdig“ auf die Lesenden von Bewertungen wirken, wird im Rahmen quantitativer Studien thematisiert. Hier werden verschiedene Formen der Beanreizung (keine vs. nicht-monetäre vs. monetäre Anreize) sowie verschiedene Träger einer VBG (wirtschaftsferne vs. wirtschaftsnahe Träger) einbezogen.

Zusätzlich wird die Vertrauenswürdigkeit von Bewertungen aus technologischer Sicht integriert: Wie lassen sich mithilfe künstlicher Intelligenz Bewertungen erkennen, die nicht den Gemeinschaftsstandards entsprechen oder nicht authentisch sind? Und anhand welcher Indikatoren erfolgt diese Einordnung? Die VBG setzt hierfür auf einen hybriden Ansatz, der technische Verifikation mit einer inhaltlichen KI-Analyse kombiniert, um die Integrität von Nutzerbewertungen nachhaltig zu sichern.

Alle Untersuchungen befinden sich momentan in der Analysephase und werden für den Abschlussbericht, der im März 2026 erwartet wird, aufbereitet. Ziel des Projekts war es, durch die Entwicklung geeigneter Strukturen und Mechanismen vertrauenswürdige Bewertungsgemeinschaften zu fördern. Auf diese Weise sollen Nutzerbewertungen gestärkt und verlässliche, faire sowie wertvolle Verbraucherinformationen ermöglicht werden – mit aktiver Beteiligung der Konsumentinnen und Konsumenten. Im Fokus stand dabei die Idee, Nutzer/-innen aktiv in den Bewertungsprozess einzubinden und Strukturen zu schaffen, die sowohl die Verlässlich-

keit der Informationen als auch die Beteiligung stärken. Auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse werden neue Ansätze zur Bewertungsgestaltung und -moderation entwickelt und getestet.

Die Projektlaufzeit war von 15.12.2024 bis 31.12.2025. Das Projekt wurde gefördert durch das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR).

Publikations- und Vortragsaktivitäten, das vunk in den Medien

Das vunk war 2025 in zahlreichen wissenschaftlichen Medien und darüber hinaus präsent. Ankeraktivitäten bilden Publikationen in Zeitschriften aber auch die Herausgeberschaft oder Autorenbeteiligung an namhaften Werken. Hervorzuheben ist das 2025 in vierter Auflage erschienene Handbuch Verbraucherrecht, Herausgegeben u.a. von den vunk-Mitgliedern Prof. Dr. Tobias Brönneke und Prof. Dr. Felix Buchmann, dem vunk-Beirat Prof. Dr. Klaus Tonner sowie unter Mitwirkung weiterer Autoren aus dem vunk. Viel beachtet sind auch neue Werke wie das Handbuch Europäisches Datenrecht, das unter Mitwirkung von Autoren aus dem vunk-Institut entstanden und das Ende 2025 in erster Auflage erschienen ist.



Abb. 7: Cover des Handbuchs Verbraucherrecht sowie des Handbuchs Europäisches Datenrecht. Foto: privat/Nomos

Das vunk wirkt auch in der Politikberatung mit. Ende 2025 veröffentlichte die Landesregierung Baden-Württemberg seine **verbraucherpolitische Strategie** durch das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR). Die Formulierung des in der verbraucherpolitischen Strategie der Landesregierung enthaltenen Verbraucherleitbilds erfolgte unter Mitwirkung von Prof. Dr. Steffen Kroschwald.



Abb. 8: Titelblatt der Verbraucherpolitischen Strategie 2025. Grafik: MLR BW

Mediale Beachtung fand 2025 das Thema Secret-Pack-Automaten, zu dem das vunk bereits an mehreren Stellen seine Expertise eingebracht hat. Im Jahr 2025 berichtete das Hochschulmagazin KONTUREN über die Aktivitäten des vunk zu diesem Thema. Außerdem führte das Kinder- und Jugendmagazin des Spiegel („Dein Spiegel“) ein Interview mit Prof. Dr. Steffen Kroschwald zu Fragen des Verbraucherrechts und des nachhaltigen Konsums im Kontext der Secret Packs, das in einem Beitrag des Magazins aufging.

Auch international war das vunk aktiv. Im Rahmen der internationalen **Law Summer School der Law School der University of Bradford** referierte Prof. Dr. Steffen Kroschwald zum Thema „AI & Telematics – consumer-technology between trust and legislation“.



Abb. 9: Titelblatt der Law Summer School der University of Bradford. Grafik: UoB

Mit seiner **Schriftenreihe „Forschung für die Zukunftsgesellschaft“**, die als Teil der „Beiträge der Hochschule Pforzheim“ erscheint, bietet das vunk eine Plattform für die Veröffentlichung von Forschungsbeiträgen aus dem vunk oder zu Themen der Verbraucherborschung und des nachhaltigen Konsums sowie für die Veröffentlichung herausragender Abschlussarbeiten. 2025 erschienen wieder zur Lektüre empfehlenswerte Beiträge in der Schriftenreihe, unter anderem zu Fragen des gewerblichen Glückspielrechts (Melanie Mitschke, LL.B, deren Arbeit in Kooperation mit dem Amt für öffentliche Ordnung entstanden ist), zur Geschichte des Verbraucherzentrale Bundesverbands (Prof. Dr. h.c. em. Heiko Steffens) sowie zum Entwurf eines American Privacy Rights Acts (Lisa Bolin, LL.B.).



Abb. 10: Cover der drei im Jahr 2025 in der Schriftenreihe des vunk erschienenen Beiträge. Grafiken: vunk /HS Pforzheim

Ausgewählte Veranstaltungen

Das vunk war 2025 auf zahlreichen Veranstaltungen in verschiedener Form vertreten; sei es als Teilnehmer, Aussteller oder Ausrichter.



Der jährlich an der Hochschule mit Ausstellungen und Vorträgen begangene Tag der Nachhaltigkeit bietet für das vunk die Möglichkeit, seine Aktivitäten im Bereich der Nachhaltigkeitsforschung und des nachhaltigen Konsums zu präsentieren. 2025 machte das vunk an seinem Ausstellungsstand das Gewicht des Klimaschutzes anfassbar. Mithilfe einer Klimawaage konnten Interessierte Einsparpotenziale von Klimagasen in verschiedenen Lebensbereichen gegeneinander aufwiegen. Im Mittelpunkt standen dabei positive und mithilfe der Klimawaage für alle sicht- und messbare positive Klimaeffekte der Reparatur von Waschmaschinen im Vergleich zur Beschaffung eines Neugeräts. Das Praxisbeispiel ist ein Ergebnis des WeWaWi-Projekts. Das Projekt bildete für den vunk-Auftritt auf dem Tag der Nachhaltigkeit 2025 den Themenanker.

Abb. 11: Stand des vunk auf dem Tag der Nachhaltigkeit an der HS Pforzheim. Foto: vunk

Ein für das vunk wichtiger Termin im Jahreskalender ist die Sitzung des Institutsbeirats. Das vunk verfügt über einen hochkarätig besetzten Fachbeirat, dem leitende Vertreter von Ministerien, Behörden, Forschungseinrichtungen und Unternehmen aus den Forschungsbereichen des vunk angehören. In der diesjährigen Sitzung diskutierten die Teilnehmer vor Ort sowie online zugeschaltet lebhaft über aktuelle Forschungsfragen und -vorhaben des vunk. Der Beirat des vunk ist auch wertvoller Berater und Unterstützer bei Fragen der strategischen Ausrichtung des Instituts.



Abb. 12: vunk-Beiratssitzung 2025. Foto: vunk

Stellvertretend für zahlreiche Vorträge und Beiträge aus dem Umfeld des vunk im Institut sowie im Rahmen der Lehre an der Hochschule sind an dieser Stelle die jährlich stattfindenden Lehrbeiträge des vunk-Forschungsfellows Felix Braun (Universalschlichtungsstelle des Bundes) sowie Dr. Jan Kayser (Direktor des Centre Mediation in Luxemburg) zu nennen. Im Rahmen der Vorlesung „Konfliktmanagement und Verhandeln“ sprachen Kayser und Braun im Juni 2025 zu **Alternativer Konfliktlösung in der Praxis**, konkret zum Thema „B2C-Streitigkeiten außergerichtlich lösen – Erfahrungen der Universalschlichtungsstelle des Bundes“ (Braun) und

ausgewählten Kommunikationsproblemen, die im Mediationsverfahren oder bei Verhandlungen auftreten können (Kayser).



Abb. 13: Dr. Jan Kayser und Felix Braun. Fotos: privat

Abgeschlossene Promotion

Ein besonderer akademischer Höhepunkt des Jahres war der Abschluss der Promotion des langjährigen wissenschaftlichen vunk-Mitarbeiters Dr. Patrik Schmidt, LL.M. im März 2025. In Kooperation mit der Universität Kassel (Prof. Dr. Gerrit Hornung) und unter Betreuung und Zweitbegutachtung von Prof. Dr. Tobias Brönneke hatte **Dr. Schmidt seine Dissertation zum Thema Bewertungen und Bewertungssysteme im Internet erfolgreich abgeschlossen**. Dr. Schmidt promovierte im Rahmen des vom Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz sowie des Umwelt- und Verbraucherschutzministeriums geförderten Projekts „Infoteilhabe“ des vunk.



Abb. 14: Dr. Patrik Schmidt. Foto: privat

In seiner Dissertationsschrift untersucht Schmidt die bisweilen sehr unübersichtlichen rechtlichen Verhältnisse zwischen Betreibern von Bewertungsportalen, bewerteten Unternehmen, Influencern, Bewertungsverkäufern, Fake-Bewertern und den adressierten Kunden und stellt die komplexen juristischen Rahmenbedingungen dar, die diese beachten müssen. Dabei wird deutlich, dass es erhebliche gesetzliche Lücken gibt. Neben den unmittelbar durch die Dissertation veranlassten Anregungen an den Gesetzgeber erbrachte die interdisziplinäre Studie des vunk eine Reihe weiterer Vorschläge, wie Kundenbewertungen zu einem Instrument der Informationsteilhabe werden können – weg von Fehldarstellungen und nicht repräsentativen Bewertungen. Die Dissertationsschrift wurde im renommierten Nomos-Verlag veröffentlicht.

Aus den Fachgruppen

Das Forschungsinteresse in der Fachgruppe „**Digitalisierung und IT**“ ist es, Menschen in einer digitalen, allumfassend vernetzten Welt zu schützen sowie Transparenz, Selbstbestimmung und Teilhabe zu fördern und sicherzustellen. In der Fachgruppe „Digitalisierung & IT“ wurden im Jahr 2025 die Projekte „KIVEDU“ und „EVIDENTT“ abgeschlossen. Vortrags- und Publikationstätigkeiten bezogen sich vorwiegend auf die beiden Projekte (siehe oben).

Bei der Fachgruppe „**Konsumentenforschung und Market Insights**“ stand im Jahr 2025 die Bearbeitung des drittmittelgeförderten Forschungsprojekts „Vertrauenswürdige Bewertungsgemeinschaften“ (VBG) im Fokus der Forschungstätigkeiten (siehe hierzu oben). Neben die-

sem speziellen Projekt haben sich die Fachgruppenmitglieder verschiedenen Forschungsfragen gewidmet, die mit den Beziehungen zwischen Konsumentinnen und Konsumenten zu Unternehmen, deren Marken und Produkten zu tun haben und Bezug zu gesellschaftlichen Themen, Nachhaltigkeit oder technologischen Entwicklungen aufweisen.

Die Fachgruppe „**Nachhaltigkeit**“ befasst sich interdisziplinär mit der ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Gestaltung von Produkten und Konsumverhalten. Ein zentraler Schwerpunkt lag im Jahr 2025 auf der Lebensdauerplanung von Hardware- und Softwareprodukten, um vorzeitiges und unerwartetes Unbrauchbarwerden zu verhindern. Im Konkreten war die Fachgruppe hier im Rahmen des Projekts „Weiße Ware Wiederverwenden“ (siehe oben) aktiv und stellte sich und ihre Themen hierzu im Rahmen des Tags der Nachhaltigkeit 2025 (siehe ebenso oben) vor.

Die Fachgruppe „**Verbraucherrecht**“ beschäftigt sich mit den Rechtsregeln, die speziell für private Endverbraucher von Bedeutung sind. Dazu gehören sowohl Regelungen, die das Verhältnis zwischen kommerziellen Unternehmern und Verbrauchern betreffen, als auch solche, die für Verbraucher von besonderem Interesse sind, obwohl sie auch im professionellen Geschäftsverkehr Anwendung finden. Ein besonderer Fokus liegt auf der rechtspolitischen Weiterentwicklung der Verbraucherrechte auf nationaler und europäischer Ebene. Im Jahr 2025 wurde hierzu durch Mitglieder der Fachgruppe an der Ende 2025 erschienenen Neuauflage des Handbuchs Verbraucherrecht (siehe oben) gearbeitet und es wurden Arbeiten für ein weiteres Praxishandbuch von Mitgliedern der Fachgruppe (Herausgegeben von Prof. Dr. Felix Buchmann und Prof. Dr. Steffen Kroschwald, mit Autorenbeiträgen weiterer vunk-Mitglieder) aufgenommen und weitgehend abgeschlossen. Das Buch „Das neue Schuldrecht – Widerrufsbutton | Verbraucherdarlehen | Finanzdienstleistungen | Recht auf Reparatur | Sanktionen“ wird bereits im Frühjahr 2026 erscheinen.

Die Fachgruppe „**Verbraucherstreitbeilegung**“ erforscht Möglichkeiten zur effektiven Durchsetzung von Verbraucherrechten. Im Mittelpunkt standen dabei auch im Jahr 2025 die Möglichkeiten der Konfliktvermeidung und die Arbeit von Verbraucherstreitbeilegungsstellen. Höhepunkt bildeten die aus der Fachgruppe heraus organisierten Lehrveranstaltungsworkshops der Praxisexperten Dr. Kayser und Braun (siehe oben).

Die Fachgruppe „**Werte**“ untersucht die gesellschaftlichen Werte, die in demokratischen Prozessen in Gesetzen und Rechtsakten verankert sind. Besondere Aufmerksamkeit gilt Zielkonflikten zwischen diesen Werten, beispielsweise zwischen Nachhaltigkeit und Wettbewerb im Wettbewerbsrecht oder zwischen Klimaschutz und monetären Zielen in der Geldpolitik der Europäischen Zentralbank. Darüber hinaus werden Normen und Werte im zeitlichen Wandel analysiert, um eine fundierte Diskussion über wünschenswerte gesellschaftliche Ziele zu fördern. Im Jahr 2025 wurde eine bereits begonnene Fachdiskussion verbreitert. Sie mündet am 21. Januar in der Abschiedsvorlesung des langjährigen vunk-Leiters Prof. Dr. Tobias Brönneke zum Thema „Werte – Wissenschaft – Ideologie“ sowie in der ebenso am 21. Januar 2026 in der Schriftenreihe des vunk erscheinenden Festschrift Brönneke unter dem Titel „Werte und Recht – Umwelt- und Verbraucherschutz im demokratischen Rechtsstaat“ mit zahlreichen Autoren aus dem Kreis der Mitglieder, Forschungsfellows und Beiräte des vunk.

