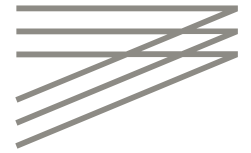


HS PF



• IAF •
INSTITUT FÜR
ANGEWANDTE FORSCHUNG

JAHRESBERICHT 2021

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 2022
© · IAF · Institut für Angewandte Forschung

Übersichtsangaben zu den FuE-Leistungen der Hochschule Pforzheim

Verantwortliche für den Bericht

Prof. Dr. Thomas Greiner

Wissenschaftlicher Direktor des IAF

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

T: 07231 28-6689

Prof. Dr. Rebecca Bulander

Stellv. wissenschaftliche Direktorin des IAF

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

T: 07231 28-6499

Ansprechpartnerin für Rückfragen

Dr. Monika Roller

Forschungskoordinatorin

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

T: 07231 28-6135

Pforzheim, den 18.02.2022

Prof. Dr. Ulrich Jautz

Rektor

Prof. Dr. Thomas Greiner

Wissenschaftlicher Direktor

Vorwort

Das bisher größte Drittmittelvolumen eingeworbener Forschungsprojekte und die bisher höchste Zahl begutachteter Publikationen, so können die Forschungsergebnisse der Hochschule Pforzheim für das Jahr 2021 kurz zusammengefasst werden. Erfreulich ist auch die erneute erfolgreiche Evaluation der beiden Institute Industrial Economy (INEC) und Smart Systems und Services (IoS³), die weiter in der Forschungslandkarte Deutschland der HRK aufgeführt werden. Ende des Jahres erhielt die Hochschule überdies Zusagen für eine Reihe wichtiger Projekte, die im Jahr 2022 beginnen werden, sodass das Jahr 2021 aus Forschungssicht als sehr erfolgreich bezeichnet werden kann. Hierbei gilt es den eingeschlagenen Weg fortzusetzen und neue Forschungsfelder zu erschließen.

Das vergangene Jahr stand auch weiterhin im Zeichen der Covid-19 Pandemie. Zwischenzeitlich haben sich jedoch viele virtuelle und hybride Formate etabliert. Virtuelle Konferenzen, virtuelle Seminare und kurzfristig vereinbarte virtuelle Besprechungen sind im Forschungsbereich mittlerweile Standard und haben die Forschungskommunikation nachhaltig verändert. Vermisst werden jedoch weiterhin die informellen Runden, die zu vielfältigen persönlichen Kontakten führen und in denen innovative Projektideen geboren werden.

Hochschulpolitisch haben im Land Baden-Württemberg umfangreiche Aktivitäten begonnen, damit erfolgreiche Forscherinnen und Forscher an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften das Promotionsrecht erhalten. Die Umsetzung soll zeitnah im Jahr 2022 erfolgen. Die hohen Qualitätsstandards des Baden-Württemberg Centers of Applied Research (BW-CAR) haben sicherlich diese langjährige Forderung nachhaltig unterstützt.

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

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

Wissenschaftliche Leitung des IAF

Inhalt

Übersichtsangaben zu den FuE-Leistungen der Hochschule Pforzheim.....	I
Vorwort.....	II
Inhalt	III
1 Forschungsarbeit im Überblick	1
1.1 Berichte der Forschungsinstitute des IAF	1
1.1.1 INEC – Institut für Industrial Ecology	1
1.1.2 Institut für Smart Systems and Services – IoS ³	15
1.1.3 IWWT – Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien	25
1.1.4 Institute for Smart Bicycle and Technology – ISBT	38
1.1.5 Schmucktechnologisches Institut – STI	48
1.1.6 Institut für Personalforschung – IfP	54
1.1.7 Institute for Human Engineering & Emphatic Design – HEED	58
2 Personalia	66
2.1 Institut für Angewandte Forschung	66
2.2 Persönliche Mitglieder des IAF	66
2.3 Fachinstitute und ihre Mitglieder	67
3 Publikationen.....	70
3.1 Peer-Review-Publikationen (=83).....	70
3.1.1 Beiträge aus Journals in Master Journal List (Clarivate) (=45).....	70
3.1.2 Beiträge aus Journals in AG IV-Liste (=18).....	73
3.1.3 Beiträge mit separatem Nachweis des Peer-Reviews (=20)	74
3.2 Dissertationen (=1).....	76
3.3 Weitere wissenschaftliche Publikationen (=149).....	76
3.3.1 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (=78)	76
3.3.1.1 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (ohne Nachweis) (=29)	76
3.3.1.2 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (mit Nachweis) (=49)	78
3.3.2 Herausgeberschaft, Buchveröffentlichungen, Monographien und Beiträge in Fachbüchern (=71).....	82
3.4 Vormerkungen für 2022.....	87
3.5 Patentoffenlegung	88
3.6 Vorträge	88
3.7 Messen	88

1 Forschungsarbeit im Überblick

1.1 Berichte der Forschungsinstitute des IAF

1.1.1 INEC – Institut für Industrial Ecology



INEC

INSTITUT FÜR INDUSTRIAL
ECOLOGY

Das INEC bestand im Jahr 2021 aus 8 Professoren und 16 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie einem externen Kollegiaten (Matthias Stratmann) aus dem abgelaufenen Promotionskolleg ENRES. Neu hinzugekommen sind 2021 die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen M.Sc. Anina Kusch, M.Sc. Larissa Coblenzer, M.Sc. Alexandra Vogt und M.Sc. Pia Heidak. Im Verlauf des Jahres 2021 haben folgende Mitarbeiter/innen das Institut verlassen: Dr. Philipp Schäfer und Annika Reischl. Matthias Stratmann hat seine Dissertation abgeschlossen und Philipp Preiß wurde an der Universität Stuttgart zum Dr.-Ing. promoviert. Für 2022 wird der Abschluss der Promotionen von Nadine Rötzer, Marlene Preiß und dem ehemaligen Mitarbeiter Eloy Melian erwartet. Aline Hendrich hat ihre kooperative Promotion (Uni Lüneburg) begonnen. Das Institut organisiert derzeit die Studiengänge Ressourceneffizienz-Management (B.Sc., Studiengangsleiter Prof. Bertagnoli) und Life Cycle & Sustainability (M.Sc., Studiengangsleiterin Prof. Tietze). Frau Prof. Tietze wurde im Jahr 2021 zur Prorektorin der Hochschule gewählt. Die Studiengangsleitung gibt sie an Prof. Tobias Viere ab.

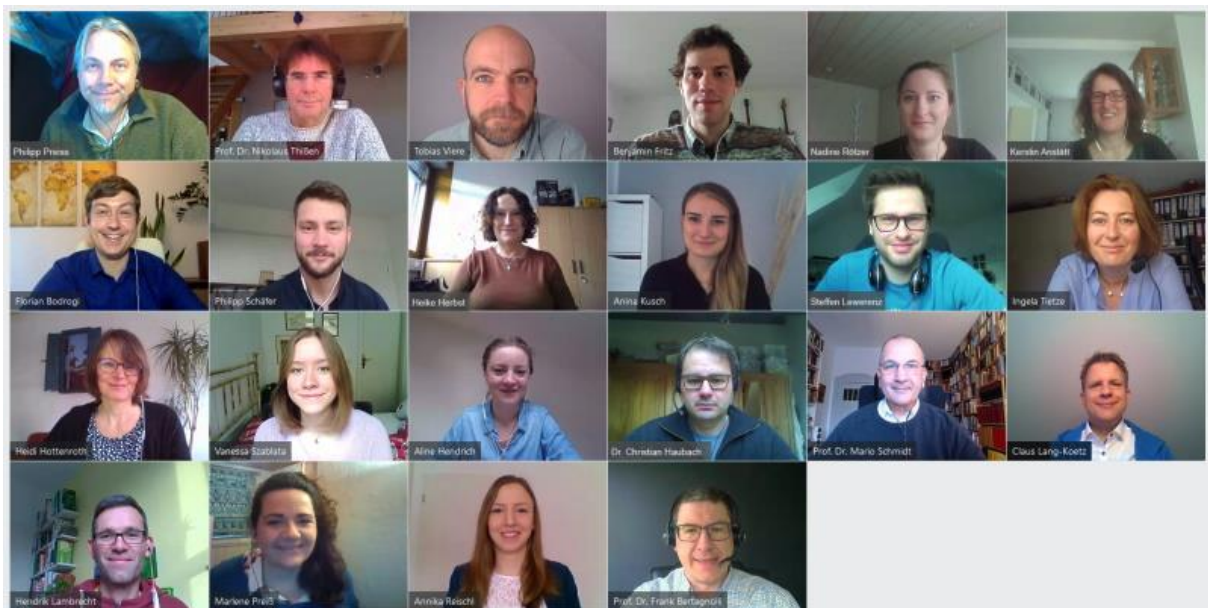


Abb. 1: INEC-Team-Besprechung im Corona-Jahr 2021 (ohne Prof. Woidasky und die Mitarbeiterinnen Coblenzer, Heidak)

Die Kooperation mit Baden TV wurde im Einvernehmen mit dem Sponsor, der PSD-Bank Karlsruhe-Neustadt, eingestellt. Der Aufwand in Corona-Zeiten wurde zu groß. Für das neue Jahr ist eine Neuausrichtung geplant, sowohl was die Förderung durch PSD als auch das Format der Außenkommunikation betrifft. Statt der Weiterförderung der Stiftungsprofessur ist die Förderung von Promotionen am INEC angedacht.

Von der Pforzheimer Karlheinz-Osterwald-Stiftung wurde ebenfalls eine Förderung von Promotionen am INEC zu Umweltthemen zugesagt und vertraglich mit dem Rektorat vereinbart. Sie sollen, wenn möglich, in das zusammen mit dem KIT 2021 beantragte kooperative Promotionskolleg eingebunden werden. Insgesamt sind seitens der Stiftung 4 kooperative Stipendien vorgesehen, die hälftig am INEC und am ITAS (KIT) federführend betreut werden. Mit einer Entscheidung zum beantragten Promotionskolleg wird im ersten Quartal 2022 gerechnet.

Die Ergebnisse des beendeten kooperativen Promotionskollegs ENRES wurden im Dezember 2021 als Sonderheft in der Fachzeitschrift „Sustainability Management Forum“ veröffentlicht, mit einem doppelten Begutachtungsprozess und unter der Herausgeberschaft von Prof. Dr. Mario Schmidt. Die Dissertation von Philipp Schäfer erschien als Open-Access-Buch im Springer-Verlag.

Bei den Forschungsarbeiten sind folgende Projekte zu erwähnen:

Projekt 100 Betriebe UMR (und mehr für Ressourceneffizienz)

In dem Projekt, das unter Leitung von Prof. Mario Schmidt, gemeinsam mit der Landesagentur Umwelttechnik-BW, durchgeführt wird, wurden die ersten acht weiteren Fallbeispiele gesammelt, begutachtet und ausgezeichnet. Die neue baden-württembergische Umweltministerin Thekla Walker hat beim Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress in Stuttgart die Urkunden überreicht. Die Beispiele wurden zusammen mit dem vorhandenen Fundus an Fallbeispielen weiter ausgewertet, insbesondere hinsichtlich der Klimarelevanz. Es fanden Befragungen und Interviews statt, die u.a. in die Dissertation von Marlene Preiß miteinfließen werden. Das Projekt ist die Nachfolge des „100 Betriebe für Ressourceneffizienz“-Projektes der Landesregierung, das 2021 lobend in einer international führenden Fachzeitschrift erwähnt wurde (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128709>). Es wurde verlängert und läuft nun bis Ende 2022.



Abb. 2: Urkundenübergabe an die ausgezeichneten Unternehmen durch die Umweltministerin Thekla Walker beim Ressourceneffizienzkonferenz im Oktober 2021 in Stuttgart. Foto: HSPF, Schmidt

Projekt KligWeR

Das Projekt „Klimaschutz in globalen Wertschöpfungsketten durch Ressourceneffizienz in der produzierenden Wirtschaft“ (KligWeR) wird zusammen mit dem Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien am KIT und den Praxispartnern BOSCH und ZEISS sowie der Hamburger Firma Sustain GmbH durchgeführt. Das Ziel ist die einfache Ermittlung von sogenannten Scope-3-Emissionen von Unternehmen, wozu wirtschaftswissenschaftliche Verfahren, sogenannte Input-Output-Analysen, eingesetzt werden sollen. Basierend auf internationalen Handelsstromdaten können verhältnismäßig einfach die Scope-3-Emissionen der Lieferkette von Unternehmen durch Einkaufsdaten errechnet werden. Das Ziel ist u.a. ein webbasierter Rechner, der öffentlich zur Verfügung gestellt werden soll.

Im Rahmen des Projektes wurde die Methode bei den Praxispartnern erprobt und weiterentwickelt. Erste Ergebnisse wurden auf einem Fachforum beim Ressourceneffizienzkongress in Stuttgart vorgestellt. Das Projekt wird vom Umweltministerium BW gefördert, von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet und wird im Sommer 2022 abgeschlossen werden.



Abb. 3: Präsentation von Zwischenergebnissen des KligWeR-Projektes auf dem Ressourceneffizienz-Kongress in Stuttgart. Foto: UTBW

Projekt MAFIMA

Das Verbundprojekt „Material Flow Based Improvement Assessments“ (MaFImA) knüpft an die nach ISO 14051 standardisierte Materialflusskostenrechnung (MFCA) an und entwickelt sie so weiter, dass damit eine Maßnahmensuche und -bewertung in Unternehmen vorgenommen werden kann. Im Jahr 2021 wurden hauptsächlich methodische Aspekte und mögliche Algorithmen zur Lösung behandelt, die auch Teil der Dissertation von Frau Aline Hendrich sein werden. Dazu kam die Einbeziehung von externen Experten zu verschiedenen Technologiebereichen. Erfahrungs-Know-how zur Steigerung der Ressourceneffizienz soll in eine Datenbank eingespeist werden, die dann für die Maßnahmenbewertung herangezogen werden

kann. Das Projekt, das bis Ende 2022 läuft, wird vom Land Baden-Württemberg im Rahmen der Digitalisierungsstrategie gefördert und von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet.

1. Szenario-/ Hotspotanalyse

Prio	Prozessname	Verlust am Prozess [kg]	Gesamt-einsparpotenzial [kg]	Gesamt-einsparpotenzial [kg CO ₂ e]	Gesamt-einsparpotenzial [€]
①	Zerspanen	216 kg	300 kg	600 kg	3.030 €
②	Zuschneiden	200 kg	100 kg	300 kg	2.020 €
③	QA Check	80 kg	200 kg	100 kg	1.010 €

+ Kombination verschiedener Einsparungen berechnen

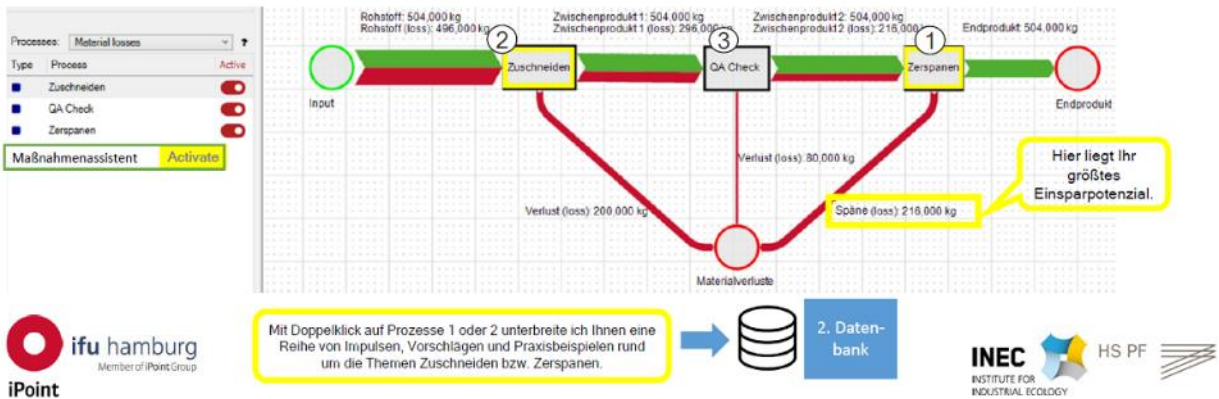


Abb. 4: Konzeption zur stoffstromgestützten Ermittlung von Einsparpotenzialen im MaFlMA-Projekt

Projekt ReDiBlock

Das Verbundprojekt „Ressourcenschonung durch Distributed-Ledgers- und Blockchain-Technologie für die industrielle Produktion und Kreislaufwirtschaft“ (ReDiBlock) wird federführend vom Thinktank Industrielle Ressourcenstrategien am KIT Karlsruhe durchgeführt. Das INEC ist unter Leitung von Prof. Mario Schmidt mit einem Teilprojekt beteiligt. Das Projekt läuft bis Ende 2022.

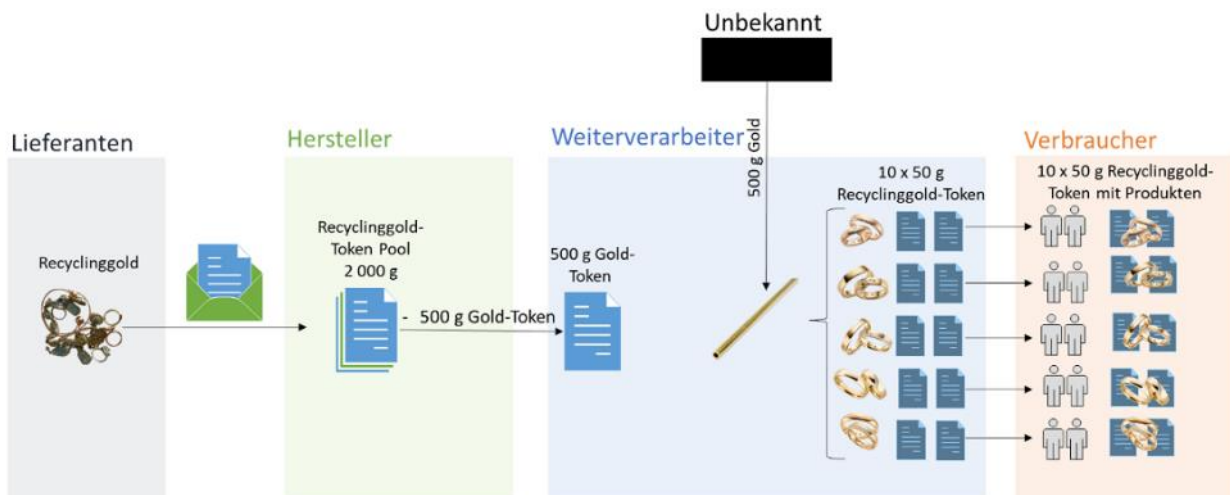


Abb. 5: Im Anwendungsfall Gold geht es um den Nachweis, dass das Gold sicher aus einem End-of-Life-Recycling stammt und nicht aus der Primärgewinnung im Bergwerk oder aus zweifelhaften Quellen

Im Jahr 2021 ging es vor allem darum, verschiedene Methoden des DLT zu sondieren und entsprechenden Anwendungsfällen im Umwelt- und Nachhaltigkeitsbereich zuzuordnen. Die Suche nach geeigneten Praxispartnern erwies sich als schwierig, nicht zuletzt durch die

Corona-Epidemie. Es fand sich aber mit der Firma C.HAFNER ein interessanter Anwendungsfall, bei dem es um die Verfolgung von Recycling-Gold in der Wertschöpfungskette geht. Da Gold einen sehr hohen ökonomischen Wert hat und sich der Carbon Footprint von Primär- und Sekundärgold erheblich unterscheidet, besteht in diesem Fall auch ein großes Interesse seitens der Praxis, entsprechende Methoden einzusetzen.

Projekt Dieffenbacher

Für die Firma DIEFFENBACHER GMBH Maschinen- und Anlagenbau in Eppingen wird ein Stoffstrom- und Simulationsmodell erarbeitet, mit dem der Energieeinsatz und insbesondere die damit verbundenen Treibhausgasemissionen errechnet werden können. Dazu werden die verschiedenen Verfahrensschritte analysiert, Daten erhoben, die Prozesse geeignet parametrisiert und Modellrechnungen durchgeführt. Das Projekt begann im Juli 2021 und wird im Frühjahr 2022 abgeschlossen. Die Projektleitung hat Prof. Dr. Mario Schmidt. Die Veröffentlichung der Ergebnisse ist geplant.



Abb. 6: Fabrik zur Holzfasерplattenherstellung. Foto: HSPF, Schmidt

Projekt Hafner

Im Auftrag der Pforzheimer Firma C.HAFNER wurden die Material- und Energieströme des Edelmetallrecyclings detailliert analysiert und daraus der Carbon Footprint für Sekundärmetalle ermittelt. Dabei wurden alle Prozesse bei der Scheideanstalt der Firma untersucht, Material- und Energieverbräuche ausgewertet und ein Stoffstrommodell aufgebaut. Das Projekt knüpfte an das BMBF-geförderte Projekt NAGOLD an, das sich mit den Umweltauswirkungen der Goldgewinnung befasste, lief unter Leitung von Prof. Dr. Mario Schmidt und wurde im Dezember abgeschlossen. Die Ergebnisse werden nach einem externen Critical-Review-Prozesse in 2022 veröffentlicht werden.

Projekt Zeller-Gmelin

Zusammen mit der Firma Zeller-Gmelin wurde untersucht, inwieweit der Einsatz von biogenem Grundöl zu einer Verringerung des Carbon Footprints von Schleifölen führt. Es wurde ein Life Cycle Assessment durchgeführt, bei dem auch Alternativen durchgerechnet wurden, insbesondere die Rückführung von Altölen und die Kreislaufführung der Produkte. Ergebnisse des Projektes werden teilweise in eine Bachelorthesis einfließen. Das Projekt wurde von Prof. Dr. Mario Schmidt geleitet.



Abb. 7: Aqua-Regia-Prozess zum Goldrecycling. Foto: HSPF, Schmidt

Projekt GrüNetz

Im März 2021 hat das Forschungsprojekt „Markteintritt grüner Gründungen durch zielgerichtete Vernetzung mit dem Mittelstand stärken“ (GrüNetz) am INEC begonnen. Ziel des Projekts ist es, Synergiepotenziale aus Kooperationen zwischen grünen Startups und dem Mittelstand in Baden-Württemberg mit passgenauen Themen- und Technologiefokussierungen zu fördern. Mit passenden Vernetzungs- und Matchmaking-Angeboten können die Umsetzung und Diffusion von Umweltinnovationen beschleunigt, zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen sowie signifikante Beiträge zu Klima- und Umweltschutz geleistet werden. Die Herausforderung liegt in der Entwicklung und Umsetzung eines tragfähigen Konzeptes, wodurch mit überschaubarem Aufwand passgerechte Kooperationen zwischen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und grünen Start-ups initiiert werden können.

Das Projekt wird am INEC von Anina Kusch und Prof. Dr. Lang-Koetz bearbeitet. Partner sind neben dem INEC die Landesagentur Umweltechnik BW GmbH (Verbundkoordinator) sowie die Innovations- und Start-up-Schmiede Grünhof GmbH aus Freiburg. Gefördert und finanziert wird das Vorhaben durch das Umweltministerium Baden-Württemberg und die Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

Zur Aktivierung und aktuellen Bedarfsanalyse hinsichtlich der Vernetzung sowie Kooperation zwischen KMU und grünen Start-ups wurden Unternehmen aus Baden-Württemberg angesprochen. Mithilfe von Interviews wurden Innovationssuchfelder der Unternehmen, der aktuelle Vernetzungsbedarf sowie Treiber und Barrieren von Kooperationen untersucht. Über eine Onlineumfrage mit 136 Teilnehmern fand eine breitere Analyse statt. Die ausgewerteten Ergebnisse mit Fokus auf die Teilnehmergruppen „Start-ups“ und „KMU“ liefern wertvolle Hinweise für die Konzeption und Durchführung von zukünftig geplanten gezielten Matchingevents im Rahmen des Projektes.

Projekt InnoDiZ

Ziel des Forschungsprojekts „Selbstorganisiertes Innovationsmanagement im digitalen Zeitalter“ (InnoDiZ) war die Ausarbeitung und Erprobung einer Blended-Learning-Weiterbildung mit Online-Plattform für die virtuelle überbetriebliche Zusammenarbeit kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU). Damit sollte das zunehmend selbstorganisierte Innovationsmanagement in KMU unterstützt werden (siehe www.innodiz.com). Das dreijährige Forschungsprojekt startete am 01.01.2019 und wurde im Rahmen des Förderprogramms „Zukunft der Arbeit“ als Teil des Dachprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ vom BMBF und dem Europäischen Sozialfond gefördert (FKZ 02L17C50).

Die InnoDiZ-Arbeitsgruppe an der Hochschule Pforzheim bestand aus Prof. Dr. Claus Lang-Koetz, Annika Reischl und Anina Kusch vom INEC sowie Prof. Dr. Stephan Fischer und Dr. Sabrina Weber vom IfP. Gemeinsam mit zwei weiteren Entwicklungspartnern des Projekts wurde auf Basis der fachlich-inhaltlichen Anforderungen der fünf KMU-Anwendungspartner ein Curriculum für die Weiterbildung „Innovationsmanagement in KMU“ konzipiert. Dazu gehörte die Auswahl geeigneter klassischer und agiler Innovationsmanagement-Methoden, die in der Praxis benötigt werden und eine hohe Akzeptanz erfahren. Diese wurden für die Zielgruppe der KMU didaktisch sinnvoll aufbereitet und im Rahmen der entwickelten Weiterbildung „Innovationsmanagement in KMU“ zur Verfügung gestellt.