Die Fachgruppe „**Lehre**“ konzentriert sich auf die didaktische Vermittlung von Wissen im Bereich Verbraucherforschung und nachhaltiger Konsum. Ziel ist es, Studierende für aktuelle Herausforderungen in Verbraucherpolitik, Recht, Nachhaltigkeit und Digitalisierung zu sensibilisieren und praxisorientierte Kompetenzen zu vermitteln. Durch interaktive Lehrformate und die Integration von Forschungsergebnissen in die Lehre wird ein ganzheitlicher Bildungsansatz

verfolgt, der die Studierenden auf ihre zukünftigen Aufgaben in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft vorbereitet.

Institutsleitung: Prof. Dr. Steffen Kroschwald und Prof. Dr. Margarita Bidler

Leitung bis Nov. 2025: Prof. Dr. Tobias Brönneke und Prof. Dr. Steffen Kroschwald

Weitere Informationen: <https://www.hs-pforzheim.de/vunk>

1.2.8 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. Der Fokus der Forschung am HEED liegt zum einen im Bereich Kreativität und Spiel und zum anderen in der 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 drei Professoren und drei Mitarbeiter/-innen.

Im folgenden Bericht werden die beiden Forschungsschwerpunkte (1.) Kreativität und Spiel sowie (2.) Innovation und Interdisziplinarität, die im Jahr 2025 am HEED maßgeblich bearbeitet worden sind, näher dargestellt.

1. Forschungsschwerpunkt: Kreativität und Spiel

Zum Forschungsschwerpunkt „Spiel“ war Prof. Dr. Thomas Hensel für das Wintersemester 2024/25 (bis einschließlich März 2025) als Senior Fellow an die Kolleg-Forschungsgruppe „Imaginarien der Kraft“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) an die Exzellenz-Universität Hamburg eingeladen. Im Zuge des Fellowships konnte eine erste schriftliche Fassung einer Monographie abgeschlossen werden, die sich der Bildlichkeit des Computerspiels widmet und damit einen wesentlichen Beitrag zum Verstehen eines der populärsten und wirkmächtigsten Artefakte unserer Alltagskultur zu leisten sucht („Das Spielen des Bildes. Zur Ikonizität des Computerspiels“). Den Kern des Buches bilden Fallstudien, die mit kulturhistorisch kapitalen Ausdrucksformen reflexiver oder remedialisierender Bilder in prominenten commercial games unterschiedlichster Genres diverse Spielarten von Ikonizität als Konstituens des Computerspiels erschließen. Zu den Ausdrucksformen zählen das Stillleben und die Wunderkammer genauso wie das Diorama und die Tabula rasa; zu den Genres gehören der Ego Shooter ebenso wie das Action Adventure und das Horror Survival Game. Gerahmt werden diese Analysen von Kapiteln, die jene Dispositive und diskursiven Figuren theoretisch untermauern und nicht zuletzt die Frage stellen, inwieweit es sich beim Computerspiel um eine „zehnte Kunst“ handeln kann. Im Rahmen des Fellowships konnte vor allem ein letztes Kapitel durchformuliert werden, das sich mit dem Spiel „Death Stranding“ (2019/21) befasst. Besonders fruchtbar sind hierfür Überlegungen der Kolleg-Forschungsgruppe eingebracht worden, insofern sich „Death Stranding“ wesentlich durch eine beispiellose Spielmechanik auszeichnet, die in mannigfacher Weise, in physikalischer genauso wie in symbolischer Hinsicht, Kräfteverhältnisse performiert.

Mit Blick auf das Computerspiel war Prof. Dr. Thomas Hensel beteiligt an der Formulierung des Positionspapiers „Zur Etablierung einer Spielwissenschaft: Potenziale, Perspektiven und institutionelle Anforderungen“, das im Juni 2025 veröffentlicht wurde (<https://paidia.de/zur-etablierung-einer-spielwissenschaft/>). Dieses Positionspapier ist das Ergebnis des von der VolkswagenStiftung geförderten Scoping Workshops „Ludic Thinking – Chancen und Potentiale der Spieleforschung“. Ziel war es, eine Standortbestimmung des Feldes vorzunehmen und anhand von exemplarischen Fallstudien zu erkunden, welchen Beitrag es zur Auseinandersetzung mit den gesellschaftlich relevanten Themenfeldern Politik, Umwelt-/Klimaschutz, Kulturerbe und Krisenbewältigung leisten kann. Das Positionspapier schlägt auf dieser Basis eine integrative und transdisziplinäre Spielwissenschaft vor, die verschiedene bisher divergierende Wissenskulturen integriert.

Des Weiteren konnte zum Forschungsschwerpunkt „Spiel“ von Prof. Dr. Thomas Hensel eine Monographie über Albrecht Dürers „Traumgesicht“ aus dem Jahr 1525 abgeschlossen werden, die im November 2025 – 500 Jahre nach dessen Entstehung – unter dem Titel „Albrecht Dürers *Traumgesicht* von 1525. Ein Bildexperiment zwischen Kontingenz und Kalkül“ erschienen ist. Das sogenannte „Traumgesicht“ gilt als eines der bedeutendsten Bilder Albrecht Dürers. Zu Papier gebracht im Jahr 1525, in einer Zeit gewaltigster Panik vor dem Weltuntergang, wird Dürers Aquarell einer Sintflut gemeinhin als Niederschlag einer unmittelbar persönlichen Vision des Künstlers interpretiert. Das vorliegende Buch schlägt eine konträre Deutung vor. Unter Bezugnahme auf andere Werke der Reformationszeit wie Michael Ostendorfers berühmten Holzschnitt der „Wallfahrt zur ‚Schönen Maria‘ von Regensburg“ wird das „Traumgesicht“ als ein höchst konstruiertes, ambigues Bild und als nichts Geringeres als eine Summe von Dürers Kunsttheorie verstanden.

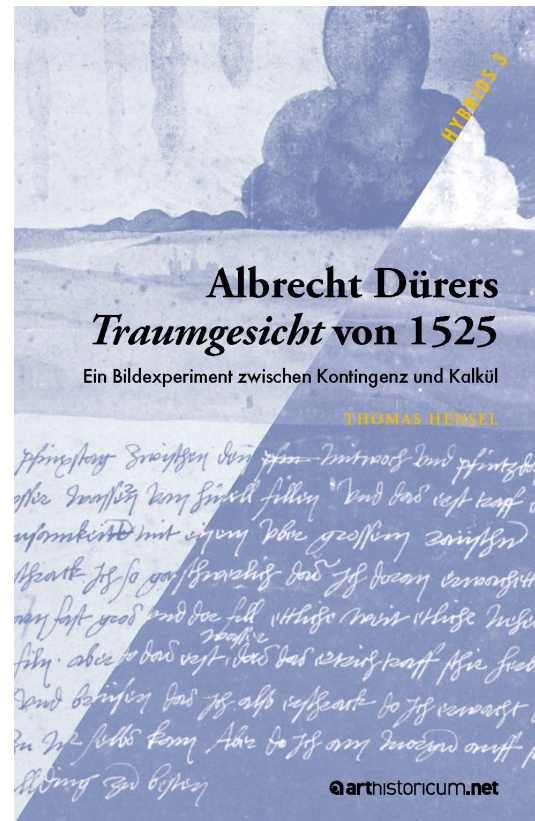


Abb. 1: Cover des Handbuchs „Traumgesicht“



Abb. 2: Cover des Handbuchs „Designwissenschaft“

Darüber hinaus konnte Prof. Dr. Thomas Hensel gemeinsam mit den Kollegen Prof. Dr. Oliver Ruf (Sankt Augustin) und Prof. Dr. Lars C. Grabbe (Münster) das kapitale „Handbuch Designwissenschaft. Geschichte – Theorie – Praxis“ publizieren. Mit 37 Beiträgen renommierter Expertinnen und Experten schafft der Band erstmals ein einheitliches Verständnis über die methodischen Werkzeuge, epistemologischen Ansätze und wissenschaftshistorischen Positionen der Designwissenschaft als einer aufstrebenden, explizit neuen wissenschaftlichen Disziplin.

2. Forschungsschwerpunkt: Innovation und Interdisziplinarität

Eine zentrale Forschungstätigkeit, die von HEED-Direktor Sven Schimpf in Kooperation mit verschiedenen Forschungs- und Industriepartnern durchgeführt wurde, widmet sich interdisziplinären Innovationsaktivitäten unter der Hypothese, dass ambitionierte Innovationen zu ei-

nem wesentlichen Anteil an Schnittstellen entstehen – beispielsweise sowohl zwischen Disziplinen als auch zwischen Sektoren, gesellschaftlichen Schichten oder geografischen Regionen.

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 Brücke zwischen Innovation und Science-Fiction

Die bisherigen Arbeiten an der Schnittstelle zwischen Innovation und Science-Fiction wurden fortgeführt und weiterentwickelt. Zu den Arbeiten im Jahr 2025 gehört ein Vergleich von Science-Fiction-bezogenen Foresight-Methoden und sonstigen Foresight-Methoden, um den Einsatzbereich Science-Fiction-bezogener Foresight-Methoden effektiver und effizienter gestalten zu können. Dazu wurde die Rolle der Science-Fiction als Katalysator für die Umsetzung ambitionierter Innovationsaktivitäten zusammenfassend analysiert und dargestellt.

Innovationsverständnis in der interdisziplinären Zusammenarbeit

Mit dem Ziel, die Optionen und Zielsetzungen im Innovationsverständnis besser zwischen unterschiedlichen Disziplinen abstimmen zu können, wurden 118 Innovationsdefinitionen aus primären Literaturquellen mithilfe verschiedener Analysemechanismen untersucht. Als Ergebnis konnten 6 Cluster entwickelt werden, mithilfe derer eine Abstimmung und die Zielsetzung zur interdisziplinären Innovationsplanung unterstützt werden kann.

Roadmapping als Brücke zwischen Disziplinen in der Innovationsplanung in Forschungseinrichtungen

Die Weiterentwicklung des Themas „Roadmapping in der Praxis“ ist mit dem Schwerpunkt der Interdisziplinarität und aufbauend auf der explorativen Studie zum Umgang von Unternehmen mit Interdisziplinarität in Innovationsprojekten durch die Entwicklung einer Roadmap und die Untersuchung der dazugehörigen Rahmenbedingungen in einer Forschungseinrichtung ergänzt worden.

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
Stellv. wissenschaftlicher Direktor ⁸	Prof. Dr. Stefan Kray
Forschungskordinatorin	Dr. Monika Roller
Forschungsreferentin	Iuliana Ancuța Ilie, M.A.
Mitarbeiterin (Teilzeit)	Carmen Ayasse

2.2 Fachinstitute und ihre Mitglieder

Institut für Industrial Ecology – INEC

(1)	Prof. Dr.-Ing. Frank Bertagnolli	Wirtschaft und Recht
(2)	Prof. Dr. Hendrik Lambrecht	Wirtschaft und Recht
(3)	Prof. Dr. Roukaya Issaoui	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. Ingela Tietze	Wirtschaft und Recht
(7)	Prof. Dr. Tobias Viere	Wirtschaft und Recht
(8)	Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky	Technik

Institut für Smart Systems und Services – IoS³

(1)	Prof. Dr. Rebecca Bulander	Technik
(2)	Prof. Dr. Maxim Dolgov	Technik
(3)	Prof. Dr. Benno Dömer	Technik
(4)	Prof. Dr. Rainer Drath	Technik
(5)	Prof. Dr. Manuel Fritz	Wirtschaft und Recht

⁸ Ab November 2025

(6)	Prof. Dr. Thomas Greiner (Leiter)	Technik
(7)	Prof. Dr. Alexander Hetznecker	Technik
(8)	Prof. Dr. Bernhard Kölmel (Stellvertretender Leiter)	Technik
(9)	Prof. Dr. Stefan Kray	Technik
(10)	Prof. Dr. Ansgar Kühn	Technik
(11)	Prof. Dr. Steffen Reichel	Technik
(12)	Prof. Dr. Guido Sand	Technik
(13)	Prof. Dr. Norbert Schmitz	Technik
(14)	Prof. Dr. Thomas Schuster	Wirtschaft und Recht
(15)	Prof. Dr. Sascha Seifert	Technik
(16)	Prof. Dr. Raphael Volz	Technik
(17)	Prof. Dr. Peter Weiß	Wirtschaft und Recht

Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT

(1)	Prof. Dr. Andreas Baum (Stellvertretender Leiter)	Technik
(2)	Prof. Dr. Volker Biehl	Technik
(3)	Prof. Dr. Matthias Golle	Technik
(4)	Prof. Dr. Ulrich Heinen	Technik
(5)	Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Norbert Jost ⁹	Technik
(6)	Prof. Dr. Kai Oßwald (Leiter)	Technik
(7)	Prof. Dr. Tobias Preckel	Technik
(8)	Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky	Technik

Schmucktechnologisches Institut – STI

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

Institut für Personalforschung – IfP

⁹ Mitglied und Institutsleiter bis 28.02.2025, in Ruhestand

(1)	Prof. Dr. Cathrin Eireiner (Stellvertretende Leiterin)	Wirtschaft und Recht
(2)	Prof. Dr. Stephan Fischer (Leiter)	Wirtschaft und Recht
(3)	Prof. Dr. Anja Schmitz ¹⁰	Wirtschaft und Recht
(4)	Prof. Dr. Markus-Oliver Schwaab	Wirtschaft und Recht
(5)	Prof. Dr. Carsten Weber	Wirtschaft und Recht

Institute for Smart Bicycle Technology – ISBT

(1)	Prof. Dr.-Ing. Stefan Hillenbrand	Technik
(2)	Prof. Dr.-Ing. Peter Kohmann	Technik
(3)	Prof. Dr.-Ing. Ingolf Müller (Stellvertretender Leiter)	Technik
(4)	Prof. Dr.-Ing. Martin Pfeiffer	Technik
(5)	Prof. Dr.-Ing. Marcus Simon ¹¹	Technik
(6)	Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Wrede (Leiter)	Technik

Institute for Human Engineering & Empathic Design – HEED

(1)	Prof. Dr.-Ing. Werner Engeln (Leiter)	Technik
(2)	Prof. Dr. phil. Thomas Hensel (Leiter)	Gestaltung
(3)	Prof. Dr.-Ing. Sven Schimpf (Leiter)	Gestaltung

Institut für Verbraucherforschung und nachhaltigen Konsum – vunk

(1)	Prof. Dr. Hanno Beck	Wirtschaft und Recht
(2)	Prof. Dr. Margarita Bidler (Leiterin)	Wirtschaft und Recht
(3)	Prof. Dr. Dr. Tobias Brönneke ¹²	Wirtschaft und Recht
(4)	Prof. Dr. Felix Buchmann	Wirtschaft und Recht
(5)	Prof. Dr. Svenja Buckstegge	Wirtschaft und Recht
(6)	Prof. Dr. Thomas Cleff	Wirtschaft und Recht