Das Forschungsprojekt InnoDiZ verfolgte eine iterative Entwicklung und Ausweitung der entwickelten Blended-Learning-Weiterbildung in drei Runden. Über diese drei Runden erfolgte sukzessive der Auf- und Ausbau von firmenübergreifender themenbezogener Vernetzung. Im Berichtszeitraum 2021 standen die Durchführung, der Abschluss und die Evaluation der zweiten Runde der entwickelten Blended-Learning-Weiterbildung an. Wesentliche Ansatzpunkte im Projekt InnoDiZ sind ein starker Bezug zu konkreten laufenden Innovationsprojekten der Teilnehmenden und der firmenübergreifende Austausch.

Zentrales Ergebnis des Forschungsprojekts ist ein im Projektkonsortium entwickeltes Vorgehensmodell für ein selbstorganisiertes Innovationsmanagement in KMU. Es beruht auf einer situationsadäquaten Auswahl von klassischen oder agilen Methoden in den Phasen eines Innovationsprojekts oder im Innovationsprozess. Grundgedanke dahinter ist die in der Innovationsforschung (Stichwort: Ambidextrie) entwickelte Unterscheidung zwischen Exploitation und Exploration und die sich daraus ergebenden Anforderungen an die zu wählenden konkreten Methoden.



Abb. 8: Präsentation von InnoDiZ-Ergebnissen auf dem „Innovationstag Nordschwarzwald“

Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt InnoDiZ wurden 2021 an mehreren Stellen publiziert bzw. zur Publikation vorbereitet (alle Veröffentlichungen als „open access“). Im Frühjahr 2021 fand der „Innovationstag Nordschwarzwald“ statt und im Rahmen eines virtuellen Workshops präsentierte Prof. Dr. Fischer Projektergebnisse und Prof. Dr. Lang-Koetz zeigte Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis.

Projekt InNOSys

Im letzten Jahr des Projektes „Integrierte Nachhaltigkeitsbewertung und -optimierung von Energiesystemen“ (InNOSys) wurde die vergleichende Bewertung vorhandener Energiesystemszenarien für Deutschland 2050, im Hinblick auf ökologische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Wirkungen, abgeschlossen. Die Ergebnisse wurden bei einem virtuellen Workshop dem internationalen Publikum vorgestellt. Teil der Ergebnisse bilden Lebenszyklusdaten von Energietechnologien, welche auch Eingang in die Ökobilanzdatenbank ecoinvent gefunden haben. Darüber hinaus wandte das INEC multikriterielle Entscheidungsunterstützungsverfahren an, um mithilfe von 22 Indikatoren die Nachhaltigkeitsbewertung von Energiesystemszenarien durchzuführen. Das Projekt wurde von Prof. Dr. Tobias Viere und Prof. Dr. Ingela Tietze geleitet.

Projekt InPEQt

Im Februar 2021 startete das von Prof. Dr. Ingela Tietze und Prof. Dr. Tobias Viere geleitete Projekt „Integrierte kosten- und lebenszyklusbasierte Planung dezentraler Energiesysteme für eine energie- und ressourcenschonende Quartiersentwicklung“ (InPEQt). Im ersten Projektjahr erfolgte eine Weiterentwicklung des Energiesystemmodells LAEND. LAEND fokussiert auf die Optimierung der Stromerzeugung in Quartieren, also kleinen räumlichen Einheiten innerhalb von Städten und Gemeinden. Für LAEND wurde am INEC das Energiesystemmodell oemof mit der Ökobilanzsoftware openLCA gekoppelt und nun so erweitert, dass die für die Energiewende notwendige Sektorenkopplung mitanalysiert werden kann. Quartiere in Konstanz, Gerstetten und Wiernsheim werden zur Sicherstellung der Praxistauglichkeit des Modells im weiteren Verlauf des Projekts untersucht. Um die Umsetzungschance der klimaneutralen und umweltschonenden Energieversorgungskonzepte in den Beispielquartieren zu erhöhen, sind Stakeholder-Dialoge in den Quartieren Bestandteil des Vorhabens.

Projekt GAMMA/PLUS4WM

Die Kombination von Lean-Management-Themen und Ressourceneffizienz trieb Prof. Dr. Frank Bertagnoli auch im Jahr 2021 weiter voran. In diesem Rahmen hat er zwei Drittmittelprojekte mit der Industrie durchgeführt und auch Ergebnisse publiziert.

Das Projekt „GAMMA“ bei der Firma Witzenmann hatte seinen Schwerpunkt auf der ganzheitlichen Analysemethodik zur Materialflusseffizienzsteigerung für eine Einzelanfertigung. Hierin ist die komplette Neuordnung des Produktionssystems nach Lean-Prinzipien und deren Bewertung enthalten. Das Projekt lief bis Mai 2021.

Im Anschluss wurde mit dem Geschäftsprozessmanagement der Firma Witzenmann ein neues Projekt gestartet: „Prinzipienorientierte Lean-Einschätzung und Schwerpunktidentifikation für Witzenmann“ (PLUS4WM). Hierzu wurde in mehreren Produktionsbereichen eine Lean-Reifegrad-Bewertung mit neuen Lean-Schwerpunkten durchgeführt. Die Methodik befindet sich aktuell im Versuchsstadium und wird anhand der Ergebnisse weiterentwickelt. Ziel ist die Ausarbeitung einer Reifegradmessung auf der Ebene von Lean-Prinzipien in den Dimensionen Strategie, Prozess und Kultur. So entsteht eine umfassende und ganzheitliche Einschätzungsmethodik inklusive Handlungsrückmeldung und Stellhebeln. Gleichzeitig entsteht ein abgestimmtes Lean-Kennzahlen-Set mit dem Schwerpunkt auf der Durchlaufzeit. Die Vorgehensweise ist experimentell und wird auch auf andere Prozesse in weiteren Geschäftsfeldern angewendet.

Durch den ganzheitlichen Ansatz des Projektes ergaben sich weitere Themen abseits der Produktion, wie „Lean in der Administration“ (Start mit 5S), und neue Themenstellungen aus dem Feld der Kombination von „Lean und Digital“.

Projekt WELLE 4,5

Das Projekt mit der Firma LGI „Weiterentwicklung und Auditierung Ideallogistik – Lean Logistics“ wurde unter dem Begriff „WELLE 4,5“ von Prof. Dr. Frank Bertagnolli neu aufgesetzt. Zuvor wurde die 3. Welle, coronabedingt verzögert, erfolgreich abgeschlossen. Es wurde die Konzeption einer Ideallogistik nach den Prinzipien der schlanken Logistik (Lean Logistic) weiterentwickelt. Ziel ist die Abbildung eines Logistikprozesses in eine Modelllogistik (analog Modellfabrik) und die Anwendung auf die firmeninternen Wertströme inklusive eines Vergleiches mit externen Benchmarks. Die Umsetzungen finden pilothaft in Umsetzungsprojekten an verschiedenen Standorten der Firma statt.

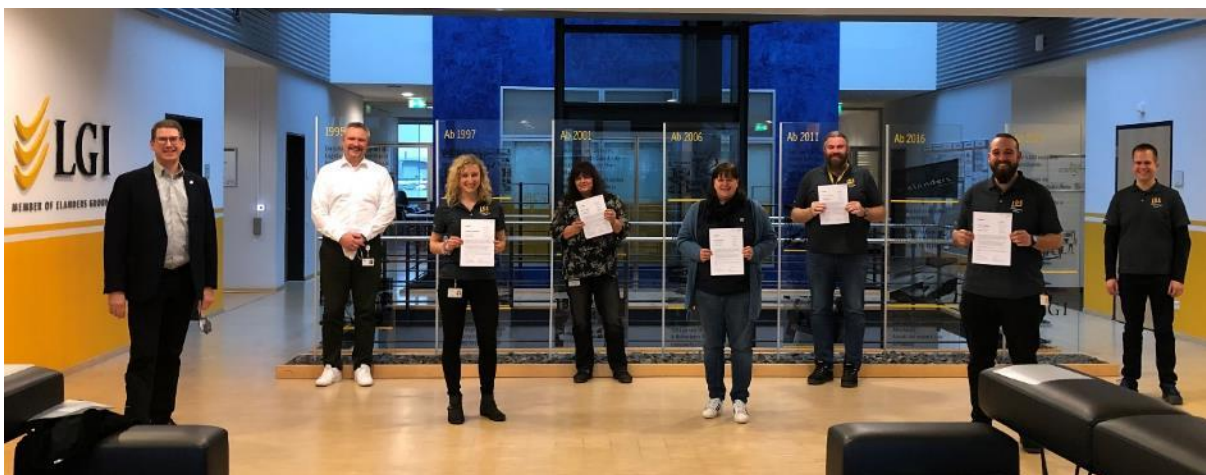


Abb. 9: Teilnehmer/-innen der Lean-Logistic-Umsetzungen bei der LGI mit Bereichs- und Geschäftsleitung und Prof. Dr. Bertagnolli. Foto: LGI

Projekt EAT-Regional

2021 wurde im Projekt EAT-Regional (Leitung: Prof. Dr. Woidasky) durch den Projektpartner Key-Work eine Online-Plattform zur Planung und Beschaffung regionaler Gruppenverpflegung entwickelt und mehrfach auf Nutzbarkeit durch ausgewählte Nutzer geprüft. Ausgehend von drei Freizeithäusern im Südwesten Deutschlands, die in Kooperation mit der Bio-Musterregion Enzkreis untersucht wurden, sollen zukünftig flächendeckend zunächst in Baden-Württemberg und später deutschlandweit Ehrenamtliche über diese Online-Lösung einfachen Zugang zu regionalen Direktvermarktern für ihre Gemeinschaftsverpflegung bekommen. Dazu wurden unter Leitung des INEC praxisrelevante Informationen für Ehrenamtliche, die Gruppenverpflegung zubereiten, zusammengestellt.



Abb. 10: Biolandwirt Horst Reiser (l.) erläutert Staatssekretärin Kurtz (Mitte) seine Wirtschaftsweise mit Zweinutzungshühnern (Archivfoto: HSPF/Woidasky).

Darüber hinaus wurde eine Masterarbeit (Ulmer, K.: „Entwicklung eines Marketing- und Kommunikationskonzepts für das Gründungsunternehmen EAT-Regional“, Masterarbeit im Studiengang Marketing Intelligence, Hochschule Pforzheim, 23.09.2021) zum Vorhaben fertiggestellt, deren Ergebnisse durch den Projektpartner Financial Coaching Johannes Häfele zur Markenbildung weiter genutzt und fortgeschrieben wurden. Im Rahmen eines Vor-Ort-Termins beim assoziierten Partner Biolandhof Reiser wurde das Vorhaben Sabine Kurtz, Staatssekretärin aus dem Landesministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz und der Landtagsabgeordneten des Wahlkreises Ettlingen, Christine Neumann-Martin, vorgestellt (siehe Abbildung 10). Für 2022 sind der Projektabschluss sowie die Gründung einer Genossenschaft zur Verstetigung der Projektergebnisse beabsichtigt.

Projekt ZAFH ENsource

Das Zentrum für Angewandte Forschung (ZAFH) ENsource (Leitung: Prof. Dr. Hendrik Lambrecht) wurde am 31.03.2021 offiziell abgeschlossen. Ein Buch mit den Ergebnissen wurde in 2021 veröffentlicht.

Publikationen, Vorträge und Mitgliedschaften

In Kooperation mit der Mercedes-Benz AG in Bremen konnte Prof. Dr. Frank Bertagnolli den Artikel „Nachhaltige Problemlösung in digitalisierten Prozessen“ in *Industrie 4.0 Management* (5/2021, S. 31 – 34) über die Kombination von Lean, Digitalisierung und Problemlösung publizieren. Zur weiteren Forschungsfeldklärung von Lean und Green führte er ein Literature Review durch und publizierte es im *Journal for Sustainability*: „The Application of Lean Methods in Corporate Sustainability – A Systematic Literature Review“ (*Sustainability* 2021, 13, 12786, MDPI). Die Ergebnisse wurden anhand der VDI-Richtlinie zu Produktionssystemen gespiegelt. Somit konnten noch offene Potenziale im Bereich Lean und Nachhaltigkeit identifiziert werden, wie beispielsweise die Unterrepräsentation der Einfachautomatisierung „Karakuri“ oder im Bereich der Logistik (Milkrun).

Nach Abschluss des BMBF-Projekts MaReK (Markerbasiertes Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffverpackungen) in 2020 wurden im Jahr 2021 mehrere Fachartikel mit dem Themenschwerpunkt Circular Economy unter Leitung von Prof. Dr. Claus Lang-Koetz und Prof. Dr. Jörg Woidasky veröffentlicht. Der Forschungsfokus auf Geschäftsmodelle und Circular Economy wurde, auch über zwei sehr gelungene Masterarbeiten, weiter vertieft und veröffentlicht.

Prof. Dr. Ingela Tietze und Prof. Dr. Tobias Viere hatten beim Jahrestreffen des Forschungsnetzwerks Energiesystemanalyse den Workshop „Die Nachhaltigkeitsbewertung von Energiesystemen – Herausforderung für die Wissenschaftskommunikation“ angeboten. Außerdem hatte Prof. Tietze auf der IAEE-Konferenz „Energy, Covid and Climate Change“ im Juni sowie im Dezember im VDE Kolloquium 2021 einen Vortrag. Prof. Tietze war im Juli wieder Mitglied der Jury zum Keffizienzgipfel.

Prof. Dr. Claus Lang-Koetz hatte 2021 zahlreiche Vorträge gehalten, z.B. auf der Konferenz zum Abschluss des BMBF-Förderschwerpunkts „Plastik in der Umwelt“ im April 2021, bei der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. im Mai 2021, auf der 15. Netzwerkkonferenz des BilRess-Netzwerk: Bildung für Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz im September 2021 Friedberg, und hatte einen Session Chair auf der 10th International Conference on Life Cycle Management im September in Stuttgart sowie einen Session Chair auf der R&D Management Conference 2021 in Strathclyde, UK im Juli 2021.

Prof. Dr. Frank Bertagnolli hatte u.a. Vorträge beim VDI Karlsruhe zu „Lean Empowerment“ im Juni 2021, vor Führungskräften der Daimler AG im Sept. 2021, beim internationalen Witzemann-Digitalforum „Lean and Digital“ im Sept. 2021 und beim Gründer-VLOG der DFPF im November 2021.

Prof. Dr. Tobias Viere hatte u.a. einen Vortrag zum Thema „Teaching LCA in Higher Education“ im Rahmen der FSLCI-Webinar-Serie, dann im Mai 2021 bei der EMAN/CSEAR Conference (Nantes), sowie einen Vortrag und Podiumsdiskussion im Rahmen der Session „Societal Level Impacts of connected and automated vehicles: how to help European cities in this journey?“ des 3e Grand rendez-vous annuel de la vie robomobile, einer hochrangigen französischen Mobilitätstagung, und zusätzlich die Leitung des Workshops „Die Nachhaltigkeitsbewertung von Energiesystemen – Herausforderung für die Wissenschaftskommunikation“ im Rahmen des Jahrestreffens 2021 des Forschungsnetzwerks Energiesystemanalyse (Berlin). Im Juli war er Panelist der Podiumsdiskussion „Beyond MWs: The wider dimensions of the energy transition“ im Rahmen des Vienna Energy Forum 2021.

Das INEC war mit mehreren Vorträgen (Prof. Schmidt, Dr. Haubach, Hr. Bodrogi, Fr. Hendrich) beim baden-württembergischen Kolloquium Umweltforschung am 6. Juli 2021 vertreten. Dazu kamen Vorträge bei der 11th European Metallurgical Conference 2021 der GDMB (Gesellschaft der Metallurgen und Bergleute) vom 27. bis 30. Juni 2021 (Hr. Fritz), bei der Ökobilanzwerkstatt 2021 im September an der Universität für Bodenkultur Wien (Hr. Fritz) und auf der NIBES Research Conference am 23. November (Fr. Preiß, Fr. Vogt, Hr. Bodrogi, Fr. Hendrich). Dr. Haubach war beteiligt an dem BDI-Webtalk: Circular Economy – Examining Toolkits to Combat Climate.

Im September 2021 wurde das Institut von einer Gruppe von Executive-Master-Studenten der französischen ICN ARTEM Business School an der Université de Lorraine in Nancy unter Leitung von Prof. Dr. Klaus-Peter Schulz besucht. Das Interesse lag bei den Ansätzen zum nachhaltigen Innovationsmanagement sowie zur Ressourceneffizienz in Unternehmen. Prof. Dr.

Claus Lang-Koetz und Prof. Dr. Mario Schmidt stellten die Ansätze und Projektergebnisse des INEC vor.

Großes Interesse erfahren derzeit die Themen Carbon Footprint und Klimaneutralität und ihre Relevanz für Unternehmen. Als Mitglied eines Normierungsgremiums auf DIN/ISO-Ebene wurde Prof. Dr. Mario Schmidt zu zahlreichen Workshops und Tagungen im In- und Ausland eingeladen, darunter von der Deutschen Energie-Agentur (DENA) in Berlin (Okt. 2021), den Bayerischen Ressourceneffizienztagen (Sept. 2021) oder der Deutschen Kautschuk-Gesellschaft (April 2021). Auf dem Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaftskongress im Oktober in Stuttgart war Prof. Dr. Mario Schmidt zu einem Plenumsvortrag eingeladen.



Abb. 11: Prof. Dr. Mario Schmidt mit [Plenumsvortrag](#) beim Ressourceneffizienz-Kongress im Oktober in Stuttgart

Außerdem wurde Prof. Dr. Mario Schmidt im Frühjahr 2021 in die Ressourcenkommission des Umweltbundesamtes berufen. Er ist Mitglied in dem neu gegründeten Arbeitskreis des DIN zum Thema „Klimawandel“ sowie im Fachbeirat „Circular Economy“ des DIN und DKE. Er wurde weiterhin zum Leiter des Richtlinienausschusses „[VDI 4800 Ressourceneffizienz](#)“ des Vereins Deutscher Ingenieure und zum stellvertretenden Leiter des VDI-Fachausschusses Ressourceneffizienz gewählt.

Die vom INEC organisierte Ringvorlesung Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit brachte in 2021 spannende Vorträge und Themen von externen und internen Wissenschaftler/-innen und Praxisvertreter/-innen an die Hochschule. Pandemiebedingt größtenteils als Digitalveranstaltung konzipiert, wurde u. a. das Oberthema Klimaneutralität aus dem Blickwinkel von Startups, Juristen, der Chemieindustrie und Hochschulen behandelt.

Das Forum for Sustainability through Life Cycle Innovation (FSLCI) ist ein weltweit aktives, gemeinnütziges Netzwerk von Praktiker/innen und Forscher/innen. Seitens des INEC bringt sich Prof. Dr. Tobias Viere dort gemeinsam mit Prof. Guido Sonnemann (Universität Bordeaux) als Leiter der Arbeitsgruppe „LCA in higher education“ ein, die in 2021 unter anderem eine globale empirische Studie zum Thema „Teaching LCA in higher education“ koordiniert und durchgeführt hat, deren Ergebnisse in 2022 veröffentlicht werden.

Prof. Dr. Tobias Viere ist auch als Reviewer für zahlreiche Fachzeitschriften gefragt und war in 2021 unter anderem Mitglied des Program Committee und Session Host der Life Cycle Management Conference (LCM), einer großen anwendungsnahen Fachtagung im Themenfeld LCA.

Erfolgreiche Projektanträge

Mehrere Projektanträge, die 2021 eingereicht wurden, wurden zum Jahresende positiv entschieden, so dass der Projektstart in 2022 erfolgen kann.

Im BMBF-geförderten Projekt „**Integratives Ressourceneffizienz-Management für mittelständische Unternehmen der chemischen Industrie**“ (IRMa) wird fallstudienbasiert am Beispiel der chemischen Industrie untersucht, wie ein Integriertes Ressourceneffizienz-Management für mittelständische Unternehmen konzipiert und umgesetzt werden kann. Die übergeordneten Ziele des Projekts IRMa sind die systematische Erschließung des Kreislaufwirtschaftlichen und des damit verbundenen Energie- und Ressourceneffizienzpotenzials: durch Rückführung von Energie- und Stoffströmen in den Produktionskreislauf werden Energieverluste und Abfälle reduziert. Dies soll mit einem konsistenten methodischen Ansatz für KMU der chemischen Industrie sichergestellt, modellhaft validiert und transferorientiert aufbereitet werden. Projektleiterin ist Prof. Dr. Ingela Tietze.

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

Im BMBF-geförderten Projekt „**Kreislauf-E-Wende – Kreislauffähige Energiewende: Bilanzierung der Minderung von Treibhausgasen durch zukünftige Materialkreisläufe im Lebenszyklus energietechnischer Anlagen und Komponenten**“ werden methodische Bausteine für die Bilanzierung von Materialien in einer zukunftsorientierten („ex-ante“) LCA energietechnische Komponenten und Anlagen entwickelt. Diese methodischen Bausteine kommen zum Einsatz sowohl für die Bilanzierung von Primärmaterialien, die durch Sekundärmaterialien substituiert werden, als auch für die Analyse von Materialkreisläufen in großen Zeiträumen. Das Vorhaben wird in Kooperation mit der Technischen Universität Darmstadt, der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. in München und der Siemens Energy Global GmbH & Co. KG durchgeführt. Projektleiter ist Prof. Dr. Mario Schmidt.

Im Rahmen des Förderprogramms „Zukunftsprogramm Wasserstoff BW“ (ZPH2) ist das Projekt „**H2Chemie2050 – Ohne Umwege zum grünen Wasserstoff in der chemisch-pharmazeutischen Produktion bis 2050**“ geplant, das zusammen mit Evonik Operations GmbH Rheinfelden bearbeitet wird. Auf Basis realer Technik- und Prozessoptionen am Standort Rheinfelden sollen der optimale und effizienteste Weg vom „grauen“ hin zum „grünen“ Wasserstoff auf Basis von ökobilanziellen und techno-ökonomischen Bewertungen ermittelt werden. Dabei wird sowohl die zeitliche Komponente als auch das unterschiedliche Zusammenwirken verschiedener Techniken und Prozesse betrachtet. Projektleiter sind Prof. Dr. Mario Schmidt und Dr. Christian Haubach.

Unter Leitung von Prof. Dr. Hendrik Lambrecht wurde erfolgreich eine Skizze für KliReGeM „**Klimaresilientes Gebäudemanagement**“ mit dem Kooperationspartner Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft der Stadt KA eingereicht. Es folgt nun der Vollantrag. Mit einem Förderbeginn ist in 2022 zu rechnen. In dem Projekt werden ausgehend von der ökobilanziellen Bewertung konkreter Klimaanpassungs-Szenarien Handlungs-Leitlinien entwickelt, mit denen Klimaanpassung und Klimaschutz frühzeitiger und effektiver als heute üblich in der Projektentwicklung des städtischen Gebäudemanagements verankert werden. In KliReGeM entstehen

Best-Practice-Beispiele für klimaresilientes Bauen, die als Vorbilder für andere Kommunen und auch für gewerbliche Nichtwohngebäude dienen können.

Großen Erfolg hatte auch ein internationales und hochkarätiges Konsortium unter Beteiligung des INEC bei einem EU-Call zu Climate sciences and responses (HORIZON-CL5-2021-D1-01) mit dem Projekt „**Circular Economy Modelling for Climate Change Mitigation**“ (**CircoMod**). Die Dekarbonisierung der Produktion und des Verbrauchs von Produkten und Materialien spielt eine entscheidende Rolle bei der Erreichung ehrgeiziger Klimaziele. Daher kann ein neues Kreislaufwirtschaftssystem, das darauf abzielt, den Einsatz von Primärmaterialien zu reduzieren (zusätzlich zu Energieeffizienz und Brennstoffverlagerung), sowohl die Treibhausgasemissionen (THG) senken als auch die Ressourceneffizienz steigern. Die aktuellen Modelle und Szenarien zur Verringerung der Treibhausgasemissionen, die den Entscheidungsträgern in der Klimapolitik als Grundlage dienen, enthalten jedoch in der Regel keine Optionen für die Kreislaufwirtschaft (CE). Sie berücksichtigen auch nicht die möglichen Synergien der Kreislaufwirtschaft mit anderen gesellschaftlichen Zielen wie den Nachhaltigen Entwicklungszielen (SDGs) oder die Herausforderungen, die mit der Umgestaltung von Wertschöpfungsketten und dem Verbraucherverhalten verbunden sind. CIRCOMOD geht diese Herausforderungen an, indem es eine neue Generation fortschrittlicher Modelle und Szenarien entwickelt, die bewerten, wie CE in Zukunft Treibhausgasemissionen und Materialverbrauch reduzieren kann. Das Projekt bringt ein einzigartiges Konsortium führender Forschungsteams aus verschiedenen Disziplinen zusammen, darunter industrielle Ökologie und Materialflussmodellierung, prozessorientierte integrierte Bewertungsmodellierung und makroökonomische Modellierung. Es zielt auf einen Durchbruch bei der Integration von CE und GHG durch die Entwicklung eines analytischen Rahmens, der Strategien der Kreislaufwirtschaft auf bestehende einflussreiche Klimaszenarien abbildet; durch die Bereitstellung robuster und aktueller CE-Daten in einem offenen Repository; und durch die Verbesserung der Darstellung der CE in führenden Modellen, die von europäischen und globalen Institutionen verwendet werden, bei gleichzeitiger Stärkung der Verbindungen zwischen den Modellen. Diese wichtigen wissenschaftlichen Durchbrüche ermöglichen solide wissenschaftliche Bewertungen in Zusammenarbeit mit Interessengruppen aus Politik und Industrie. Es wird rechtzeitig Beiträge zu internationalen Bewertungen wie dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) und dem International Resource Panel (IRP) liefern. CIRCOMOD wird verwertbare Erkenntnisse über die Kreislaufwirtschaft liefern und dazu beitragen, eine der größten Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte zu bewältigen.