¹⁰ Mitglied bis 31.08.2025

¹¹ Mitglied seit 01.07.2025

¹² Institutsleiter bis November 2025, in Ruhestand ab 2026

(7)	Prof. Dr. Ulrich Föhl	Wirtschaft und Recht
(8)	Prof. Dr. Simone Harriehausen	Wirtschaft und Recht
(9)	Prof. Dr.-Ing. Peter Heidrich	Technik
(10)	Prof. Dr. Ulrich Jautz	Wirtschaft und Recht
(11)	Prof. Dr. Sibylle Klose	Gestaltung
(12)	Prof. Dr. Steffen Kroschwald (Leiter)	Wirtschaft und Recht
(13)	Prof. Dr. Martin Leroch	Wirtschaft und Recht
(14)	Prof. Dr. Yasmin Merz	Wirtschaft und Recht
(15)	Prof. Gabriele Naderer ¹³	Wirtschaft und Recht
(16)	Prof. Dr. Frank Niemann	Technik
(17)	Prof. Dr. Ralph Schmitt	Wirtschaft und Recht
(18)	Prof. Dr. Anja Spilski	Wirtschaft und Recht
(19)	Prof. Dr. Jürgen Volkert	Wirtschaft und Recht
(20)	Prof. Dr. Andreas Willburger	Wirtschaft und Recht

2.3 Persönliche Mitglieder des IAF

(1)	Prof. Dr. Guy Fournier	Technik
(2)	Prof. Dr. Silke Helmerdig	Gestaltung
(3)	Prof. Dr. Jasmin Mahadevan	Technik
(4)	Prof. Dr. Ute Marx	Technik
(5)	Prof. Dr. Heiko Thimm	Technik
(6)	Prof. Dr. Jörg Tropp	Wirtschaft und Recht
(7)	Prof. Dr. Roland Wahl	Technik
(8)	Prof. Dr. Nadine Walter	Wirtschaft und Recht
(9)	Prof. Dr. Dirk Wentzel	Wirtschaft und Recht

¹³ Mitglied bis 31.08.2025, in Ruhestand

4 Publikationen

4.1 Peer-Review-Publikationen (=90)

4.1.1 Beiträge aus Journals in Master Journal List (Clarivate), Scopus, DOAJ und COPE (=62)

1. Address, A., Shilo, D., Glass, B., Paskovitch, Y., **Burkhardt, C.**, Vogel, L., Rabkin, E., & Faran, E. (2025). Additive Manufacturing of Ni–Ti SMA by the Sinter-Based Mold-Jet Method. *Shape Memory and Superelasticity*, 11(1), 89–99. <https://doi.org/10.1007/s40830-025-00522-3>
2. **Anello, M., Kölmel, B., & Waidelich, L.** (2025). From Tradition to Transformation: Development of an Approach for Business Model Adaptation in Automotive Supplier SMEs. *Digital Technologies Research and Applications*, 4(2), 142–16. <https://doi.org/10.54963/dtra.v4i2.1190>
3. **Araujo, J. B., Nolte, A., Berg, H., Dittrich, M., Greiff, K., Plociennik, C., Pomp, A., & Viere, T.** (2025). A Typology for Circular Economy Data. *Journal of Circular Economy*, 3(1), insg. 23 Seiten. <https://doi.org/10.55845/UXBM6358>
4. Atayev, A., Caspari, G., Hillenbrand, A., & **Klein, T.** (2025). Mit Ungeduld zu besseren Subventionen für umweltfreundliche Produkte. *Wirtschaftsdienst*, 105(6), 466–470. <https://doi.org/10.2478/wd-2025-0117>
5. **Auer, M., & Woidasky, J.** (2025). Particle Size Distribution and Fluorescence Patterns of Tracer Additives in Polymers. *Particle & Particle Systems Characterization*, 42(12), e00095, insg. 9 Seiten. <https://doi.org/10.1002/ppsc.202500095>
6. **Auer, M., Schmidt, J., & Woidasky, J.** (2025). Effects of Fluorescent Tracer Additives on PET During Material Recycling. *Journal of Applied Polymer Science*, 142(10), e56574, insg. 12 Seiten. <https://doi.org/10.1002/app.56574>
7. **Bachert, M., Schmid, S., & Woidasky, J.** (2025). Regional Organic Food in Out-of-Home Catering: Results of a Field Study in Southwest Germany. *World*, 6(2), 82, insg. 31 Seiten. <https://doi.org/10.3390/world6020082>
8. Bausch, M., & **Mahadevan, J.** (2025). A phenomenon-based approach to handling multiple paradigms: Investigating power in international knowledge transfer through active categorization. *International Journal of Cross Cultural Management*, 25(2), 285–314. <https://doi.org/10.1177/14705958241289218>
9. **Bremser, K., Abraham, V., Shaked, O., & Medeiros, M.** (2025). Exploring the Antecedents and Consequences of Vicarious Animosity: An International Perspective on Russia's Invasion of Ukraine. *SAGE Open*, 15(3), 21582440251364581, insg. 17 Seiten. <https://doi.org/10.1177/21582440251364581>
10. **Bremser, K., Wüst, K., Dobelmann, A., & Abraham, V.** (2025). Did someone say cookies?—The effect of health warning labels on the intention to consume cookies. *Journal of Public Health*, insg. 14 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s10389-025-02570-6>

11. Burkhardt, F., Berja, A., **Grau, L.**, Kreča, M., Krasniqi, L., Podmiljšak, B., Žužek, K., **Burkhardt, C.**, Kobe, S., Quesada, A., & Tomše, T. (2025). A Rapid Consolidation Route for Recycled NdFeB Powders and the Role of Particle Shape in Grain Growth. *Materials*, 18(21), 5029, insg. 16 Seiten. <https://doi.org/10.3390/ma18215029>
12. Caamaño-Franco, I., Pérez-García, A., Muíño-Sar, B., & **Bremser, K.** (2025). The role of print media in shaping thermal wellness tourism: Comparative analysis of Baden Baden and Orense. *International Journal of Spa and Wellness*, 8(3), 426–450. <https://doi.org/10.1080/24721735.2025.2524660>
13. Cascadden, M., Heales, K., Kingston, M., **Heidak, P.**, & Jennings, P. D. (2025). Hybridizing Sustainability Metric Applications with Local Stakeholder Inputs: A life cycle assessment with a co-design demonstration. *Organization Studies*, 46(5), 693–720. <https://doi.org/10.1177/01708406241310004>
14. **Drath, R.**, **Hildebrandt, G.** & Prinz, J. (2025). Standardisierung digitaler Informationsmodelle. Teil 1: Anforderungen für die Erstellung und Etablierung standardisierter digitaler Informationsmodelle für das Engineering. *atp magazin*, 5, 58-68. <https://doi.org/10.17560/atp.v67i5.2780>
15. **Drath, R.**, **Hildebrandt, G.** & Prinz, J. (2025). Standardisierung digitaler Informationsmodelle. Teil 2: Effizientes Publizieren, Versionieren und Etablieren semantischer Engineering-Modelle am Beispiel von AutomationML. *atp magazin*, 6-7, 62-73. <https://doi.org/10.17560/atp.v67i6-7.2781>
16. **Duffner-Korbee, D.**, **Naderer, G.**, **Nemoto, E. H.**, **Liebhauser, N.**, **Föhl, U.**, & **Fournier, G.** (2025). Understanding the public acceptance of automated minibuses: A market segmentation analysis across European cities. *European Transport Studies*, 2, 100015, insg. 12 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.ets.2025.100015>
17. **Ferencz, M.**, **Drath, R.**, & **Dömer, B.** (2025). Analysis of Performance Limitations of a Widely Used Lung Simulator. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 11(1), 377–380. <https://doi.org/10.1515/cdbme-2025-0196>
18. **Ferencz, M.**, **Drath, R.**, & **Dömer, B.** (2025). Simulation of upper airway flow-limitations in sleep therapy bench testing. *Journal of Biomechanics*, 193, 112998, insg. 6 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2025.112998>
19. **Föhl, U.**, **Sander, F.**, **Walter, N.**, & **Zimmermann, L. M.** (2025). Beyond Gender Stereotypes! The Impact of Femvertising on Brand Attitude and the Moderating Role of Product Gender and Attitude Toward Feminism. *Journal of Promotion Management*, 31(4), 711–742. <https://doi.org/10.1080/10496491.2025.2508148>
20. Fritz, B., & **Schmidt, M.** (2025). Climate Change vs. Circular Economy: Challenges of the Most Common Route for Recycling Gold from WEEE. *Sustainability*, 17(5), 2086, insg. 15 Seiten. <https://doi.org/10.3390/su17052086>
21. Fritz, B., & **Schmidt, M.** (2025). Gold from copper mining as a case study for allocation in life cycle assessment. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 5(2), 025017, insg. 13 Seiten. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ade473>
22. **Gerth, M.**, **Kohmann, P.**, & Senner, V. (2025). Algorithm for correcting sensor rotation during suspension movement of a two-wheeled vehicle. *Sports Engineering*, 28, 29, insg. 9 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s12283-025-00506-7>

23. **Goehlich, V.** & Martin-Thiriet, D. (2025). Les couples mixtes franco-allemands : l'interculturalité dans la sphère privée. *Synergies pays germanophones*, 18, 61–92. https://gerflint.fr/images/revues/Paysgermanophones/SPG_18/goehlich_martin.pdf
24. **Grau, L.**, Burkhardt, F., **Moll, N.**, **Rathfelder, S.**, Kobe, S., & **Burkhardt, C.** (2025). Effects of Contamination on the Recyclability of NdFeB Permanent Magnets via Short-Loop Processing: Review of Common Contaminants and Study on Ni Coating Residues. *Recycling*, 10(6), 200, insg. 16 Seiten. <https://doi.org/10.3390/recycling10060200>
25. **Greilich, A.**, **Bremser, K.**, & **Wüst, K.** (2025). Consumer Response to Anthropomorphism of Text-Based AI Chatbots: A Systematic Literature Review and Future Research Directions. *International Journal of Consumer Studies*, 49(5), e70108, insg. 22 Seiten. <https://doi.org/10.1111/ijcs.70108>
26. **Haas, F.**, **Schätter, F.**, & **Eckstein, C.** (2025). The long-term change of the supply chain environment: Scenarios and implications. *Technology Analysis & Strategic Management*, insg. 15 Seiten. <https://doi.org/10.1080/09537325.2025.2569772>
27. **Heidak, P.**, Isbert, A.-M., Haas, S., & **Schmidt, M.** (2025). Integration of Recent Prospective LCA Developments into Dynamic LCA of Circular Economy Strategies for Wind Turbines. *Energies*, 18(10), 2509, insg. 21 Seiten. <https://doi.org/10.3390/en18102509>
28. Henle, R., Talei, R., Eich, S. M., **Kött, S.**, Dölling, J., Nandi, G., Zilly, A., Prahl, U., & Schmitz, G. (2025). Precipitation and strengthening mechanisms in Cu-0.27wt.% Sc alloy: Linking thermomechanical treatment, microstructure and properties. *Materials Science and Engineering: A*, 945, 149022, insg. 17 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2025.149022>
29. **Khan, A.**, König, T., **Hetznecker, A.**, & **Greiner, T.** (2025). Enhanced Hybrid Neuro-Symbolic AI for External Magnetic Interference Classification in Magnetostrictive Position Sensors. *IEEE Sensors Journal*, 25(5), 9121–9129. <https://doi.org/10.1109/jsen.2025.3529660> oder <https://ieeexplore.ieee.org/document/10847716/authors#authors>
30. Klink, A., Welschhof, L., **Oßwald, K.**, & Herrig, T. (2025). Spatially resolved wire EDM discharge analysis for dynamic part strength evaluation. *CIRP Annals*, 74(1), 239–243. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2025.04.076>
31. **Kölmel, B.**, **Bulander, R.**, **Waidelich, L.**, **Schmerber, L.**, **Fischer, L.**, & **Moussaref, A.** (2025). The Role of the Platform Economy in Transforming Automotive Suppliers: A Case Study of the Northern Black Forest. *Platforms*, 3(2), 9, insg. 21 Seiten. <https://doi.org/10.3390/platforms3020009>
32. Kortsch, T., **Schmitz, A.**, Decius, J., & Lorber, A. (2025). Does learning empowerment matter? Development and initial validation of the work-related learning empowerment scale. *Organisationsberatung, Supervision, Coaching*, 32(3), 363–381. <https://doi.org/10.1007/s11613-025-00953-y>
33. Kumar, M., Bhutia, Y., **Varma, G. R.**, Joseph, G., & Krishnaswamy, J. (2025). Role of transpiration in modulating ecosystem services in secondary tropical montane forests of Eastern Himalaya in India. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 25(2), 277–291. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2024.04.001>

34. **Mahadevan, J.** (2025). Intercultural training as paradigm juxtaposition, and the need to differentiate critical cross-cultural management studies: The example of 'managing Muslim minorities at work'. *International Journal of Cross Cultural Management*, 25(2), 335–358. <https://doi.org/10.1177/14705958241287702>
35. **Mahadevan, J., Stärkle, A., Bacher, L., Bernhardt, E., Burghardt, R., Hammer, M., Mohaupt, M., Seifert, J., Vögele, J. A., Bense, F., Diehm, R., Goroll, F., Metzler, S., & Schoss, T.** (2025). Have German leaders become 'sentimental'? A qualitative study of novel leadership practices and expectations since COVID. *International Journal of Cross Cultural Management*, 25(1), 31–54. <https://doi.org/10.1177/14705958241297534>
36. **Marx, U.**, & Oey, M. (2025). NMR spectroscopy for mixture analysis – both a blessing and a curse: Dissecting cell growth media as an example. *Australian Journal of Chemistry*, 78(11), CH25117, insg. 12 Seiten. <https://doi.org/10.1071/CH25117>
37. McNamara, S., & **Klein, T.** (2025). Folgen (zu) früher Leistungsdifferenzierung: Lehren aus Ungarn für das deutsche Schulsystem. *Wirtschaftsdienst*, 105(9), 671–678. <https://doi.org/10.2478/wd-2025-0170>
38. **Meier, D., Bandel, T., Bailli, A., & Dömer, B.** (2025). Effects of Wrist Sensor Placement on PPG Signal Quality. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 11(1), 555–558. <https://doi.org/10.1515/cdbme-2025-0241>
39. Mostafa, A. M. S., Yalabik, Z. Y., Eyiusta, C. M., Zaharie, M., & **Ozcelik, G.** (2025). Mistreated but Still Resilient! Unraveling the Role of Servant Leadership in Mitigating the Adverse Consequences of Care Recipients' Incivility. *Human Resource Management*, 64(1), 99–115. <https://doi.org/10.1002/hrm.22251>
40. **Noll, B., & Wolf, S.** (2025). Community Health Nurses – Arbeitsteilung neu denken. *Public Health Forum*, 33(4), 300–302. <https://doi.org/10.1515/pubhef-2025-0092>
41. Oey, M., **Marx, U.**, Schirra, H. J., Ross, I. L., Parton, R. G., Hankamer, B., & Lo, H. P. (2025). Co-Cultivation With New Glucose-Sparing Chlorella Algae Boosts Tissue Culture Efficiency by Reducing Cell Waste. *Biotechnology Journal*, 20(7), e70067, insg. 13 Seiten. <https://doi.org/10.1002/biot.70067>
42. Olczyk, M., Daniel, A., Glinka, H., & **Werner, K.** (2025). Social and Migration-Related Inequalities at the Transition from Primary to Lower Secondary Education in Germany: The Role of Parents' Knowledge of the Education System. *Kölner Zeitschrift Für Soziologie Und Sozialpsychologie*, 77(3), 355–391. <https://doi.org/10.1007/s11577-025-01018-9>
43. Primecz, H., & **Mahadevan, J.** (2025). Intersectionality as a conceptual lens for advancing diversity, equity and inclusion in international business studies: Newer developments from critical cross-cultural management studies and their insights for the business case. *Critical Perspectives on International Business*, 21(1), 59–75. <https://doi.org/10.1108/cpoib-04-2022-0034>
44. **Pruhs, A., Kusch, A., Bezerra De Araujo, J., Hummen, T., Mendgen, R., Viere, T., & Woidasky, J.** (2025). Implementation of Circular Design Principles in Industrial Product Development. *Journal of Circular Economy*, 3(3), 491–513. <https://doi.org/10.55845/IRVU6231T2026>