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

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

1.1.2 Institut für Smart Systems and Services – IoS³

Das Jahr 2021 verlief für das Institut wiederum sehr erfolgreich. Es wurden sowohl laufende Forschungsprojekte weitergeführt bzw. abgeschlossen als auch neue Projekte akquiriert, die im Jahr 2022 beginnen werden.

Im Jahr 2021 neu hinzugekommen sind die Forschungsprojekte:

- IDEAS – Integrated Data Models for the Engineering of Automation Security (Prof. Dr. Rainer Drath).
- AOLED – Automotive OLED: Advanced Optical Evaluation Methods (Prof. Dr. Blankenbach)

Die folgenden Projekte wurden im Jahr 2021 weitergeführt:

- Digital Hub Nordschwarzwald „RESPOND“ – Steigerung der regionalen Wettbewerbsfähigkeit durch personalisierte (kontextbasierte), digitale Produkte und Dienstleistungen (Prof. Dr. Kölmel, Prof. Dr. Bulander)
- METHODS – Modular Engineering Techniques for Heterogeneous Discrete Systems (Prof. Dr.-Ing. Rainer Drath, Prof. Dr.-Ing. Mike Barth, Prof. Dr.-Ing. Thomas Greiner)
- HOME-KI – Methoden in der künstlichen Intelligenz zur Gebäudeautomatisierung (Prof. Dr. Schmitz)
- INTEGRAL: InNOvationsbeschleuniger rEGion nORdschwArzwaLd (Prof. Dr. Kölmel, Prof. Dr. Bulander)
- Reifegradmessung der Digitalisierung von Kommunen in Baden-Württemberg (Prof. Dr. Kölmel, Prof. Dr. Bulander)
- Mittelstand 4.0 – Kompetenzzentrum Stuttgart (Prof. Dr. Kölmel, Prof. Dr. Bulander)
- IMPACT – Innovative Methods for Programming of Automation Control Technology (Prof. Dr. Greiner, Prof. Dr. Drath)
- Komo3D – Kontextsensitives mobiles 3D-Multisensorsystem (Prof. Dr. Greiner)
- TrueCultureDig – Transformation von Unternehmenskulturen durch innovative Prozesstechnik und -organisation in Abhängigkeit KMU-spezifischer Digitalisierungsstrategien (Prof. Dr. Weiß)
- ZAFH MikroSens – Innovative Millimeterwellen-Sensorik für industrielle Anwendungen (Prof. Dr. Rech, Prof. Dr. Kesel)

Im Folgenden wird näher auf die einzelnen Projekte eingegangen:

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

Gegenstand des Vorhabens ist es, den Security-Engineering-Prozess für Automatisierungssysteme erstmals effizient in den bestehenden Automation-Engineering-Prozess zu integrieren und dafür Datenmodelle und Software-Werkzeuge zu entwickeln. Zielgruppe für das Engineering-Tool sind Automatisierungs- bzw. Leittechnikingenieure, die somit Security bei der Entwicklung und Pflege ihrer Systeme im Sinne von „Security by Design“ direkt berücksichtigen können.

Dazu soll zunächst ein Phasenmodell des Engineeringprozesses für Automatisierungssysteme um Security Engineering ergänzt werden, wobei auch die relevanten Ein- und Ausgangsgrößen für das Security Engineering definiert werden. Basierend darauf wird eine Merkmalsbibliothek für die Security-Domäne erstellt, die sowohl Security-Anforderungen als auch deren Umsetzung abdeckt. Im zweiten Schritt soll durch die Entwicklung eines AutomationML-Datenmodells die Übertragung der Security-Engineering-Ergebnisse in andere Ingenieurdomänen ermöglicht werden. Schließlich wird auf Basis des Engineering-Prozesses, der Merkmalsbibliothek und des Datenmodells ein Demonstrator für ein Software-Werkzeug entwickelt, der die Anwendbarkeit des Datenmodells im Security-Engineering-Prozess nachweist. Konkret sollen die nachfolgend formulierten Forschungsfragen beantwortet werden (vgl. auch Abbildung 1):

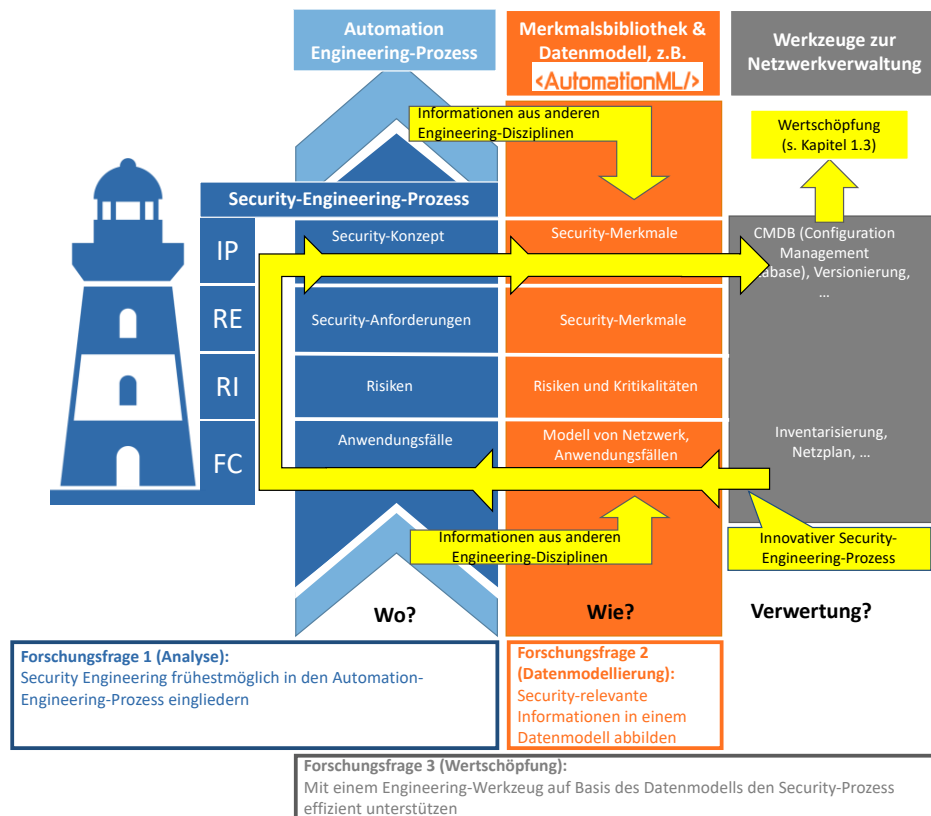


Abb. 1: Zielbild und Forschungsfragen

Forschungsfrage 1: Analyse: Wie kann sich Security-Engineering künftig frühestmöglich in den Engineering-Prozess einer automatisierten Anlage eingliedern?

Forschungsfrage 2: Datenmodellierung: Wie und in welchen Phasen des Automatisierungs-Engineerings können Security-relevante Informationen in einem elektronischen Datenmodell systematisch abgebildet werden?

Forschungsfrage 3: Wertschöpfung: Wie kann auf Basis des Datenmodells mittels eines Engineering-Werkzeugs der Security-Engineering-Prozess effizient unterstützt werden?

Das Projekt ermöglicht die Promotion von einem Doktoranden und wird in Zusammenarbeit mit dem Konsortialführer admeritia GmbH für 3 Jahre bearbeitet.

AOLED – „Automotive OLED: Advanced Optical Evaluation Methods“ (Prof. Dr. Blankenbach)

Displays spielen eine immer wichtigere Rolle in zunehmend automatisierten Fahrzeugen. Da auch sicherheitsrelevante Informationen wie beispielsweise die Geschwindigkeit sowie Navigationshinweise angezeigt werden, ist eine hochqualitative Wiedergabe bei allen Bedingungen von Tag und Nacht sowie bei tiefen und hohen Temperaturen unabdingbar zur Begrenzung der Driver Distraction. Neuerdings werden neben den etablierten „einfachen“ LCDs auch „Local Dimming“ LCDs (FALD) und OLEDs in Fahrzeugen eingesetzt. Beifahrer und zukünftig auch der von der Fahraufgabe entlastete „Fahrer“ werden länger und intensiver Inhalte auf den verbauten Displays betrachten. Somit muss auch deren Bildqualität gesteigert werden um letztendlich auch „Smartphone-Qualität“ zu erzielen. Das Projekt befasst sich mit neuen optischen messtechnischen Ansätzen zur quantitativen Beurteilung und der Evaluierung von Displays. Erste Ergebnisse zeigt die **Abb. 2**: Helle Bildinhalte strahlen in benachbarte dunklere Bereiche (links), dieser Effekt wird „Halo“ genannt. Die „Stärke“ dieses Effektes hängt von einer Vielzahl von Parametern der Displaytechnik und des Paneldesigns ab. Die messtechnischen Herausforderungen bestehen darin, diesen Effekt klar zu identifizieren (hier durch Kurvenverlauf unabhängig von der Leuchtdichte) und durch „Abdecken“ des „Halo“ des Messkamera-Systems (interne Reflexionen an Oberflächen) Störeinflüsse zu vermeiden. Ein Beispiel ist rechts dargestellt: Der Halo eines sehr guten FALD LCDs ist ca. achtmal so groß wie der eines OLEDs. Dies liegt an dem quasi „unendlich“ hohen Kontrast des OLEDs im Vergleich zu ca. 1.300:1 des LCDs. Die gemessenen Effekte und deren Größe wurden durch Probandenversuche bestätigt.

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

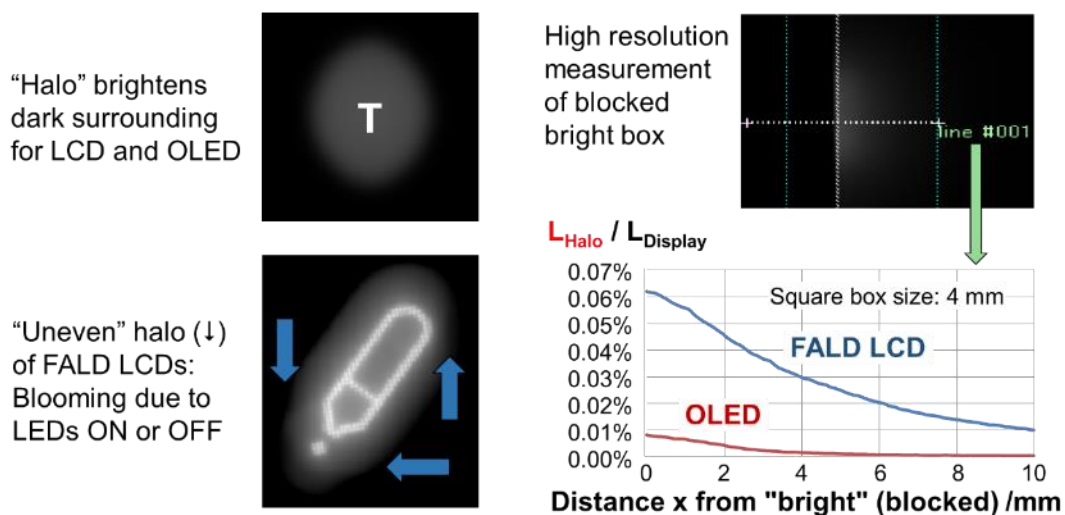


Abb. 2: Sicht- und messbare Effekte von „Halo“ (Übersprechen, links) und Messungen dieses Effektes (rechts) für ein Local Dimming LCD und ein automotive OLED

Digital Hub Nordschwarzwald „RESPOND“ (Prof. Dr. Kölmel, Prof. Dr. Bulander)

Der **Digital Hub Nordschwarzwald** mit seinen drei Standorten in Pforzheim, Nagold und Horb ist die zentrale Anlaufstelle für alle Themen im Bereich Digitalisierung für kleine und mittlere Unternehmen sowie für Existenzgründer und Start-ups in der Region Nordschwarzwald. Zielsetzung des Projektes ist die Unterstützung von kleinen und mittelständischen Unternehmen im Rahmen des digitalen Wandels. Das Know-how der regionalen Unternehmen soll mit dem Wissen von Digitalisierungsexpertinnen/-experten, Hochschulen und anderen Initiativen in die-

sem Bereich zusammengebracht werden. So können neue Perspektiven diskutiert und Impulse für den digitalen Wandel gesetzt werden. Diese Ergebnisse der Arbeit werden in wissenschaftlicher Form verwertet. Dazu zählen Publikationen über z.B. Best Practices, Grundlagen zu verschiedenen Themenschwerpunkten oder Wissensportionen. Die Werke werden u.a. über die Homepage (<https://digitalhub-nordschwarzwald.de/>) zur Verfügung gestellt.

Ferner hat der Digital Hub Nordschwarzwald ein vielfältiges Angebot für kleine und mittlere Unternehmen: Veranstaltungen (z.B. Workshops, branchenbezogene Informationsveranstaltungen), individuelle Angebote (z.B. Mentoring-Netzwerke, kostenfreie Initialberatung, Digitalisierung), Schulungs- und Weiterbildungsangebote (z.B. im Bereich E-Commerce) ebenso wie räumliche Angebote (z.B. Experimentierräume, Co-Working Spaces). Bei dem Angebot wird dabei der Schwerpunkt auf folgende Themen gesetzt: Personalisierte bzw. kontextadaptive Produkte und Dienstleistungen, Digitaler Zwilling, Digitalisierung im ländlichen Raum, Neue Geschäftsmodelle, Mentoring-Netzwerke, Schulungen und Weiterbildung im Bereich digitaler Handel/ E-Commerce, Sensibilisierung künftiger Fachkräfte für die Digitalisierung, Qualifizierung und Führung im digitalen Zeitalter, Existenzgründungen und Start-ups.



Abb. 3: Beispiel für eine Veranstaltung des Digital Hubs Nordschwarzwald im September zum Thema: Hackathon Pforzheim Retail 4.0

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

Das Ziel von METHODS ist 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.

Zum Erreichen dieser Wandelbarkeit und einer PnP-fähigen Anlage ist eine umfassende Selbstbeschreibung der Module erforderlich, d. h., es soll zuerst ein Meta-Informationsmodell für Fertigungsmodule auf Basis einer Anforderungs-, Anwendungsfall- und Literaturanalyse für heterogenes PnP entwickelt werden. Ein vielversprechender Ansatz ist die erfolgreiche Methodik des Module Type Packages der Prozessautomation, die im Rahmen dieses Projektes erstmalig auf die Domäne der diskreten Automatisierung angewandt werden soll. Die dabei entstehenden Informationsmodelle der Module sollen als Wissensbasis automatisiert in Industrie-4.0-Verwaltungsschalen (VWS) integriert werden. Anschließend sollen diese VWS in einer dafür geeigneten Industrie-4.0-Plattform automatisch vom übergeordneten Orchestrierungssystem erkannt, exploriert und zu einem geeigneten Anlagenlayout unter Berücksichtigung heterogener Semantiken orchestriert werden. Zur Erleichterung des Modul- und Anlagenengineering sollen zudem reale und virtuelle Fertigungsmodule durch ein neuartiges virtuelles Engineering verschmelzen, bei dem die VWS eines virtuellen und eines realen Moduls identisch und für das Orchestrierungssystem nicht unterscheidbar sein sollen. Ziel ist es daher, Fertigungsmodule in einer geeigneten Softwareumgebung von Anfang an virtuell zu entwickeln und zu simulieren. Daraus resultiert, dass der Entwurf, die Visualisierung, der Test und die Inbetriebnahme virtueller Module im Kontext der realen Anlage stattfinden können.

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



Abb. 4: Verschmelzung realer und virtueller Fertigungsmodule

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

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

INTEGRAL: InNovaTionsbeschleuniger rEGion noRdschwArzwaLd (Prof. Dr. Kölmel, Prof. Dr. Bulander)

Mit INTEGRAL möchten wir das Transferpotenzial der Hochschule mit der Innovationskraft der Region Nordschwarzwald verbinden. INTEGRAL steht dabei für ein interdisziplinäres Innovations- und Transfernetzwerk, wo Studierende und Lehrende der Hochschule Pforzheim mit Partnern aus der Region zusammentreffen. Dabei werden gemeinsam neue Ideen, Produkte und Dienstleistungen entwickelt und realisiert sowie unternehmerisch denkende und handelnde Persönlichkeiten befähigt und gefördert, um die Unternehmen nachhaltig zu unterstützen.

Die Hochschule Pforzheim etabliert sich zusammen mit den Projektpartnern aus der Region als Innovationsmotor der Region Nordschwarzwald, um diese neue Form der Zusammenarbeit voranzutreiben. Im Rahmen des Projekts wird ein Transfernetzwerk aufgebaut und die systematische Erweiterung und Verstetigung der bereits bestehenden Wissens- und Technologietransferaktivitäten der Stakeholder mit unterschiedlichen regionalen Partnern vorangetrieben. Das übergelagerte Ziel ist die Steigerung der Innovationsfähigkeit der Region Nordschwarzwald. Dabei werden eine intensive Kooperation und Verzahnung mit den beteiligten Unternehmen angestrebt.

Eine zentrale Rolle spielt dabei die Innovationsfähigkeit und Innovationsleistung in der Region, um den Anschluss an (inter-)nationale Entwicklungen und Wettbewerbsregionen zu halten. Denn nur wenn es die Unternehmen in der Region schaffen, Trends und Veränderungen in ihre Geschäftsprozesse und -modelle zu integrieren, können sie langfristig am Markt bestehen. Es gilt, innovative Lösungen zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Prozesse und Geschäftsmodelle zu generieren. Gelingt dies nicht, kann die Region Nordschwarzwald mittel- bis langfristig im Vergleich zu anderen Regionen wirtschaftlich ins Hintertreffen geraten.

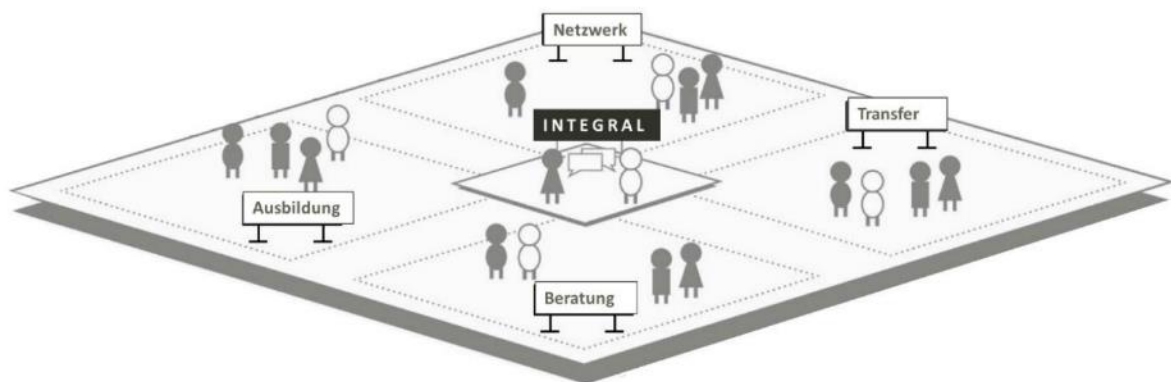


Abb. 5: Schwerpunktbereiche von Integral

Reifegradmessung der Digitalisierung von Kommunen in Baden-Württemberg (Prof. Dr. Kölmel, Prof. Dr. Bulander)

Das IoS³ hat im Rahmen eines Auftrags eine Reifegradmessung der Digitalisierung von Kommunen in Baden-Württemberg durchgeführt. Ziel war es herauszufinden, wo Kommunen in BW hinsichtlich des Umsetzungsgrades in der digitalen Transformation aktuell stehen. Den eigenen Digitalisierungsgrad zu kennen, insbesondere aus verschiedenen Perspektiven – denn die Digitalisierung betrifft nicht nur die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)-Struktur von Organisationen – ist für viele noch eine Herausforderung. Wenn Kommunen ihre aktuelle Position nicht verstehen, sind sie möglicherweise nicht in der Lage, die laufende

digitale Transformation in verschiedenen Bereichen zu bewältigen. Daraus ergibt sich die Frage, wie die digitale Transformation (z.B. IKT-Infrastruktur; Geschäftsmodelle; organisatorische Aspekte; Arbeitsumfeld) gestaltet sein muss, damit sich eine Kommune in der laufenden digitalen Transformation entwickeln und behaupten kann. Genau hier setzt das langfristige Ziel der Studie an. Wir streben einen ganzheitlichen Ansatz an, um Kommunen bei der (Selbst-)Einschätzung ihres aktuellen Standes hinsichtlich der digitalen Transformation in ihrer Gesamtheit zu unterstützen.

Das Resultat der Studie zeigt Defizite im Digitalisierungsgrad zwischen den verschiedenen Kommunen-Größen. Kleinere Kommunen benötigen noch Unterstützung, um dem „Smart-Kommunen“-Begriff gerecht zu werden. Momentan befinden sie sich in der Stufe „Semi-Digital“, in welcher es noch reichlich Verbesserungspotenzial in Bezug auf die digitalen Zukunftstrends gibt. Größere Kreise, Land- und Stadtkreise dagegen kennen bereits die Bedeutung der Digitalisierung. Sie sind entweder dabei neue Strategien und Projekte für smarte Lösungen zu entwickeln, oder bieten den Bürgern bereits digitale Lösungen und Wege in verschiedenen Lebensbereichen an.

Die Hälfte aller Befragten legen Wert auf die Anschaffung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien sowie auf die Einbindung von verschiedenen Interessensgruppen. Die Bürger und Unternehmen aller Kommunengrößen sind sich des Potenzials des Megatrends „Digitalisierung“ bewusst. Ihr Wunsch nach mehr Einbindung in die Planung wird von Kommunen und Kreisen umgesetzt. Einig sind sich die Kommunen auch in der Wichtigkeit des Ausbaus von Breitbandnetzen und Ladestationen für Elektromobilität. Auch im Bereich Anlagenverwaltung und der dazugehörigen Datenstrategie ist eine digitale Veränderung erkennbar.

Die Studie zeigt eine stockende Entwicklung in Handlungsfeldern, die sich mit fortgeschrittener Informationstechnologie beschäftigen. Die Kommunen und Kreise bewegen sich hier zwischen Bedenken und Potenzialen. Bisher erlaubten nur wenige 18% den Einzug der künstlichen Intelligenz oder des Themenfelds „Big Data“ in die jeweilige Kommune. Verbesserungspotenziale zeigen sich ebenfalls bei der Nutzung von Systemen zum Datenaustausch sowie in der Nutzung von Prozessüberwachungsmethoden und Controlling-Werkzeugen zur internen Leistungsbewertung.

Mithilfe eines digitalen Reifegradmodells wurde auf zehn verschiedenen Kategorien der Umsetzungsgrad hinsichtlich der digitalen Transformation von den teilnehmenden Kommunen und Kreisen gemessen. In diesen Kategorien wurden die verschiedenen Kommunen nach ihrer Größe analysiert und in bestimmten Stufen positioniert.

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

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

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

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

Im Rahmen des Vorhabens sollen neue Ansätze für die Softwareentwicklung für speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) entwickelt werden. SPS realisieren die Automatisierung von Prozessschritten in der Produktion die zur Programmierung genutzten Sprachen verfügen jedoch nur über begrenzte Abstraktionsmechanismen. Die Formulierung von komplexen Abläufen ist daher aufwendig, die Änderung solch komplexer Programme führt oft zu unerwünschten Seiteneffekten. Dies beeinflusst die Erreichbarkeit eines zentralen Ziels von Industrie 4.0 – die effiziente Wandelbarkeit von Produktionsanlagen. Um industrielle Anbieter und Nutzer bei der Modernisierung ihrer Automatisierungstechnik zu unterstützen, ist es sinnvoll, Lösungen für diese Fragestellungen zu erforschen und damit einen Beitrag zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit in diesem Bereich zu leisten. Zu diesem Zweck sollen moderne Softwarekonzepte mit der Robustheit und Echtzeitfähigkeit von SPS verbunden werden.