45. **Rathfelder, S.**, Schuschnigg, S., Kukla, C., Holzer, C., Suess, D., & **Burkhardt, C.** (2025). Process optimization to produce anisotropic NdFeB permanent magnets from recycled powder via powder extrusion. *Scientific Reports*, 15(1), 35284, insg. 18 Seiten. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-19111-6>
46. **Rathfelder, S.**, Schuschnigg, S., Kukla, C., Holzer, C., Suess, D., & **Burkhardt, C.** (2025). Production of Anisotropic NdFeB Permanent Magnets with In Situ Magnetic Particle Alignment Using Powder Extrusion. *Materials*, 18(15), 3668, insg. 23 Seiten. <https://doi.org/10.3390/ma18153668>
47. Roos, D., Schlegel, D., & **Kraus, P.** (2025). Adopting artificial intelligence in accounting: Prerequisites and applications. *Journal of Electronic Business & Digital Economics*, 4(2), 374–384. <https://doi.org/10.1108/JEBDE-03-2025-0023>
48. Rüdele, K., Schnaitter, V., **Viere, T.**, Väisänen, S., & Wolf, M. (2025). Empirical perspectives on approaches to teach life cycle assessment in higher education. *Discover Sustainability*, 6(1), 631, insg. 38 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01529-7>
49. **Rudolf, M.**, & **Schmidt, M.** (2025). Efficiency, sufficiency and consistency in sustainable development: Reassessing strategies for reaching overarching goals. *Ecological Economics*, 227, 108426, insg. 10 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108426>
50. Saksida, Č., Rebernik, M., Tomše, T., Péter, L., **Burkhardt, C.**, **Schieren, L.**, Samardžija, Z., & Žužek, K. (2025). Electrochemical Insights into Copper Electrodeposition on Nd₂Fe₁₄B Grains: A Proof-of-Concept Study. *Journal of The Electrochemical Society*, 172(2), 022505, insg. 9 Seiten. <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1945-7111/adb339/pdf> oder <https://doi.org/10.1149/1945-7111/adb339>
51. **Schieren, L.**, Semsari Parapari, S., Tomše, T., Žužek, K., Šturm, S., Kobe, S., & **Burkhardt, C.** (2025). Evaluating citric acid as a selective leaching agent to extract Nd₂Fe₁₄B matrix phase from end-of-life magnets. *Journal of Rare Earths*, 43(11), 2538–2550. <https://doi.org/10.1016/j.jre.2025.04.020>
52. Schindler, V., Kohlhase, M., **Hottenroth, H.**, & **Tietze, I.** (2025). Closing data gaps with emission factors: A general method applied to EPDs in Brightway. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, insg. 16 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s11367-025-02566-0>
53. **Schmid, M.**, **Tietze, I.**, **Senk, M.-K.**, Jorschick, H., **Apitzsch-Delavault, M.**, & **Schmidt, M.** (2025). The hydrogen dilemma: An industrial site-specific case study on the transformation pathway toward renewable hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 161, 150660, insg. 16 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.150660>
54. **Schmidt, M.**, & **Heidak, P.** (2025). Intertemporal Allocation of Recycling for Long-Lived Materials from Energy Infrastructure. *Energies*, 18(13), 3393, insg. 17 Seiten. <https://doi.org/10.3390/en18133393>
55. Schmitt, C. W., Dodd, L. J., **Walz, J. K.**, **Deterding, L.**, Lott, P., Grimm, A. P., Shaver, M. P., Hasell, T., & Théato, P. (2025). A critical review on the sustainability of inverse vulcanised polymers. *RSC Sustainability*, 3(10), 4190–4227. <https://doi.org/10.1039/D5SU00387C>

56. Schüller, A., Auer, M., Klose, A., Riester, M., Maurer, F., Tauchnitz, T., **Drath, R.**, & Barth, M. (2025). Engineering in der Prozessindustrie mit der Verwaltungsschale: Teil 3: Erste Erfolgserlebnisse und notwendige Hausaufgaben. *atp magazin*, 67(11–12), 52–63. <https://doi.org/10.17560/atp.v67i11-12.2793>
57. **Thimm, H.**, & **Schmidt, V.** (2025). Predictive modeling of major polluters based on the German PRTR emissions data. *Discover Sustainability*, 6, 634, insg. 19 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01541-x>
58. **Tietze, I.**, **Lang-Koetz, C.**, **Vogt, A.**, **Preiss, P.**, Schühle, D., Poboß, N., Almeyra Diaz, P., Krutwig, M., & Haubach, C. (2025). Handlungsempfehlungen für integratives Ressourceneffizienzmanagement in KMU der chemischen Industrie. *Chemie Ingenieur Technik*, 97(10), 1017–1025. <https://doi.org/10.1002/cite.70003>
59. **Tropp, J.**, & Baetzgen, A. (2025). Why do users follow sponsored influencer content Toward a deeper understanding of consumption-related user motivations. *International Journal of Internet Marketing and Advertising*, 22(3), 286–312. <https://doi.org/10.1504/IJIMA.2025.146384>
60. **Vogt, A.**, **Tietze, I.**, **Preiss, P.**, & **Lang-Koetz, C.** (2025). Tracking resource efficiency and circular economy performance—CERE-indicators for small and medium-sized companies. *Sustainability Nexus Forum*, 33(1), 6, insg. 17 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s00550-025-00564-2>
61. **Wohlfarth, V.**, Kway, Y. M., Sood, A., Jeon, Y. S., Chong, L. R., **Marx, U.**, Tay, J., Eriksson, J. G., Bendahan, D., Michel, C. P., Sadananthan, S. A., & Velan, S. S. (2025). Deep learning-based framework for comprehensive quantification of thigh and calf muscles and adipose tissues from MRI. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, insg. 14 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s10334-025-01308-5>
62. **Wüst, K.**, & **Bremser, K.** (2025). Artificial Intelligence in Tourism Through Chatbot Support in the Booking Process—An Experimental Investigation. *Tourism and Hospitality*, 6(1), insg. 18 Seiten. <https://doi.org/10.3390/tourhosp6010036>

4.1.2 Beiträge mit Aufnahmeantrag in die AGQ-Liste (=5)

63. **Koelmel, B.**, **Brysch, T.**, & **Bulander, R.** (2025). Transformation of the automotive industry: A systematic literature review on the technological drivers of transformation. *Design+*, 2(1), 4445, insg. 17 Seiten. <https://doi.org/10.36922/dp.4445>
64. **Kölmel, B.**, **Brugger, T.**, **Pekmezci, M.**, Pereira, C., **Bulander, R.**, & **Volz, R.** (2025). Achieving the “AI sweet spot”: Balancing feasibility, viability, and desirability in Artificial Intelligence Implementation. *International Journal of Economics, Business and Management Studies*, 12(1), 17–49. <https://onlinesciencepublishing.com/index.php/ijebms/article/view/1445> oder <https://doi.org/10.55284/ijebms.v12i1.1445>
65. **Kraus, P.**, **Vinke, L.**, **Buchner, M.**, Schlegel, D., & Feierabend, D. (2025). Valuation of tech startups: An exploratory analysis of challenges. *SAM Advanced Management Journal*, 90(4), 376–396. <https://doi.org/10.1108/SAMAMJ-04-2025-0027>

66. **Schimpf, S.** (2025). How will we innovate in the future? A comparison of science fiction-inspired foresight with other methodologies: *Marché et organisations*, 52(1), 55–70. <https://doi.org/10.3917/maorg.052.0055>
67. **Thimm, H. & Schmidt, V.** (2025). A Straight Forward Method to Analyze the Variation Dynamics of Corporate Top Polluter Rankings Exemplified Through the German PRTR Register. *Journal of Earth & Environment Science*, 4(1), 1-9. <https://www.cmjpublishers.com/abstract-jees-e136/>

4.1.3 Beiträge aus Proceedings mit einem h5-Index ≥ 30 bei Google Scholar oder mit A*, A oder B im ICORE-Index gerankt oder aus Proceedings, die als Conference Series in der Scopus Source List indexiert sind (=19)

68. **Blankenbach, K., Alauddin, A., & Reichel, S.** (2025). Switchable Privacy: Optical Measurements and Evaluation for Safe Driving. *SID Symposium Digest of Technical Papers, 2025 International Conference on Display Technology (ICDT 2025)*, 56(S1), 134–137. <https://doi.org/10.1002/sdtp.18744>
69. **Blankenbach, K., Alauddin, A., Civanlar, B., & Reichel, S.** (2025). Switchable Privacy Displays with Liquid Crystals and Collimated Backlight: Techniques and Measurements. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 56(1), 862–865. <https://doi.org/10.1002/sdtp.18305>
70. Dittler, D., Frank, P., **Hildebrandt, G.**, Peterson, L., Jazdi, N., & Weyrich, M. (2025). Model-Based Control for Power-to-X Platforms: Knowledge Integration for Digital Twins. *2025 IEEE 30th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ETFA65518.2025.11205688>
71. **Drath, R.** (2025). AML-ID – concept and implementation of semantic matching with AutomationML. *2025 IEEE 30th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ETFA65518.2025.11205563>
72. **Drath, R.**, & Hoffmann, D. (2025). AutomationML Library Space: A concept for sharing and versioning Engineering Data Models. *2025 IEEE 30th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/ETFA65518.2025.11205529>
73. **Hildebrandt, G., Drath, R.**, & Weyrich, M. (2025). Flexible Data Integration Pipelines in Digital Twins using LLMs. *IFAC-PapersOnLine*, 59(25), 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2025.11.942>
74. **Hildebrandt, G., Drath, R.**, & Weyrich, M. (2025). Requirements on Data Processing for Simulation Models in connected Industrial Digital Twins. *2025 IEEE 30th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ETFA65518.2025.11205596>
75. **Khan, A., Hetznecker, A., Drath, R., & Greiner, T.** (2025). Self-Monitoring and Self-Adjustments in Magnetostrictive Position Sensors with Hybrid-AI. In *2025 IEEE 30th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ETFA65518.2025.11205566>

76. **Khan, M. N., & Greiner, T.** (2025). Neurosymbolic Artificial Intelligence for Printed Circuit Board Fault Detection. 2025 10th International Conference on Machine Learning Technologies (ICMLT), 116–124. <https://doi.org/10.1109/ICMLT65785.2025.11193308>
77. **Kray, S., Gerlich, M., Schmid, A., & Greiner, T.** (2025). Suppressing High-Intensity Surgical Light in Multispectral Imaging. In Z. Huang & L. D. Lilge (Hrsg.), *Translational Biophotonics: Diagnostics and Therapeutics IV* (Proceedings volume 13934), insg. 3 Seiten. <https://doi.org/10.1117/12.3097783>
78. **Kray, S., Schmid, A., Wisotzky, E. L., Gerlich, M., Apweiler, S., Hilsmann, A., Greiner, T., Eisert, P., & Kneist, W.** (2025). Intraoperative perfusion assessment by continuous, low-latency hyperspectral light-field imaging: Development, methodology, and clinical application. In C. Boudoux & J. W. Tunnell (Hrsg.), *Advanced Biomedical and Clinical Diagnostic and Surgical Guidance Systems XXIII* (Proceedings volume 13306), insg. 6 Seiten. <https://doi.org/10.1117/12.3042238>
79. **Messal, D., Schätter, F., Morelli, F. & Haas, F.** (2025). Case-Centric And Object-Centric Process Mining: A Use Case For Supply Chain Resilience Management. In Scarpa et al (Hrsg.), *Communications of the ECMS: Proceedings of the 39th ECMS International Conference on Modelling and Simulation ECMS 2025*, 39(1), 427-433. <https://www.scs-europe.net/conf/ecms2025/ecms2025proceedings.pdf>
80. Oppold, S., **Fritz, M.**, & Woltmann, L. (2025). Data Contracts to Leverage (De-)centralized Data Management in Manufacturing Industries: An Experience Report. In M. Klettke et al. (Hrsg.), *Lectures Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik* (Volume P-361, S. 731-743). <https://dl.gi.de/bitstreams/c15969f4-ebba-4c26-942c-64e1a92b6fa5/download> oder <https://doi.org/10.18420/BTW2025-39>
81. **Oßwald, K., Hetznecker, A., Kolhe, P., & Becker, J.** (2025). Analysis of Discharge Location in Drilling EDM. *Procedia CIRP*, 137, 228–233. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.03.075>
82. **Özbek, D., Bulander, R., Morelli, F., & Kölmel, B.** (2026). A Hybrid Approach Combining Robotic Process Automation and Artificial Intelligence to Automate Unstructured Business Processes. In A. Emrouznejad, S. Hammoudi, & F. Wijnhoven (Hrsg.), *Smart Business Technologies. ICSBT 2025* (Bd. 2666, S. 229–249). Springer Nature Switzerland. ICSBT International Conference on Smart Business Technologies. ISSN: 2184-772X. https://doi.org/10.1007/978-3-032-08614-3_14
83. **Schuster, T., Waidelich Falk, L., Schneider, A. & Lambert, M.** (2025). Risk Classification and Compliance of AI Systems under the EU AI Act. In *Americas Conference on Information Systems (AMCIS) 2025 Proceedings*, 17. Insg. 10 Seiten. https://aisel.aisnet.org/amcis2025/sig_sec/sig_sec/17
84. Spilski, J., **Spilski, A.**, & Lachmann, T. (2025). “The Trust in AI-Mix: Technical, Legal and Ethical Requirements as well as Psychology”. 2025 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events (PerCom Workshops), 219–224. <https://doi.org/10.1109/PerCom-Workshops65533.2025.00068>

85. **Thimm, H., & Schmidt, V.** (2025). Predicting the Annual Dirty Ten Based on Open Data about Pollution Releases. In V. Wohlgemuth et al. (Hrsg.), *EnviroInfo 2025. Lecture Notes in Informatics (LNI)*. Gesellschaft für Informatik, S. 99–108. https://doi.org/10.18420/ENV2025_8 oder <https://dl.gi.de/server/api/core/bitstreams/41956da1-52a9-444d-bfd4-7fad66555e48/content>
86. **Weller, M. A., & Martin, L.** (2025). Assessing Contexts of Inventions: An Explorative Study in South Korea. In R. Zimmermann, J. C. Rodrigues, A. Simoes, & G. Dalmarco (Hrsg.), *Human-Centred Technology Management for a Sustainable Future. IAMOT 2024. Springer Proceedings in Business and Economics*, (S. 109–117). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-72490-9_11