OTEC – Zukunft der Gleitschleifmaschinen (Prof. Dr. Barth)

Im Rahmen dieses Kooperationsprojektes soll der Technologievorsprung der OTEC Präzisionsfinish GmbH in Straubenhardt ausgebaut werden. Dieser Vorsprung betrifft sowohl das Engineering der Sonderanlagen und -maschinen als auch deren Automatisierungstechnologie. Ziel ist ein virtualisiertes modellbasiertes Engineering, in welchem ein vollständiger digitaler Zwilling der Anlage (kinematisierter beweglicher 3D-Aufbau) in Kombination mit der Steuerungssoftware erzeugt wird. Hieraus soll eine vollständige virtuelle Inbetriebnahme der Maschinen und Anlagen sowie deren Integration in die digitale Fabrik des Kunden möglich sein. Dabei sollen Automation-of-Automation-Technologien eingesetzt werden, die den manuellen Modellierungs- und Engineering-Aufwand deutlich verringern.



Abb. 6: HIL-Simulation

Das begleitende Promotionsverfahren wird in Kooperation mit Prof. Dr. Alexander Fay von der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg durchgeführt.

Komo3D – Kontextsensitives mobiles 3D-Multisensorsystem (Prof. Dr. Greiner)

Im Rahmen des Vorhabens wird ein innovatives mobiles 3D-Multisensorsystem erforscht und realisiert werden, das durch die Auswertung von Kontextinformationen situationsgerecht Bilddaten erfassen und auswerten kann. Wesentliches Kennzeichen ist eine 3D-Multisensorik zur Erfassung der Bilddaten in Verbindung mit einer verteilten Systemarchitektur bestehend aus Komponenten mit unterschiedlichem Leistungsvermögen in Bezug auf Echtzeitfähigkeit und Rechenleistung. Die Gewinnung der 3D-Daten erfolgt durch eine Multisensorik-Bilderfassung auf einem mobilen System bestehend aus einer passiv arbeitenden Lichtfeldkamera (LF) und

einer aktiv arbeitenden Time-of-Flight-Kamera (TOF) in Verbindung mit einem Field Programmable Gate Array (FPGA) zur echtzeitfähigen Bildauswertung und -klassifikation. Um der begrenzten Rechenleistung der mobilen Einheit Rechnung zu tragen, wird diese durch ein abgestuftes Edge-/Cloud-Computing-System unterstützt. Die Teilsysteme kommunizieren hierbei über drahtlose Kommunikationsschnittstellen miteinander. Zur Klassifikation werden Verfahren des maschinellen Lernens auf Basis von Convolutional Neural Networks (CNN) eingesetzt. Um auf unterschiedliche Situationen reagieren zu können, werden kontextabhängig die Sensordaten fusioniert und jeweils passend trainierte Netze zur Klassifikation eingesetzt. Als Anwendungsfall wird Ambient Assisted Living betrachtet. Konkret soll das Konzept für einen mit einer mobilen Energieversorgung ausgestatteten Rollator entworfen und erprobt werden. Im ARD- und SWR-Fernsehen wurde ausführlich über das Projekt berichtet.

TrueCultureDig – Transformation von Unternehmenskulturen durch innovative Prozess-technik und -organisation in Abhängigkeit KMU-spezifischer Digitalisierungsstrategien (Prof. Dr. Weiß)



Abb. 7: true culture dig

Seit Oktober 2018 begleitet das Forschungsteam um Prof. Dr. Peter Weiß kleine und mittelständische Unternehmen bei der aktiven Gestaltung des digitalen Wandels. Das BMBF-Forschungsverbundprojekt „TrueCultureDig“ setzt sich dabei spezifisch mit der Erarbeitung und Erprobung digitaler Technologien und Anwendungsfälle auseinander. Gemeinsam mit dem Anwendungspartner Scherzinger wurde nun die „Digitale

Roadmap“ verabschiedet. Neben der Umsetzung neuer digitaler Technologien stehen ebenso die soziokulturellen Gestaltungsbereiche beim Forschungsprojekt „TrueCultureDig“ im Vordergrund. Im Zuge dessen gilt es, gemeinsam mit den Unternehmen kulturelle Fähigkeiten zu analysieren und zu entwickeln sowie an die individuellen digitalen Maßnahmen anzupassen. Hierfür arbeitet das Forschungsteam der Hochschule Pforzheim eng mit den Forschungsinstituten ISI-Fraunhofer sowie iAi Bochum zusammen.

ZAFH MikroSens – Innovative Millimeterwellen-Sensorik für industrielle Anwendungen (Prof. Dr. Rech, Prof. Dr. Kesel)

Mit dem Zentrum für Angewandte Forschung an Hochschulen (ZAFH) „MikroSens – Innovative Millimeterwellen-Sensorik für industrielle Anwendungen“ soll kleineren und mittleren Unternehmen in Baden-Württemberg neuartige und hochintegrierte Millimeterwellen-Radarsensorik für verschiedene Applikationsfelder zugänglich gemacht werden.

In der ersten Phase bis Ende 2018 wurde an der HS Pforzheim dazu ein neuartiges Signalverarbeitungssystem für Radar-Signale nach dem Chirp-Sequence-Verfahren entwickelt und mit einem 160-GHz-Radar-Frontend der Universität Ulm integriert. Basis ist ein SoC, das klassische Prozessoren mit einem FPGA kombiniert und dadurch eine erheblich höhere Leistungsfähigkeit erreicht. Nach positiver Begutachtung wurde das Projekt bis März 2021 verlängert.

Um die entwickelte Millimeterwellen-Radar-Technologie für die Zielgruppe der industriellen Anwender umsetzbar zu machen, wird ein EvalKit dafür entwickelt, der einerseits mit einem Web-basierten GUI einen sehr einfachen ersten Zugang für Versuche bietet und andererseits durch die unter Linux laufende Steuerung dem erfahrenen Anwender die Integration eigener Messprogramme ermöglicht.

Anwendungen der Millimeterwellen-Sensorik liegen im Bereich der Pegel- und Strömungsmesstechnik (Umwelttechnologien), der Boden- und Straßenzustandserkennung (nachhaltige Mobilität), der Automatisierungstechnik (IKT und intelligente Produkte, Industrie 4.0, komplexe Messumgebungen) sowie der Mediensensorik und Medizintechnik. Die Projektpartner sind die Hochschulen in Ulm, Heilbronn und Pforzheim sowie die Universität Ulm. Die Förderung stammt jeweils zur Hälfte aus Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst sowie des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) der Europäischen Union.

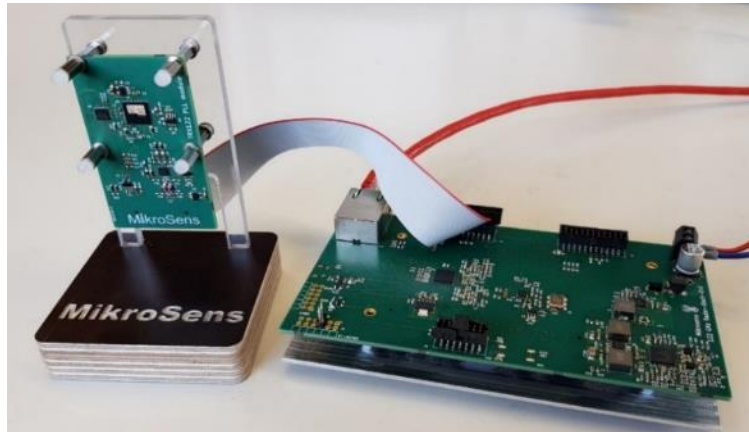


Abb. 8: MikroSens EvalKit der HS Pforzheim

Weitere Informationen zu Aktivitäten im Institut:

Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach gewann mit seinen Mitautoren einen Best Paper Award auf dem „Vehicle Displays & Interfaces Symposium 2021“ der Society for Information Display (SID) für den Beitrag „Current Standardization Efforts and Measurement Procedures of German Flat Panel Forum (DFF) for Automotive OLED Displays“. Außerdem wurde Prof. Blankenbach zum Chairman „Outdoor Displays“ für die „Display Week“ (weltweit größte Veranstaltung zum Thema Displays) der SID ernannt.

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

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

1.1.3 IWWT – Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien

Auch im Jahre 2021 gab es in der Zusammensetzung der Arbeitsgruppen des IWWT keine Änderungen. Gesamtheitlich setzt sich das IWWT mithin wie folgt zusammen:

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

Der nachfolgende Bericht fasst in bewährter Weise wieder die wesentlichen Aktivitäten des IWWT in den Arbeitsgruppen zusammen. Leider hat auch im Berichtsjahr 2021 die allgemeine und für den Bereich Forschung sicher nochmals sehr besondere Entwicklung der Corona-bedingten Einschränkungen in der letztjährigen Arbeit des IWWT ihren Tribut gefordert. Gleichwohl gelang es aber in fast allen Bereichen, die Arbeiten in bestehenden Projekten planmäßig zu erfüllen sowie neue Projektideen zu generieren und punktuell schon in einen Vorantragsstatus zu formulieren und so mithin eine weitere gute Basis für die Zukunft zu schaffen.

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

Als Hauptarbeitsgebiet der Arbeitsgruppe „Metallische Werkstoffe“ konsolidierte sich im Jahre 2021 das große Projektthema der **metallischen Schäume**, welches insbesondere im Rahmen der aktuell zweiten Förderperiode des Forschungskonsortiums INSEL bearbeitet wurde (**Abb. 1**).

Während des Jahres schied aus der Arbeitsgruppe Herr M.Sc. Andreas Karl aus. Neu hinzugekommen ist Frau B. Sc. Nadine Dittler. Weiterhin zählen zum Team die wiss. Mitarbeiter, M.Eng. Bettina Stefanie Matz, M.Eng. Pierre Kubelka, M.Sc. Jan Frömert, M.Sc. Johann Heilmann und B.Eng. Oliver Hügel. Unterstützt wurden die einzelnen Forschungsarbeiten wieder durch studentische Hilfskräfte sowie Projektarbeiter und Bacheloranden.

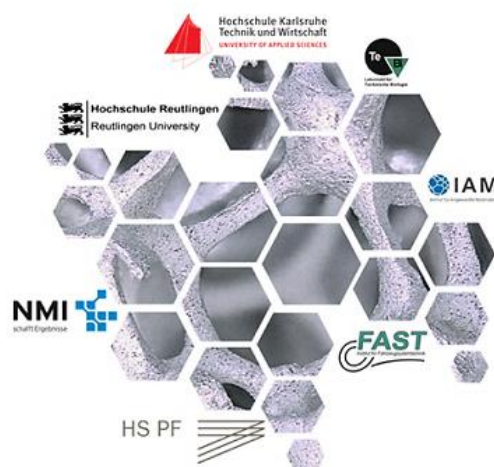


Abb. 1: Forschungsverbund des InSeL-Projektes mit dem Fokus der zellulären Schaumstrukturen

An der Hochschule Pforzheim werden im Rahmen des Projektes InSeL vier Teilprojekte bearbeitet, deren Fortschritt im Folgenden näher dargestellt wird:

InSeL-Teilprojekt 1: Herstellung und Charakterisierung von Metallschäumen (M.Sc. Jan Frömert)

In diesem Teilprojekt wurden die Herstellung und Charakterisierung von neuartigen zellularen Materialien untersucht. Die eine lange Zeit nur mathematisch beschriebenen „Triply periodic minimal surface“-Strukturen (TPMS) konnten erfolgreich hergestellt und eine Alternative zum in der Literatur beschriebenen metallischen 3D-Druck aufgezeigt werden (**Abb. 2**). Hierbei wurde das am IWWT optimierte Verfahren zur Herstellung von offenzelligen Schäumen im Feingussverfahren durch weitere Schritte bei der Erstellung der Templates ergänzt. Durch Modellierung und 3D-Druck von spezifischen zellularen Strukturen kann das Portfolio von an der HS Pforzheim herstellbaren Strukturen deutlich erweitert werden. Es wurde gezeigt, wie universell das Feingussverfahren bei der Herstellung zellulärer Strukturen eingesetzt werden kann. Im Rahmen von Abschlussarbeiten wurden bereits Strukturen aus Aluminium- und Stahlliegierungen gefertigt und eine Erweiterung der Legierungsauswahl ist bereits geplant.