4.1.4 Monografien in anerkannten Fachverlagen (DOAB, Web of Science, Scopus, ARSV, Fachportal Pädagogik) (=4)

87. **Echle, E.** (2025). *Poetik des Verschwindens: Ruinen, Corona, Lost Places und die Modellierung von Zeit*. Berlin: Neofelis Verlag. Insg. 83 Seiten. ISBN: 978-3-95808-436-0. <https://d-nb.info/131293493X> oder https://neofelis-verlag.de/media/pdf/90/9b/75/Poetik-des-Verschwindens_Leseprobe.pdf
88. **Hensel, T.** (2025). *Albrecht Dürers Traumgesicht von 1525: Ein Bildexperiment zwischen Kontingenz und Kalkül*. Heidelberg: arthistoricum.net. Insg. 166 Seiten. ISBN: 978-3-98501-338-8. <https://doi.org/10.11588/ARTHISTORICUM.1575>
89. Hughes, A., Zhong, S., Crang, M., Zeng, G., **Fastoso, F.**, Gonzalez Jimenez, H., & Doherty, B. (2025). *Sustainable Food Consumption in China: Changing Foodscapes, Values, and Practices* (1. Aufl.). New York: Routledge. Insg. 206 Seiten. ISBN: 978-1032528076. <https://doi.org/10.4324/9781003408505>
90. **Weber, C.**, & Meyer, N. (2025). *Die Gestaltung von Lohnsteuerbegünstigten Vergütungsbestandteilen. Als Personamanager steuerbegünstigte Vergütung nutzen und gestalten*. Wiesbaden: Springer Gabler. Insg. 63 Seiten. ISBN: 978-3-658-50288-1. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-50289-8>

4.2 Dissertationen (=3)

91. **Auer, M.** (2025). *Physical Principles and Effects of Fluorescence Tracers in the Circular Economy of Plastics*. Insg. 61 Seiten. Pirna: Eigenverlag des Forums für Abfallwirtschaft und Altlasten e. V. ISBN: 978-3-947923-13-7. urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-1004579
Arbeitsschwerpunkt an der Hochschule: **Nachhaltige Produktentwicklung**
Betreuer: Prof. Dr. Christina Dornack, Technische Universität Dresden und Prof. Dr. Jörg Woidasky, Hochschule Pforzheim. Maximilian Auer - Mitarbeiter der Hochschule Pforzheim

92. **Bhatti, F.** (2025). FPGA Hardware Design for 3D Depth Estimation Algorithms. Insg. 170 Seiten. München: Dr. Hut. ISBN: 978-3-8439-5572-0. <https://dnb.info/1359955747>
Arbeitsschwerpunkt an der Hochschule: **Informationstechnik**
Betreuer: Prof. Dr. Oliver Bringmann, Universität Tübingen und **Prof. Dr. Thomas Greiner, Hochschule Pforzheim. Faraz Bhatti - Mitarbeiter der Hochschule Pforzheim und Stipendiat des Promotionskollegs EAES**
93. **Schmidt, P.** (2025). Bewertungen und Bewertungssysteme im Internet: Eine rechtliche Einordnung zu den Voraussetzungen, den Grenzen und dem Umgang mit bezahlten, gefälschten und anderen Bewertungen im elektronischen Geschäftsverkehr (1. Auflage). Insg. 377 Seiten. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. ISBN: 978-3-7560-2468-1. <https://doi.org/10.5771/9783748952121> oder <https://dnb.info/1364868180>.
Arbeitsschwerpunkt an der Hochschule: **Rechtswissenschaften**
Betreuer: Prof. Dr. Gerrit Hornung, LL.M., Universität Kassel und **Prof. Dr. Tobias Brönneke, Hochschule Pforzheim. Patrick Schmidt - Mitarbeiter der Hochschule Pforzheim**

4.3 Weitere wissenschaftliche Publikationen (=120)

4.3.1 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften, Sammelbänden, Fachbüchern, Herausgeberschaften etc. (=81)

94. **Araujo, J. B., Hinderer, H., Viere, T., & Woidasky, J.** (Hrsg.). (2025). Applied Circular Economy Engineering: Technologies and Business Solutions to Implement Circularity (1. Aufl.). Insg. 320 Seiten. Wiley. Print ISBN: 9783527353958. <https://doi.org/10.1002/9783527847358>
95. **Araujo, J., Hinderer, H., Viere, T., & Woidasky, J.** (2025). Challenges and Perspectives of Applying Circular Economy in Business and Engineering. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), Applied Circular Economy Engineering (1. Aufl., S. 3–18). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch01>
96. **Auer, M., Schmidt, J., & Woidasky, J.** (2025). Circular Economy of Polymers – Its Current State in Germany and Beyond. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), Applied Circular Economy Engineering (1. Aufl., S. 43–62). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch03>
97. **Kern, M., & Woidasky, J.** (2025). Circularity in the Healthcare Industry. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), Applied Circular Economy Engineering (1. Aufl., S. 97–110). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch06>
98. **Kuhn, P., De Araujo, J. B., Pruhs, A., Kusch, A., Bertagnolli, F., & Viere, T.** (2025). Circular Economy Indicators for Product Design – Calculation and Applicability. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), Applied Circular Economy Engineering (1. Aufl., S. 111–132). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch07>

99. **Pruhs, A., Kusch, A., Bertagnolli, F., Viere, T., & Woidasky, J.** (2025). Makigami of an Industrial Product Development Process: Use of a Lean Methodology to Integrate Sustainable and Circular Product Design. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), *Applied Circular Economy Engineering* (1. Aufl., S. 133–144). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch08>
100. **Thimm, H.** (2025). Digital Technologies for Enabling and Engineering the Circular Economy. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), *Applied Circular Economy Engineering* (1. Aufl., S. 171–196). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch11>
101. **Lang-Koetz, C., Wichert, P., & Deterding, L.** (2025). Finding Ideas for Sustainability-oriented Innovations: Using Circular Business Models for Innovation. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), *Applied Circular Economy Engineering* (1. Aufl., S. 199–218). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch12>
102. **Fohrenkamm, L., De Araujo, J., & Viere, T.** (2025). Circular Economy Business Models and Ecodesign Approaches in Practice – A Case Study Literature Review. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), *Applied Circular Economy Engineering* (1. Aufl., S. 219–234). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch13>
103. **Vogt, A., Tietze, I., Preiss, P., Lang-Koetz, C., & Hottenroth, H.** (2025). The IRMA Approach – Integrative Resource Efficiency Management in Small and Medium-sized Enterprises. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), *Applied Circular Economy Engineering* (1. Aufl., S. 235–252). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch14>
104. **Mahadevan, J.** (2025). Cultural and Cross-cultural Requirements of Circular Economy Engineering: Addressing Issues of Global Responsibility, Social Sustainability, and Ethics. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), *Applied Circular Economy Engineering* (1. Aufl., S. 255–276). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch15>
105. **Schmidt, M.** (2025). The Actual Goals and Limits of Circular Economy – A Critical Perspective. In J. B. Araujo, H. Hinderer, T. Viere, & J. Woidasky (Hrsg.), *Applied Circular Economy Engineering* (1. Aufl., S. 277–286). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527847358.ch16>
106. **Bacher, U. & Wüst, K.** (2025). Frankreich und Deutschland im Wettbewerb ihrer Aktienmärkte. *Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen*, 4, 196-200. https://www.wiso-net.de/document/ZFGK__c97df2f8644ca54e87b4a2808215763555a8d9ce
107. Baetzgen, A., & **Tropp, J.** (2025). The Self-Concept of Advertising Practice During Times of Technological and Social Disruption. In C. Boutsouki, L. Hatzithomas, A. Panopoulos, & M. K. J. Waiguny (Hrsg.), *Advances in Advertising Research XV* (S. 273–285). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-49114-7_19
108. **Beck, H.** & Prinz, A. (2025). Das Organspendedilemma. Wie kann die Politik die Zahl der Organspenden erhöhen? *WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium. Zeitschrift für Studium und Forschung*, 54(9-10), 17-25. <https://www.beck-elibrary.de/de/document/view/detail/uuid/b6497af9-dbd7-3799-8701-36a4a72685cc>

109. **Beck, H.**, & Prinz, A. (2025). Makroökonomie für Dummies. (2., aktualisierte Auflage). Weinheim: Wiley-VCH. Insg. 464 Seiten. ISBN: 978-3-527-72305-8. <https://dnb.info/1355350557>
110. Becker, M., van Beek, Alan Lena, Beil, B., Çakir, D. C., Eleslambouly, I., Ensslin, A., Fizek, S., Fritsch, M., **Hensel, T.**, Hoffmann, G., Höltingen, S., Inderst, R., Junge, J., Koubek, J., Möring, S., Neitzel, B., Nohr, R., Podrez, P., Rauscher, A., Rautzenberg, M., van Roessel, L., Schemer-Reinhard, T., Unterhuber, T., Walsdorff, F., Werning, S., & Winnerling, T. (2025). Positionspapier zur Etablierung einer Spielwissenschaft: „Zur Etablierung einer Spielwissenschaft: Potenziale, Perspektiven und institutionelle Anforderungen“. Paidia – Zeitschrift für Computerspielforschung, insg. 32 Seiten. <https://paidia.de/zur-etablierung-einer-spielwissenschaft/>
111. Bentele, G., & **Krebber, F.** (Hrsg.). (2025). Geschichte (in) der Unternehmenskommunikation: Zur Entstehung von Unternehmens- und Strategischer Geschichtskommunikation. Insg. 492 Seiten. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. eBook ISBN: 978-3-658-46573-5. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-46573-5>
112. **Krebber, F.** (2025). Geschichte in der Unternehmenskommunikation: Mediale Erscheinungsformen, gesellschaftliche Rahmenbedingungen und professionelle Praxis Strategischer Geschichtskommunikation. In G. Bentele & F. Krebber (Hrsg.), Geschichte (in) der Unternehmenskommunikation (S. 195–300). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46573-5_9
113. **Huck-Sandhu, S.** (2025). Von Kultur, Identität und Orientierung: Geschichte in der internen Unternehmenskommunikation. In G. Bentele & F. Krebber (Hrsg.), Geschichte (in) der Unternehmenskommunikation (S. 301–312). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46573-5_10
114. **Krebber, F.**, Asshoff, E., Graber, I., & Köster, L. A. (2025). Verantwortungsübernahme in der Strategischen Geschichtskommunikation: Gesellschaftliche Erwartungen an den Umgang mit Unternehmensgeschichte und die Kommunikation hierzu. In G. Bentele & F. Krebber (Hrsg.), Geschichte (in) der Unternehmenskommunikation (S. 313–330). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46573-5_11
115. **Krebber, F.**, Akman, M., Kloiber, P., & Wegerich, M.-T. (2025). Tradition und Arbeitgeberattraktivität: Empirische Befunde zu Unternehmensgeschichte in der Internen Kommunikation und im Employer Branding. In G. Bentele & F. Krebber (Hrsg.), Geschichte (in) der Unternehmenskommunikation (S. 331–347). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46573-5_12
116. **Krebber, F.**, Kenner, A., Mangold, I., & Michalski, M. (2025). Unternehmensgeschichte auf Corporate Websites: (Mangelnde) Selbstkritik und Verantwortungsübernahme. In G. Bentele & F. Krebber (Hrsg.), Geschichte (in) der Unternehmenskommunikation (S. 349–366). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46573-5_13
117. **Krebber, F.**, Bengel, S., Gremm, V., Just, F., & Maurer, S. (2025). Bezugnahme auf Unternehmensgeschichte und historische Ereignisse in der Wirtschaftsberichterstattung: Schlussfolgerungen für die Pressearbeit. In G. Bentele & F. Krebber (Hrsg.), Geschichte (in) der Unternehmenskommunikation (S. 367–388). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46573-5_14

118. **Krebber, F., & Hilmes, L.** (2025). Verantwortung für die Krise in der Unternehmensgeschichte: Analysen und Schlussfolgerungen für die heutige Kommunikation zu historischen Geschehnissen. In G. Bentele & F. Krebber (Hrsg.), *Geschichte (in) der Unternehmenskommunikation* (S. 389–411). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46573-5_15
119. Benzenhöfer, N., **Kraus, P., Buchner, M., & Schlegel, D.** (2025). A Critical Perspective on Contemporary Budgeting Practices in German Companies. In D. Vrontis, A. Thrassou, L. Efthymiou, Y. Weber, S. M. R. Shams, & E. Tsoukatos (Hrsg.), *Business in a Turbulent Era, Volume I* (S. 243–266). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-89798-6_11
120. **Binder, B. C. K. & Morelli, F.** (2025). Dashboard-Reporting: mit Process Mining zu einem performanten Supply Chain Controlling. *Controller Magazin*, 2, 58-63. https://www.wiso-net.de/document/COWI__62a0c17cd3db5dff-bbd63ce80390e85aacc192b6
121. **Binder, B. C. K. & Morelli, F.** (2025). Mit Digitalen Zwillingen den Budgetierungsprozess optimieren. *Dashboards und Process Mining für ein prozessorientiertes Performance Measurement. Industry 4.0 Science*, 41(2), 54-58. <https://industry-science.com/artikel/digitale-zwillinge-budgetierung/>
122. **Blankenbach, K.** (2025). Automotive Displays to Enter Panoramic Highway. *Information Display*, 41(5), 38–42. <https://doi.org/10.1002/msid.1613>
123. **Brändle, T.** (2025). Unions and Collective Bargaining: The Influence on Wages, Employment, and Firm Survival. In K. F. Zimmermann (Hrsg.), *Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics* (S. 1–40). Springer Nature Switzerland. ISBN: 978-3-319-57365-6. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57365-6_203-1
124. **Britzelmaier, B.** (2025). *Controlling: Grundlagen, Praxis, Handlungsfelder* (4., aktualisierte Auflage). München: Pearson. Insg. 618. ISBN: 978-3-86894-493-8. <https://dnb.info/135360926X>
125. Cassier-Woidasky, A.-K., **Zecha, F., Vielsack, A., Viere, T., & Woidasky, J.** (2025). Mit Kreislaufwirtschaft im Krankenhaus gegen die Klimakrise. Viele Ansätze, aber wenig Daten sowie weitere Hürden für ein wichtiges Zukunftsthema. *Dr. med. Mabuse. Zeitschrift für alle Gesundheitsberufe*, 50(3), 55–59. https://doi.org/10.3936/dmm_artid47763335
126. **Cleff, T.** (2025). *Applied Statistics and Multivariate Data Analysis for Business and Economics: A Modern Approach Using R, SPSS, Stata, and Excel*. 2nd revised and extended edition. Springer Nature Switzerland. ISBN: 978-3-031-78069-1. Insg. 555 Seiten. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-78070-7>
127. **Dittmann, U., & Schätter, A.** (2025). *Use Case: Erstellung von Angeboten mit KI-Unterstützung*. Steinbeis-Edition. Insg. 94 Seiten. ISBN: 978-3-95663-326-3. <https://www.steinbeis-edition.de/Use-Case-Erstellung-von-Angeboten-mit-KI-Unterstützung-E-Book/233697>
128. **Drath, R.** (2025). Raus aus der Excel-Falle - Acht Vorteile standardisierter Datenmodelle. *Factory Innovation*, 4, S. 14-18. https://www.wiso-net.de/document/FAIN__a946f1d2b751320598f590661654b6d350ddd151

129. Dühring, L., **Krebber, F.**, Melzer, A., Seiffert-Brockmann, J., & Oliveira, E. (Hrsg.). (2025). Kommunikation als Strategie: Beiträge zur Kommunikationsforschung in Organisationen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Insg. 374 Seiten. ISBN: 978-3-658-48305-0. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-48305-0>
130. **Krebber, F.**, Melzer, A., & Dühring, L. (2025). Integration Revisited: Aktuelle Perspektiven auf das Konzept der Integration in der „Theorie der Unternehmenskommunikation“ von Ansgar Zerfaß. In L. Dühring, F. Krebber, A. Melzer, J. Seiffert-Brockmann, & E. Oliveira (Hrsg.), Kommunikation als Strategie (S. 273–293). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-48305-0_17
131. **Echle, E.** (2025). Longing for Visual Attraction: Fashion and Fabrics as Sensual Quality in the Early Films of Ernst Lubitsch. In D. J. Boyd (Hrsg.), ReFocus: The Historical Films of Ernst Lubitsch (S. 33–45). Edinburgh: Edinburgh University Press. <https://doi.org/10.1515/9781399532631-006>
132. **Fastoso, F.** (2025). Von Askese zu Aspiration: Deutschlands zwiespältiges Verhältnis zum Luxus. In A. Gröppel-Klein & L. Heidbrink (Hrsg.), Ambivalenzen des Luxuskonsums (S. 63–82). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. ISBN: 978-3-7489-5352-4. <https://doi.org/10.5771/9783748953524-63>
133. **Hansch, A.** (2025). LinkedIn als Karrierenetzwerk und globale Business-Plattform: Anwendungsmöglichkeiten im Überblick. In S. Stumpp, D. Michelis, & T. Schildhauer (Hrsg.), Social Media (S. 395–410). Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. ISBN: 978-3-7560-0174-3 <https://doi.org/10.5771/9783748950943-395>
134. Hinsberger, J., **Lang-Koetz, C.**, **Nothhelfer, R.** & Frasch, F. (2025). Finanzielle Analyse von Biodiversitätsrisiken - aktueller Stand im Kontext der ESRS. KoR: Internationale und kapitalmarktorientierte Rechnungslegung, 7-8, 259-266. https://www.wiso-net.de/document/KOR__c0a235a21c568b4f9e4cbbd34439872110d4aa46
135. Hochmuth, U., **Kurz, R.**, & Mangold, M. (Hrsg.). (2025). Wachstum am Wendepunkt: Einsichten in Notwendigkeiten (1. Aufl., Bd. 1). Bielefeld: transcript Verlag. Insg. 261 Seiten. ISBN: 978-3-8376-7872-7. <https://doi.org/10.14361/9783839421819>
136. **Kurz, R.** (2025). Wohin treibt Deutschland? Klimaschutz zwischen Wachstumschwäche und Wachstumsende. In U. Hochmuth, R. Kurz, & M. Mangold, Wachstum am Wendepunkt: Einsichten in Notwendigkeiten (S. 27-52). <https://doi.org/10.14361/9783839421819>
137. **Hottenroth, H.**, **Tietze, I.** & **Viere, T.** (2025). Durchblick bei der Energiekonzeption. Die Gemeinde, Mai 2025, S. 55-58.
138. **Klein, T.** & McNamara, S. (2025). Sorting, Status, and Shadow Education: How Track Placement Shapes Parental Investment. ZEW Discussion Paper No. 25-023, insg. 41 Seiten. <https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp25023.pdf>
139. **Krebber, F.** (2025). Das integrierte Archiv: organisatorische und prozedurale Verankerung für Integrierte Strategische Geschichtskommunikation. Archiv und Wirtschaft – Zeitschrift für das Archivwesen der Wirtschaft, 58(2), 94–99.
140. **Kroschwald, S.** (2025). Datenverarbeitung in der Cloud. In C. L. Geminn & P. C. Johannes (Hrsg.), Europäisches Datenrecht (S. 306-322). Baden-Baden: Nomos. ISBN: 978-3-8487-7404-3. <https://stnomosdb.blob.core.windows.net/filerefer/978-3-8487-7404-3-Leseprobe.pdf>

141. **Kroschwald, S.** (2025). Datenbezogene Herstellerpflichten. In C. L. Geminn & P. C. Johannes (Hrsg.), *Europäisches Datenrecht* (S. 671-686). Baden-Baden: Nomos. ISBN: 978-3-8487-7404-3. <https://stnomosdb.blob.core.windows.net/fileref/978-3-8487-7404-3-Leseprobe.pdf>
142. **Kroschwald, S., Schuster, T.** (2025). Cyber Resilience "by Law" und "by Design". Verbraucherschutz durch IT-Produktsicherheit gestalten. In C. Bala, A. Boden, W. Schuldzinski, G. Stevens (Hrsg.), *Herausforderungen für die Verbraucherpolitik: Digitaler Alltag und Polykrise. Jahrbuch Konsum & Verbraucherwissenschaften 2024/2025* (S. 67-88). Düsseldorf: Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen. ISBN E-Book (EPUB) 978-3-86336-937-8. <https://www.verbraucherforschung.nrw/kommunizieren/jbkv-2024-2025-herausforderungen-fuer-die-verbraucherpolitik-114706>
143. **Lewerenz, S., Tietze, I., & Lambrecht, H.** (2025). Klimaschonende Energieversorgung an Hochschulen: Minimierung von Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus unter Berücksichtigung von Kosten. In W. L. Filho & V. Scherenberg (Hrsg.), *SDG 13: Maßnahmen zum Klimaschutz* (S. 467–488). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-70588-9_29
144. **Mahadevan, J.** (2025). Cross-cultural perspectives on global diversity management: Values, meaning and power intersections. In M. F. Özbilgin & C. Erbil (Hrsg.), *Research Handbook on Global Diversity Management* (S. 25–39). Edward Elgar Publishing. ISBN: 978-1035311163. <https://doi.org/10.4337/9781035311170.00008>
145. **Mahadevan, J., Mayer, C.-H., Bos-Nehles, A., & Syed, J.** (2025). The remote work transformation: New actors, new contexts, new implications. *The International Journal of Human Resource Management*, 36(10), 1653–1665. <https://doi.org/10.1080/09585192.2025.2536965>
146. **Morelli, F., & Klink, M.-A.** (2025). Entwicklung einer integrierten Microservice-Architektur am Beispiel von modularisierten RPA-Prozessen. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik (AKWI)*, 21, S. 36-52. <https://doi.org/10.26034/lu.akwi.2025.6238>
147. Radic, M., Busch-Casler, J., Vosen, A., Herrmann, P., Appenzeller, A., Mucha, H., **Philipp, P.**, Frank, K., Dauth, S., Köhm, M., Orak, B., Spiecker Genannt Döhm, I., Böhm, P., & Radic, D. (2025). Data Analytics im Gesundheitswesen – Anforderungen der Datensouveränität aus klinischer, technischer, rechtlicher und sozioökonomischer Sicht. In M. Bruhn & K. Hadwich (Hrsg.), *Digital Analytics im Dienstleistungsmanagement* (S. 777–800). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-48325-8_27
148. Ruf, O., **Hensel, T.**, & Grabbe, L. C. (Hrsg.). (2025). *Handbuch Designwissenschaft: Geschichte – Theorie – Praxis*. Stuttgart: J.B. Metzler. Insg. 437 Seiten. ISBN: 978-3-476-05600-9. <https://doi.org/10.1007/978-3-476-05600-9>
149. **Eikmeyer, R.** (2025). Design als Kunst. In O. Ruf, T. Hensel, & L. C. Grabbe (Hrsg.), *Handbuch Designwissenschaft: Geschichte – Theorie – Praxis* (S. 41–50). Stuttgart: J.B. Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05600-9_4
150. Ruf, O., **Hensel, T.**, & Grabbe, L. C. (2025). Designtheorie. In O. Ruf, T. Hensel, & L. C. Grabbe (Hrsg.), *Handbuch Designwissenschaft: Geschichte – Theorie – Praxis* (S. 259–266). Stuttgart: J.B. Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05600-9_23

151. **Sander, F., Bacher, U., Foschiani, S., & Walter, N.** (2024). Femvertising - Chancen und Risiken frauenfokussierter Werbung in der Finanzindustrie. *Hohenheimer Genossenschaftsforschung* 2024, S. 18-30. ISSN: 1868-9116. https://geno.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/geno/HGF/HGF_2024.pdf
152. **Schätter, F., Feufel, J., & Popp, J.** (2025). Development of a Priority Rule Based Traffic Management Policy for Standardized AGV Conflict Zone Coordination. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik (AKWI)* 21, S. 79-91. <https://akwi.hswlu.ch/article/view/8853/8756> oder <https://doi.org/10.26034/lu.akwi.2025.8853>
153. Schildbach, T., **Stobbe, T.**, Trinks, K., & Freichel, C. (2025). Der handelsrechtliche Jahresabschluss (12., überarbeitete Auflage). Berlin: Edition Wissenschaft & Praxis. Insg. 565 Seiten. ISBN: 978-3-89673-818-9. <https://d-nb.info/1376052490>
154. **Schimpf, S.** (2025). Cross Innovation mit einer Prise Fiction: Science Fiction als Katalysator auf dem Weg zur Umsetzung von (un)vorstellbaren Ideen. In M. Heinzen, M. Garn, & T. Posselt (Hrsg.), *Cross Innovation* (S. 173–183). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-70881-1_11
155. **Schindel, L. M., Weingardt, J., Borowski, Y., Huck-Sandhu, S.** (2025). Herausforderungen und Perspektiven der internationalen Unternehmenskommunikation in Großunternehmen. Empirische Ergebnisse. In G. Bentele, M. Piwinger & G. Schönborn (Hrsg.), *Kommunikationsmanagement. Strategien, Wissen, Lösungen* (S. 1-30). Köln: Luchterhand Fachverlag. ISBN: 978-3-472-04906-7
156. **Schmid, T.** (2025): AttrakDiff. Die Attraktivität von Ausstellungen über Gegensatzpaare ermitteln. In L. Reitstätter & C.-M. Schorr (Hrsg.), *Methoden der Ausstellungsanalyse*, S. 209-224. Bielefeld: transcript Verlag, ISBN: 978-3-8376-7853-6. <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/9783839418482/html>
157. **Schmidt, S. W.** (2025). Der Ort der Dinge und das Wohnen der Menschen. Eine topologische Betrachtung des ethos. In D. Sölch, E. Brock, G. Gödde, & J. Zirfas (Hrsg.), *Heidegger und die Lebenskunst* (S. 201–216). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-71480-5_12
158. **Schmitt, R.** (2025). Vertrag als Schaden? In B. Limperg, J. Rommel, B. Ackermann (Hrsg.), *Festschrift zum fünfundsiebzigjährigen Bestehen von Bundesgerichtshof, Bundesanwaltschaft und Rechtsanwaltschaft beim Bundesgerichtshof* (S. 539-554). München: Verlag C.H.Beck. ISBN: 978-3-406-83728-9. <https://www.beck-shop.de/festschrift-fuenfundsiebzigaehrigen-bestehen-bundesgerichtshof-bundesanwaltschaft-rechtsanwaltschaft-bundesgerichtshof/product/38803912>
159. **Schwaab, M.-O., & Durian, A.** (Hrsg.). (2025). *Zeitarbeit und Personaldienstleistungen: Chancen - Erfahrungen - Herausforderungen*. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien. Insg. 420 Seiten. eBook ISBN: 978-3-658-46525-4. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-46525-4>
160. **Schwaab, M.-O., & Weber, C.** (2025). Zeitarbeit aus personalwirtschaftlicher Perspektive. In M.-O. Schwaab & A. Durian (Hrsg.), *Zeitarbeit und Personaldienstleistungen* (S. 101–117). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46525-4_7

161. **Haas, F., & Peter, M.** (2025). Einkauf von Zeitarbeit aus Unternehmensperspektive. In M.-O. Schwaab & A. Durian (Hrsg.), Zeitarbeit und Personaldienstleistungen (S. 143–156). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46525-4_9
162. **Schwaab, M.-O., & Forster, A.** (2025). Zeitarbeit: Wege zu einer stärkeren Positionierung am Arbeitsmarkt. In M.-O. Schwaab & A. Durian (Hrsg.), Zeitarbeit und Personaldienstleistungen (S. 297–319). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46525-4_23
163. **Schwaab, M.-O., & Durian, A.** (2025). Vom Zeitarbeitsunternehmen zum flexiblen, innovativen Personaldienstleister. In M.-O. Schwaab & A. Durian (Hrsg.), Zeitarbeit und Personaldienstleistungen (S. 413–420). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-46525-4_32
164. **Spilski, A.** (2025). Smarte, statusorientierte und rebellierende Konsumentinnen und Konsumenten: Die Vielfalt der Motivationen zum Kauf von gefälschten Luxusprodukten. In A. Gröppel-Klein & L. Heidbrink (Hrsg.), Ambivalenzen des Luxuskonsums (S. 109–132). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. ISBN: 978-3-7489-5352-4. <https://doi.org/10.5771/9783748953524-109>
165. **Tavakoli, A.** (2025). Auseinandersetzungsverbote in der Erbengemeinschaft – Teil I: Rechtsrahmen. Zeitschrift für Erbrecht und Vermögensnachfolge (ZEV), 9, 565-573. <https://beck-online.beck.de/Bcid/Y-300-Z-ZEV-B-2025-S-565-N-1>
166. **Tavakoli, A.** (2025). Auseinandersetzungsverbote in der Erbengemeinschaft – Teil II: Gestaltungsvarianten. Zeitschrift für Erbrecht und Vermögensnachfolge (ZEV), 11, 705-709. <https://beck-online.beck.de/Bcid/Y-300-Z-ZEV-B-2025-S-705-N-1>
167. **Thesmann, S.** (2025). Wirtschaftsinformatik für Dummies (3. aktualisierte Auflage). Weinheim: Wiley-VCH. Insg. 569 Seiten. ISBN: 978-3-527-72134-4. <https://d-nb.info/1363224352>
168. **Thuselt, F.** (2025). Halbleiterphysik leicht verständlich: Wie du zügig einsteigst oder dein Wissen auffrischst. Berlin: Springer Spektrum. Insg. 174 Seiten. ISBN: 978-3-662-70540-7. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-70541-4>
169. Tonner, K., **Brönneke, T., Buchmann, F., & Rott, P.** (Hrsg.). (2025). Verbraucherrecht: Grundlagen, Vertragstypen, Rechtsdurchsetzung (4. Auflage). Insg. 1188 Seiten. Baden-Baden: Nomos. ISSN: 978-3-7560-0832-2. <https://d-nb.info/1365452026> oder <https://www.nomos-shop.de/de/p/verbraucherrecht-978-3-7560-0832-2>
170. **Kroschwald, S.** (2025). §3b Plattformökonomie. In K. Tonner, T. Brönneke, F. Buchmann, & P. Rott (Hrsg.), Verbraucherrecht: Grundlagen, Vertragstypen, Rechtsdurchsetzung (S. 181-218). Baden-Baden: Nomos. <https://d-nb.info/1365452026> oder <https://www.nomos-shop.de/de/p/verbraucherrecht-978-3-7560-0832-2>
171. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2025). Legal Tech. In K. Tonner, T. Brönneke, F. Buchmann, & P. Rott (Hrsg.), Verbraucherrecht: Grundlagen, Vertragstypen, Rechtsdurchsetzung (S. 969-982). Baden-Baden: Nomos. <https://d-nb.info/1365452026> oder <https://www.nomos-shop.de/de/p/verbraucherrecht-978-3-7560-0832-2>

172. **Volkert, J.** (2025). Gerechte Nachhaltigkeitspolitik und utilitaristische Standardökonomik. Grundlagen, Konflikte und Konsequenzen. In T. von Wirth, T. Vogel, & P. Jansen (Hrsg.), Kompass für den Wandel, Mit transformativen Fähigkeiten die Welt von morgen gestalten (S. 51-76). <https://doi.org/10.14512/9783987264351>
173. **Volkert, J.** & Winters, H. (2025). Der Capability-Ansatz. Eine Alternative zur Weiterentwicklung der Standardökonomik. In U. Hochmuth, R. Kurz, & M. Mangold, Wachstum am Wendepunkt: Einsichten in Notwendigkeiten (S. 187-214). <https://doi.org/10.14361/9783839421819>
174. **Wienert, H.** (2025). Probleme volkswirtschaftlicher Politikberatung am Beispiel der Schuldenbremse. WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium. Zeitschrift für Studium und Forschung, 54(5-6), 36-40. <https://www.inlibra.com/de/document/view/detail/uuid/3c43bdf5-5584-395e-9e6f-22d08a5f0e4e>

4.3.2 Konferenzpaper mit einfacher Wertung (=37)

175. **Auer, M., Eberle, S., Deterding, L., Schill, R., Karatopi, K. & Woidasky, J.** (2025). Verpackungsstudie 2024: Detail-Charakterisierung des deutschen Leichtverpackungsabfalls. In A. Bockreis et al (Hrsg.), 14. Wissenschaftskongress Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft (S. 159–163). innsbruck university press. ISBN: 978-3-99106-153-3. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/10.15203-99106-153-3.pdf
176. **Kern, M., Walz, A.-S., Can, S., Achraf Jebari, M., Biehl, V. & Woidasky, J.** (2025). Recyclinggerechte Produktgestaltung von Einwegbeatmungsbeuteln. In A. Bockreis et al (Hrsg.), 14. Wissenschaftskongress Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft (S. 249–253). innsbruck university press. ISBN: 978-3-99106-153-3. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/10.15203-99106-153-3.pdf
177. **Schill, R. & Lang-Koetz, C.** (2025). Abfallwirtschaft 2.0: Kunststoff-Aufbereitungsanforderungen der Zukunft. In A. Bockreis et al (Hrsg.), 14. Wissenschaftskongress Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft (S. 317–319). innsbruck university press. ISBN: 978-3-99106-153-3. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/10.15203-99106-153-3.pdf
178. **Schmidt, J. & Woidasky, J.** (2025). "Closed loop by LIPS" – Legierungsspezifisches Aluminium-Neuschrottrecycling für die Automobilindustrie. In A. Bockreis et al (Hrsg.), 14. Wissenschaftskongress Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft (S. 67–71). innsbruck university press. ISBN: 978-3-99106-153-3. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/10.15203-99106-153-3.pdf
179. **Vielsack, A. & Woidasky, J.** (2025). Vergleichsstudie zur Abfallerzeugung in deutschen Akutkrankenhäusern. In A. Bockreis et al (Hrsg.), 14. Wissenschaftskongress Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft (S. 345–349). innsbruck university press. ISBN: 978-3-99106-153-3. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/10.15203-99106-153-3.pdf
180. **Zecha, F., Woidasky, J. & Viere, T.** (2025). Methodische Entwicklungsbedarfe bei der Anwendung der Lebenszyklusanalyse (LCA) im Gesundheitssektor. In A. Bockreis et al (Hrsg.), 14. Wissenschaftskongress Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft (S. 365–369). innsbruck university press. ISBN: 978-3-99106-153-3. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/10.15203-99106-153-3.pdf

181. **Bacher, U.** (2025). Israels Sicherheit als deutsche Staatsräson. Ein Arbeitspapier zu einem erklärungsbedürftigen Begriff im Lichte von Politik und Recht. In D. Bičvić & D. Novaković (Hrsg.), *Interdisciplinary Management Research (IMR) XXI* (S. 393-410). ISSN: 1847-0408. <https://imr-conference.com/en/past-issues/>
182. **Boimann, G., Walter, N. & Cleff, T.** (2025). No Branch, no Problem? An empirical Analysis of Consumer Attitudes and Intentions to Use Neobanks. In D. Bičvić & D. Novaković (Hrsg.), *Interdisciplinary Management Research (IMR) XXI* (S. 299-329). ISSN: 1847-0408. <https://imr-conference.com/en/past-issues/>
183. **Khan, A., Hetznecker, A., & Greiner, T.** (2025). Enabling Self-X Capabilities of Smart Sensors using Hybrid Artificial Intelligence. In VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.), *Automation 2025. 26. Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik. Human-centric Automation*. S. 195-206. ISBN: 978-3-18-092457-1
184. **Drath, R.,** Barth, M., Tauchnitz, T., Schüller, A. & Maurer, F. (2025). Engineering mit der Verwaltungsschale - ein evolutionäres Konzept zur Implementierung. In VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.), *Automation 2025. 26. Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik. Human-centric Automation*. S. 239-256. ISBN: 978-3-18-092457-1
185. **Bauer, J., Parkash, O., Drath, R., & Greiner, T.** (2025). Energieevents & Energiemanager für eine nachhaltigere Produktion – Konzept und Architekturkomponenten. In VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.), *Automation 2025. 26. Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik. Human-centric Automation*. S. 763-774. ISBN: 978-3-18-092457-1
186. **Beye, C., Van Den Boom, N., Boos, A., & Fournier, G.** (2025). Scenario-Based Analysis of Automated Mobility Service Costs in Urban Areas – The Case of Oslo. In C. McNally, P. Carroll, B. Martinez-Pastor, B. Ghosh, M. Efthymiou, & N. Valantasis-Kannellos (Hrsg.), *Transport Transitions: Advancing Sustainable and Inclusive Mobility. TRAconference 2024. Lecture Notes in Mobility* (S. 282–287). ISSN: 2196-5552. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85578-8_36
187. **Blankenbach, K., Alauddin, A., Civanlar, B., & Reichel, S.** (2025). Optical Measurements and Evaluations of Switchable Privacy Displays. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) *Proceedings 2025*, insg. 2 Seiten. ISSN: 1614-8436. urn:nbn:de:0287-2025-A014 oder https://www.dgao-proceedings.de/download/126/126_a14.pdf
188. **Blankenbach, K., Eger, L., Ulmer, P., Reichel, S., & Stolzka, D.** (2025). Benefits of the Helmholtz-Kohlrausch Effect for Automotive Displays. In *32nd Annual Vehicle Displays and Interfaces Symposium (VDI)*, insg. 6 Seiten. <http://vdi.sid.org/Portals/8/Documents/2025%20Vehicle%20Display%20Program.pdf?ver=nXVu-MaTm6sQhPUrjolQzFw%3d%3d>
189. Feierabend, D., Schlegel, D., **Kraus, P.** & Imeraj, J. (2025). Digital Nudging for Sustainability: A Systematic Review of Challenges. In *EURAM 2025. Managing with Purpose*, insg. 24 Seiten. ISSN: 2466-7498 und ISBN: 978-2-9602195-7-9

190. **Gerber, V.**, Sontheimer, M., Fischer, R., & Chou, S.-Y. (2025). SPARROW: An AR-RAG Tool for Immersive Information Retrieval in Smart Manufacturing. In F. Trigos, C.-J. Chou & J. Stjepandić (Hrsg.), *Transdisciplinarity for a Better World. Proceedings of the 32nd International Society of Transdisciplinary Engineering (ISTE) Global Conference*, S. 82-90. ISSN: 2352-751X. IOS Press. <https://www.iospress.com/catalog/books/transdisciplinarity-for-a-better-world> oder <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/ATDE251080>
191. Haug, M., Azamnouri, A., **Fritz, M.**, Woltmann, L., Schriever, C., & Wagner, S. (2026). MLOps Adoption in the Manufacturing Industry: A Case Study with Zeiss SMT. In M. Aiello, J. Barzen, S. Dustdar, & F. Leymann (Hrsg.), *Service-Oriented Computing* (Bd. 2602, S. 16–36). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-032-07313-6_2
192. **Hildebrandt, S.**, & **Sand, G.** (2025). Applying Instance Space Analysis to Optimize the Construction of Matheuristics. In P. Festa, D. Ferone, T. Pastore, & O. Pisacane (Hrsg.), *Learning and Intelligent Optimization. LION 2024. Lecture Notes in Computer Science* (Bd. 14990, S. 185–189). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-75623-8_14
193. **Kannenbergh, A.**, **Wieland, Y.**, **Großholtfurth, P.**, **Stollmayer, S.**, **Thum, G.**, & **Kray, S.** (2025). Customizable Circuit Theory Education Through Interactive, Step-Based Tools: Recent Developments in Simplipfy.Org. In L. Gómez Chova, C. González Martínez, & J. Lees (Hrsg.), *ICERI 2025 Proceedings. 18th Annual International Conference of Education, Research and Innovation*, S. 6853–6859. Valencia: IATED Academy. ISBN: 978-84-09-78706-7. <https://doi.org/10.21125/iceri.2025.1876>
194. **Khan, A.**, König, T., **Hetznecker, A.**, & **Greiner, T.** (2025). Measurement Accuracy Improvement in Magnetostrictive Position Sensors Using Machine Learning. In K. Arai (Hrsg.), *Intelligent Computing. Proceedings of the 2025 Computing Conference. Lecture Notes in Networks and Systems* (Bd. 1424, S. 471–486). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92605-1_29
195. **Kienzler, T.**, & **Föhl, U.** (2025). The best for everybody? Consequences of the activation of a maximizing mindset through comparative advertising. In L. Alkire & N. Ordabayeva (Hrsg.), *2025 AMA Winter Academic Conference. Marketing in Service of Nature and Humanity*. (Bd. 36, S. 246-249). ISBN: 978-0-87757-022-6. https://www.ama.org/wp-content/uploads/2025/03/2025_AMA_Winter_Proceedings_Feb-20-2025.pdf
196. **Kienzler, T.**, **Castello Branco Widuch, C.**, & **Brunner, R.** (2025). The eye of the beholder: How consumers' maximizing tendencies affect cognitive load. In L. Alkire & N. Ordabayeva (Hrsg.), *2025 AMA Winter Academic Conference. Marketing in Service of Nature and Humanity*. (Bd. 36, S. 459-462). ISBN: 978-0-87757-022-6. https://www.ama.org/wp-content/uploads/2025/03/2025_AMA_Winter_Proceedings_Feb-20-2025.pdf
197. **Kraus, P.**, **Kaufeld, S.**, Schlegel, D. (2025). The strategic planning approach of a large family firm. In D. Vrontis, Y. Weber & E. Tsoukatos (Hrsg.), *18th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business. Global Business Transformation in a Turbulent Era*. S. 489-502. ISSN: 2547-8516. <https://euromedacademy.org/wp-content/uploads/2025/12/euromed2025-book-of-proceedings-2025-12-09.pdf>

198. **Kray, S., Schmid, A.,** Wisotzky, E. L., **Gerlich, M.,** Apweiler, S., Hilsmann, A., **Greiner, T.,** Eisert, P., & Kneist, W. (2025). Intraoperative Perfusionsbildgebung mit hyperspektralen Lichtfeldkameras. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2025, insg. 2 Seiten. ISSN: 1614-8436. urn:nbn:de:0287-2025-B013 oder https://www.dgao-proceedings.de/download/126/126_b13.pdf
199. Lambert, M., Döring, N., **Schuster, T., & Schmitz, N.** (2025). Evaluating Large Language Models and Prompt Variants on the Task of Detecting Cease and Desist Violations in German Online Product Descriptions. In G. Broccia & A. Cerone (Hrsg.), From Data to Models and Back (Bd. 14618, S. 145–163). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87217-4_8
200. **Oßwald, K., Owoh, M.,** & Munzinger, C. (2025). Modeling Concept for a Wire ECM Process with High Speed Wire Flushing. In A. Schubert & P. Steinert (Hrsg.), Conference Proceedings. 21st International Symposium on Electrochemical Machining Technology (INSECT 2025), S. 130-137. Chemnitz University of Technology/University Library University Press. ISBN: 978-3-96100-259-7. <https://doi.org/10.51382/978-3-96100-259-7-16> oder <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-997550>
201. Reliszka, J., **Oßwald, K.,** Petersen, T., Herrig, T., Klink, A., & Bergs, T. (2025). Development of High-Pressure Internal Flushing for Wire Electrochemical Machining. In A. Schubert & P. Steinert (Hrsg.), Conference Proceedings. 21st International Symposium on Electrochemical Machining Technology (INSECT 2025), S. 138-145. Chemnitz University of Technology/University Library University Press. ISBN: 978-3-96100-259-7. <https://doi.org/10.51382/978-3-96100-259-7-17> oder <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-997595>
202. **Reichel, S., Eger, L., Ulmer, P., Blankenbach, K.,** & Stoltzka, D. (2025). Comparison of Perceived Brightness and Colorfulness for Different Display Technologies. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2025, insg. 2 Seiten. ISSN: 1614-8436. urn:nbn:de:0287-2025-A013 oder https://www.dgao-proceedings.de/download/126/126_a13.pdf
203. **Sand, G., Hildebrandt, S., Nunes, S., Yip, C.-O.,** & Franke, M. (2025). Tune Decomposition Schemes for Large-Scale Mixed-Integer Programs by Bayesian Optimization. In F. M. Van Impe et al (Hrsg.), Proceedings of the 35th European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE 35), S. 1468–1473. PSE Press, ISBN: 978-1-7779403-3-1. <https://doi.org/10.69997/sct.120655>
204. **Schimpf, S.** (2025). Innovation yesterday, today, and tomorrow - What are we speaking about? Analysis of definitions, timely evolutions and the future of the term innovation. In R&D Management Conference. Innovation & Biodiversity. Pisa. Insg. 5 Seiten. <https://rnd2025.org/>
205. Schlegel, D., Roos, D., **Kraus, P., & Schubert, H.** (2025). Opportunities and challenges of adopting artificial intelligence in accounting. In D. Vrontis, Y. Weber & E. Tsoukatos (Hrsg.), 18th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business. Global Business Transformation in a Turbulent Era. S. 782-795. <https://euromedacademy.org/wp-content/uploads/2025/12/euromed2025-book-of-proceedings-2025-12-09.pdf>

206. **Schuster, T.**, & Lambert, M. (2026). Bridging the Gap: Identifying AI-Suitable Problems and Matching with Solution Providers. In L. M. Camarinha-Matos, A. Ortiz, X. Boucher, & A. Lucas Soares (Hrsg.), Hybrid Human-AI Collaborative Networks. PROVE 2025. IFIP Advances in Information and Communication Technology, (Bd. 770, S. 104–118). Cham: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-032-05673-3_7
207. **Schuster, T.**, Lambert, M., Döring, N., & Trögele, J. (2025). Needle-in-the-Haystack Testing LLMs with a Complex Reasoning Task. In L. Iliadis, I. Maglogiannis, E. Kyriacou, & C. Jayne (Hrsg.), Engineering Applications of Neural Networks. 26th International Conference, EANN 2025. Communications in Computer and Information Science (Bd. 2581, S. 254–266). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-96196-0_19
208. Sturm, F., Freudendahl, M., & **Schimpf, S.** (2025). (Technologie-)Roadmapping in Forschungsorganisationen: Herausforderungen und Gestaltungshinweise. In R. Dumitrescu & K. Hölzle (Hrsg.), Vorausschau und Technologieplanung: 19. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, S. 177–195, Band 431. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts. ISSN: 2195-5239. <https://digital.ub.uni-paderborn.de/hs/content/zoom/8157223?query=Symposium%20Vorausschau%20Technologieplanung>
209. **Thimm, H.**, & **Schmidt, V.** (2025). Methode zur Analyse der Änderungsdynamik von Polluter Rankings und ihre Anwendung am Beispiel des Deutschen PRTR Registers. In J. Marx Gómez, B. Rapp, & A. Solsbach (Hrsg.), BUIS-Tage 2025. Smarte und Nachhaltige Infrastrukturen, S. 201-210. Düren: Shaker Verlag. ISBN: 978-3-8191-0410-7. <https://doi.org/10.2370/9783819104107>
210. **Van Den Boom, N.**, **Boos, A.**, **Beye, C.**, & **Fournier, G.** (2025). Driving Toward the Future: Assessing Electric Automated Vehicle Deployment Scenarios in Suburbs: A Case Study of Grorud Valley, Norway. In C. McNally, P. Carroll, B. Martinez-Pastor, B. Ghosh, M. Efthymiou, & N. Valantasis-Kanellos (Hrsg.), Transport Transitions: Advancing Sustainable and Inclusive Mobility. TRAconference 2024. Lecture Notes in Mobility (S. 141–152). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95284-5_21
211. **Waidelich, L.**, & **Schuster, T.** (2025). A Pattern-Based Approach to Data Privacy in Business Processes. In L. M. Camarinha-Matos & F. Ferrada (Hrsg.), Technological Innovation for AI-Powered Cyber-Physical Systems. DoCEIS 2025. IFIP Advances in Information and Communication Technology (Bd. 759, S. 51–62). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-97051-1_4

4.3.3 Kommentierungen in Gesetzeskommentaren, juristische Handbücher (=2)

212. **Häfele, M.** (2025). Kommentierung zu § 317 HGB: Gegenstand und Umfang der Prüfung. In H. Kirsch (Hrsg.), Rechnungslegung. Aufstellung, Prüfung und Offenlegung des Jahresabschlusses, S. 1-44. Bonn: Stollfuß. ISBN: 978-3-08-255800-3. <https://www.stollfuss.de/Rechnungslegung-Kommentar/9783082558003#description-tab-pane>

213. **Stobbe, T.** (2025). B 163 Herstellungskosten. In H.-J. Böcking, M. Gros, P. Oser, & Thormann, B. (Hrsg.) Beck'sches Handbuch der Rechnungslegung, S. 1-62. ISBN: 978-3-406312892. <https://www.beck-shop.de/Boecking-Gros-Oser-Scheffler-Thormann-Becksches-Handbuch-Rechnungslegung/product/678>

4.4 Vormerkungen für 2026

- VM 1 **Brändle, T.**, & Kalweit, R. (2026). Trade liberalisation and firm-level employment a case study of the EU eastern enlargement. *Empirica*, 53(1), 201–230. <https://doi.org/10.1007/s10663-025-09670-2>
- VM 2 **Filenko, D.**, **Hetznecker, A.**, **Greiner, T.** (2025). Physics-Informed Deep Learning for Error Compensation of Vibration Signals. International Conference on Sensing, Measurement & Data Analytics in the Era of Artificial Intelligence (ICSMD). <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/11078887/proceeding?sortType=vol-only-seq&isnumber=11078930>
- VM 3 Fluchs, S., Taştan, E., Mertens, M., Horch, A., Matraxia, F., **Drath, R.**, & Fay, A. (2026). Communicating Cybersecurity Decisions and Their Rationales Explicitly During and After CPS Design. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 23(1), 1326–1342. <https://doi.org/10.1109/TDSC.2025.3613828>
- VM 4 **Fritz, B.** (2025). Life Cycle Assessment of gold: Comparative evaluation of primary and secondary production.
- VM 5 Hofmann, B., **Schimpf, S.**, & Rust, H. (2026). Digitale Kollaboration in der frühen Phase der Produktentwicklung. In H. Rust (Hrsg.), *Erfolgsfaktoren der Produktentwicklung* (S. 179–195). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-41730-7_8
- VM 6 **Mahadevan, J.**, **Metzler, S.**, **Vögele, J. A.**, & **Diehm, R.** (2025). Resource effects of COVID-induced work-from home: A qualitative study of parental and non-parental white collar workers in Germany. *European Management Review*. <https://doi.org/10.1111/emre.12705>
- VM 7 **Melian, E. A.** (2026). Modellentwicklung einer Nußeltzahl-Korrelation zur Simulation und Optimierung von Wärmeübertragungsregeneratoren unter ökologischen und ökonomischen Aspekten.
- VM 8 **Pruhs, A.** (2026). Operationalisation of 'Design for Circularity' in industrial product development. Insg. 110 Seiten. urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-1016430
Arbeitschwerpunkt an der Hochschule: Nachhaltige Produktentwicklung
Betreuer: Prof. Dr. Christina Dornack, Technische Universität Dresden und **Prof. Dr. Jörg Woidasky, Hochschule Pforzheim. Annika Pruhs - Mitarbeiter der Hochschule Pforzheim**
- VM 9 Rebernik Gracej, M., Tomše, T., Podmiljšak, B., Samardžija, Z., Kušter, M., Semsari Parapari, S., Gračanin, N., Maček Kržmanc, M., **Schieren, L.**, **Burkhardt, C.**, Fischbacher, J., Schrefl, T., Šturm, S., & Žužek, K. (2026). Single-grain grain-boundary engineering with Nd-Cu for sustainable recycling and reprocessing of Nd-Fe-B magnets. *Journal of Alloys and Compounds*, 1050, 185605. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2025.185605>

- VM 10 **Schätter, F., Haas, F.** (2025). Sustainable transformation of the transportation sector: foresight and implications. mobil.TUM 2025 – 14th International Scientific Conference on Mobility and Transport
- VM 11 **Schneider, A., Schuster, T.** (2025). Open and Sovereign RAG: Evaluating a Model-Agnostic Architecture for Domain-Specific Knowledge. In 2nd International Conference on Digital Sovereignty, insg. 10 Seiten.

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 2025.

Datum	Presseartikel
20.02.2025	Den Ressourcenverbrauch senken und die Kreislaufwirtschaft in der Industrie voranbringen - Forschungsprojekt IRMa abgeschlossen https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/den_ressourcenverbrauch_senken_und_die_kreislaufwirtschaft_in_der_industrie_voranbringen_forschungsprojekt_irma_abgeschlossen
26.02.2025	RISE: Hochschule Pforzheim ist wissenschaftlicher Partner in großem europäischem Forschungsprojekt https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/rise_hochschule_pforzheim_ist_wissenschaftlicher_partner_in_groessem_europaeischen_forschungsprojekt
27.02.2025	Rückblick auf das DACE-Projekttreffen am 20. Februar 2025 https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/rueckblick_auf_das_dace_projekttreffen_am_20_februar_2025
28.02.2025	Projekt greenProd bei der „Allianz für Morgen“ https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/projekt_greenprod_bei_der_allianz_fuer_morgen
05.03.2025	Professor Schmidt erneut in Jury Blauer Engel https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/professor_schmidt_weiterhin_in_jury_blauer_engel
14.03.2025	ZIRU auf dem Circular Design Summit 2025 in Stuttgart https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/ziru_auf_dem_circular_design_summit_2025_in_stuttgart
25.03.2025	Promotion von Dr. Patrik Schmidt zu Bewertungen und Bewertungssystemen im Internet erfolgreich abgeschlossen https://www.hs-pforzheim.de/forschung/forschungsschwerpunkte/vunk/news_detailsseite/news/promotion_von_dr_patrik_schmidt_zu_bewertungen_und_bewertungssystemen_im_internet_erfolgreich_abgeschlossen

Datum	Presseartikel
26.03.2025	Kreislauf-E-Wende-Projekt mit Tagung in Frankfurt abgeschlossen https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/kroenen-der_projektabschluss_bei_den_maschinenbauern
09.04.2025	Tagung „Medium Lehrmittel“ des Forschungsprojekts KUPFER https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/tagung_medium_lehrmittel_nachbericht
06.05.2025	Prof. Dr.-Ing. Stefan Kray erhält Promotionsrecht https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/prof_dr_ing_stefan_kray_erhaelt_promotionsrecht
07.05.2025	Erste deutschlandweite Benchmark-Studie zu Krankenhausabfällen veröffentlicht https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/erste_deutschlandweite_benchmark_studie_zu_krankenhausabfaellen_veroeffentlicht
23.05.2025	Prof. Dr. Rainer Drath erneut in den Vorstand des AutomationML e.V. gewählt https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/prof_dr_rainer_drath_erneut_in_den_vorstand_des_automationml_ev_gewaehlt_e
22.05.2025	Forschung trifft Praxis beim 6. Symposium Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz - Nachhaltigkeitslösungen in Zeiten globaler Herausforderungen https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/forschung_trifft_praxis_beim_6_symposium_nachhaltigkeit_und_ressourceneffizienz
30.05.2025	Campus voller Ideen: Rund 1.000 Besucher*innen erleben Wissenschaft hautnah https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/campus_voller_ideen_rund_1000_besucherinnen_erleben_wissenschaft_hautnah
03.07.2025	Hybride KI überzeugt: Dr. Aimal Khan gewinnt Best Paper Award auf internationaler Fachkonferenz https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/hybride_ki_ueberzeugt_dr_aimal_khan_gewinnt_best_paper_award_auf_internationaler_fachkonferenz
07.07.2025	Hochschule Pforzheim verleiht erste Seniorprofessur https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/hochschule_pforzheim_verleiht_erste_seniorprofessur

Datum	Presseartikel
07.07.2025	Auszeichnung für Pforzheimer HR-Expertin: Prof. Dr. Anja Schmitz unter den „40 führenden Köpfen im Personalwesen“ https://businesspf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/auszeichnung_fuer_pforzheimer_hr_expertin_prof_dr_anja_schmitz_unter_den_40_fuehrenden_koeppen_im_personalwesen
11.07.2025	Hochschule Pforzheim ehrt herausragende Forschungspersönlichkeiten https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/hochschule_pforzheim_ehrt_herausragende_forschungspersoenlichkeiten
17.07.2025	INEC-Projekt KliReGeM beim Vernetzungstreffen zur Deutschen Anpassungsstrategie in Berlin https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/inec_projekt_kliregem_beim_vernetzungstreffen_zur_deutschen_anpassungsstrategie_in_berlin
22.09.2025	Auszeichnung für sehr gute Forschung: Gary Hildebrandt erhält Best Young Author Award https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/auszeichnung_fuer_sehr_gute_forschung_gary_hildebrandt_erhaelt_best_young_author_award
25.09.2025	Professor Dr. Mario Schmidt erneut unter den Top 2% Forschenden weltweit https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/professor_dr_mario_schmidt_erneut_unter_den_top_2_forschenden_weltweit
20.10.2025	Interaktives Dashboard für die Analyse des Ressourcenaufwands von Klimaanpassungs-Maßnahmen vorgestellt https://businesspf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/interaktives_dashboard_fuer_die_analyse_des_ressourcenaufwands_von_klimaanpassungs_massnahmen_vorgestellt
23.10.2025	TechPF-Absolvent Maximilian Auer zum Dr.-Ing. promoviert https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/hspf_absolvent_maximilian_auer_zum_dr_ing_promoviert
30.10.2025	Promoviert! Glückwunsch! https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/promoviert_glueckwunsch

Datum	Presseartikel
30.10.2025	<u>EVIDENTT-Machbarkeitsstudie mit einem Projektposter zu gerichtsfester Beweissicherung von Rechtsverstößen im Internet auf der internationalen Konferenz zu Hybrid Human-AI Collaborative Networks (PRO-VE2025) in Porto, Portugal</u> https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/evidentt_machbarkeitsstudie_mit_einem_projektposter_zu_gerichtsfester_beweissicherung_von_rechtsverstoessen_im_internet_auf_der_internationalen_konferenz_zu_hybrid_human_ai_collaborative_networks_pro_ve2025_in_porto_portugal
21.11.2025	<u>Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath gehört erneut zu den weltweit meistzitierten Forschern</u> https://intranet.hs-pforzheim.de/detail/news/prof_dr_ing_rainer_drath_gehoert_erneut_zu_den_weltweit_meistzitierten_forschern
05.12.2025	<u>Hybride Künstliche Intelligenz: Von der Forschung in die Anwendung</u> https://techpf.hs-pforzheim.de/detailansicht/news/hybride_kuenstliche_intelligenz_von_der_forschung_in_die_anwendung
16.12.2025	<u>Verbraucherpolitische Strategie der Landesregierung: vunk-Institut wirkt an neuem Leitbild für Baden-Württemberg mit</u> https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/verbraucherpolitische_strategie_der_landesregierung_vunk_institut_wirkt_an_neuem_leitbild_fuer_baden_wuerttemberg_mit
17.12.2025	<u>Symposium beleuchtete Herausforderungen und innovative Ansätze rund um nachhaltige Materialkreisläufe im Gesundheitswesen</u> https://www.hs-pforzheim.de/forschung/aktuelles/detailansicht/news/symposium_beleuchtete_herausforderungen_und_innovative_ansaetze_rund_um_nachhaltige_materialkreislaeufe_im_gesundheitswesen
19.12.2025	<u>INEC-Mitarbeiterin Annika Pruhs verteidigt ihre Disseration erfolgreich</u> https://www.hs-pforzheim.de/news_detailansicht/news/inec_mitarbeiterin_annika_pruhs_verteidigt_ihre_disseration_erfolgreich