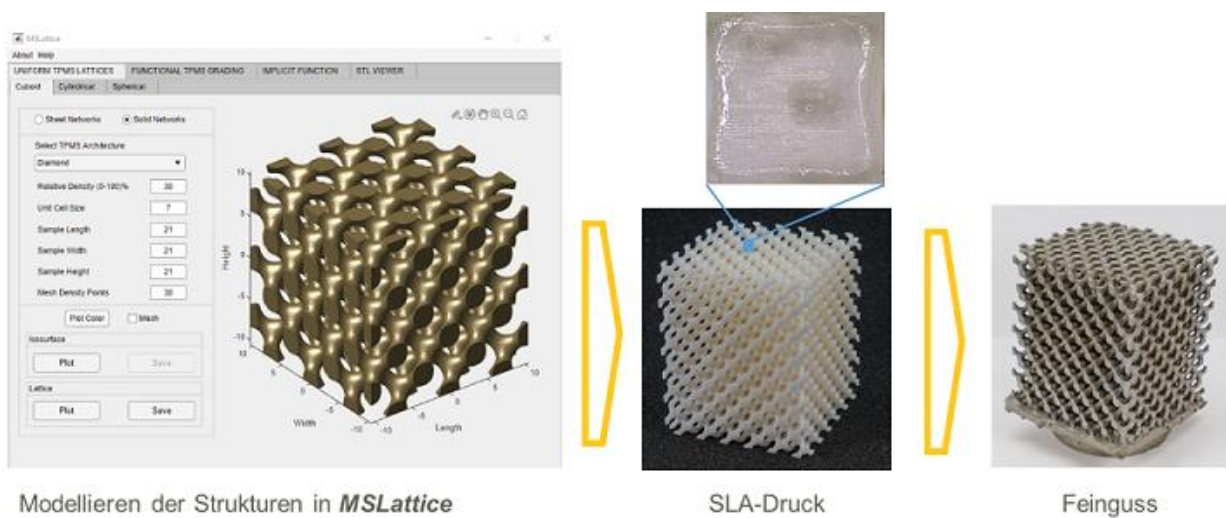


Abb. 2: Fertigung von zellularen Stahl-TPMS-Strukturen durch die Kombination von polymerem 3D-Druck und Feinguss

InSeL-Teilprojekt 2: Schmelzmetallurgische Herstellungsrouten für Magnesium-schaumstrukturen (M.Sc. Johann Heimann)

Vor dem Hintergrund der anhaltenden und sich gar verstärkt realisierenden Lieferkettenproblematik wurde dieses Jahr im Teilprojekt eine alternative schmelzmetallurgische Herstellungsrouten für Magnesiumschaumstrukturen eruiert. Aufbauend auf den Ergebnissen der Metallschaumherstellung an der Hochschule Pforzheim wurden retikuliert und geordnete offenporige Magnesiumschaumstrukturen hergestellt. Hierfür wurde gewerbliche keramische Spinel-Einbettmasse durch eine auf Yttriumoxid basierte Eigenentwicklung substituiert. Als Ziel dieses Vorhabens konnte eine komplette Formfüllung und eine möglichst optimal glatte Oberfläche ohne Wechselreaktionen zwischen Magnesium und Einbettmasse erreicht werden. Die Einbett- und Ausbrennprozedur wurde an Yttriumoxid angepasst und weiterentwickelt. Zum einen wurde das Niveau der Ausbrenntemperatur auf 500 °C gesenkt und zum anderen wurde der teure Zirkonsand durch nachhaltiges und viel kostengünstigeres Meersalz ersetzt. Durch die Adaption der Gussparameter an die neue Einbettmasse konnte eine vollständige Formfüllung erreicht werden (**Abb. 3**).

Durch anschließendes Sandstrahlen können die restlichen kleinen Oberflächenreaktionen sehr gut und vollständig beseitigt werden.

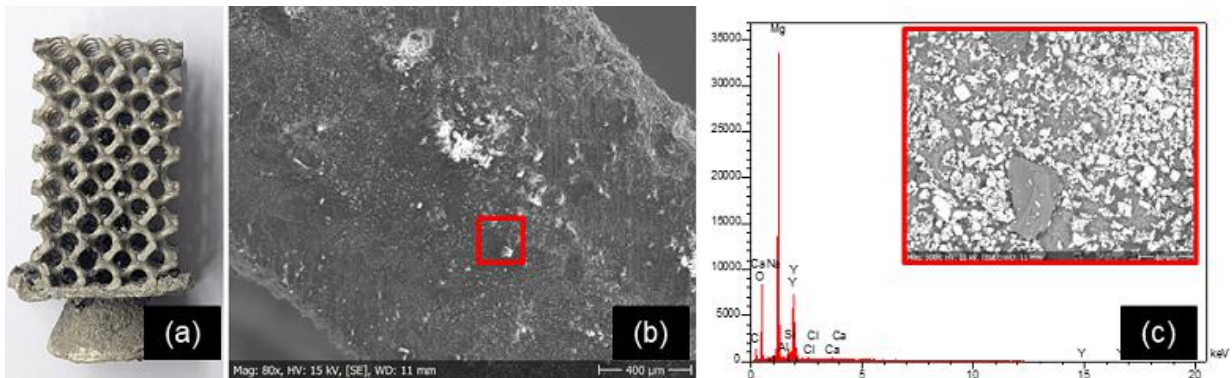


Abb. 3: In (a) ist eine makroskopische Aufnahme einer geordneten Magnesiumstruktur dargestellt. Die Kokille wurde vollständig mit der Magnesiumschmelze gefüllt. Die Oberfläche der Struktur wurde in (b) am Rasterelektronenmikroskop untersucht. Die kleinen Reaktionen in dem rot markieren Bereich wurden in (c) mit einer EDX-Analyse charakterisiert.

InSeL-Teilprojekt 3: Produktion und Charakterisierung von metallischen Schaumstrukturen (M.Eng. Pierre Kubelka)

In diesem Teilprojekt wurden im Berichtsjahr wesentliche Fortschritte in den Bereichen der schmelzmetallurgischen Herstellung von syntaktischen Schäumen auf Al- und Mg-Basis sowie der Herstellung von Al-Schaumstrukturen durch Feinguss mit innovativen Strukturen erreicht.

Die Herstellung von syntaktischen Schäumen betrachtete die Synthese von geschlossenenporigen Schäumen auf Basis von Al, Mg und AlMg-Legierungen mittels eines Infiltrationsverfahrens im Vakuumguss. Diese sind jeweils durch Al_2O_3 - und $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Sphären verstärkt. Die hergestellten Proben zeigten eine regellose, dichte Verteilung der Sphären mit einem feinkörnigen Gussgefüge und teilweisen Defekten, die durch die angewandten Parameter und die Erstarrungskinematik der jeweiligen Legierung bedingt sind (vgl. **Abb. 4 (a)**). Je nach betrachteter Legierung konnte im Druckversuch ein duktiles bis sehr sprödes Verhalten aufgezeigt werden. Durch den Einsatz unterschiedlicher Legierungen mit variablen Mg-Gehalten konnte so der Einfluss der betrachteten keramischen Hohlkugeln und der daraus resultierenden Reaktionen an der Grenzfläche auf die mechanischen Eigenschaften qualitativ/quantitativ beschrieben werden (vgl. **Abb. 4 (c)**). Um eine bessere Duktilität und Interpretation der Daten erreichen zu können, müssen weitere Untersuchungen im Sinne der Optimierung der Prozessparameter, thermische Behandlungen und Analysen erfolgen. Diese Arbeiten wurden auf der internationalen Tagung LightMAT 2021 vorgestellt.

Die Herstellung offenerporiger Al-Schäume mit alternativen Strukturen erfolgte durch den Einsatz des modifizierten Feingusses. Die Schäume aus Al und Al-Legierungen wurden unter Variation des genutzten Ursprungsmodells mittels Schleuderguss bzw. Vakuumguss hergestellt. Die untersuchten Modelle wurden zum einen rechnergeneriert und durch die SLA-Technik additiv gefertigt (TPMS-Strukturen) und zum anderen durch eine neu entwickelte Prozesstechnik über ein Platzhalterverfahren mit einem Photopolymer (Template-basierte Modelle) hergestellt. Unabhängig vom Modell konnte durch die geregelte Struktur und die teils homogene Wandstärkenverteilung ein sehr gutes Gussergebnis dargestellt werden (vgl. **Abb. 4 (b)**). Aus diesem Grund performen diese Strukturen gegenüber den retikulierten Strukturen im Druckversuch teilweise besser, sie müssen jedoch (aufgrund der geregelten Zellstruktur) richtungsorientiert betrachtet werden.

Um die Ergebnisse noch weiter zu eruieren, sind deshalb noch weitere Untersuchungen mit alternativen Al-Legierungen und Zellorientierungen nötig. Teile dieser Ergebnisse wurden auf der MaterialsWeek 2021 vorgestellt.

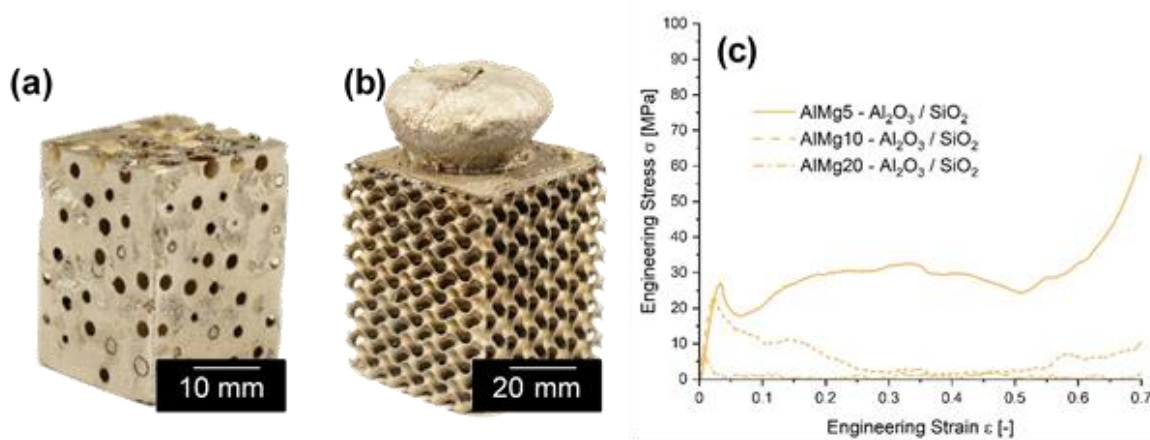


Abb. 4: a) Ergebnis der Herstellung von syntaktischen AIMg- Schäumen; (b) Ergebnis der Herstellung von Al-TPMS-Strukturen; (c) Spannungs-Dehnungskurven von syntaktischen Schäumen mit AIMg- SiO₂/Al₂O₃

InSel-Teilprojekt 4: Prototypen und Halbzeuge (B.Eng. Oliver Hügel)

Aufbauend auf den Ergebnissen des Vorjahres wurde die als CAD-Modell erstellte Weaire-Phelan-Structure im 3D-Druck-Verfahren gedruckt und anschließend im Feingussverfahren gefertigt. Dieses Ersatzmodell bildet zusammen mit den stochastischen Schäumen die Grundlage der thermischen Untersuchungen der offenporigen metallischen Strukturen. Ergänzt werden diese durch verschiedene TPMS-Strukturen. Untersucht wird hierbei die Anwendungsmöglichkeit als Kühlkörper bzgl. ihrer Fähigkeiten der Energieaufnahme von einem Prüfkörper und ihrer Möglichkeit, die aufgenommene Energie wiederum an die Umgebung abzugeben. Hierzu werden verschiedene Schaumgeometrien in verschiedenen relativen Dichten mit klar definierten Abmaßen in einem empirischen Versuchsablauf untersucht. Wahlweise werden die Schaumstrukturen aus reinem Aluminium oder reinem Kupfer hergestellt, um den Einfluss des Werkstoffes auf den Wärmetransport zu ermitteln. Hierzu wird wie in **Abb. 5** dargestellt eine Auswahl an zu fertigenden Schaumstrukturen getroffen und deren theoretische Werte werden festgehalten. Im Weiteren werden fertigungsrelevante Modellparameter festgehalten.

Typ	Dichte [%]	Mesh Points	Masse [g]	Maße Modell [mm]	PPI/ Cell Size	Harz	V th. [mm ³]	V Modell. [mm ³]	A Modell. [mm ³]
Diamond	20	50	37	70 x 70 x 30	7	Elegoo	29400	29398	69533
			37				44100	44195	80031
	54,1		58800				58732	86257	
	54,2								
	75,3								
75,3	Anycubic	29400	29646	57167					
50,2		44100	44411	65732					
50,3		58800	58788	71006					
70,3		Elegoo	29400	29862		63201			
70,01	44100		44548	72652					
36,4	58800		59318	78507					
IWP	20	50	36,3	70 x 70 x 30	14		29400	29697	30720
	30		44100				44583	35869	
	40		58800				58945	39170	

Abb. 5: Auszug der Aufstellung der zu untersuchenden Schäume und Auswertung ihrer Volumina und Flächenverhältnisse

Nach der Ermittlung der Fertigungsparameter und der Fertigung der entsprechend benötigten Strukturen werden diese, wie in **Abb. 6** zu sehen, mit einer konstanten Wärmeenergie beaufschlagt und durch einen variablen Luftstrom angeströmt.

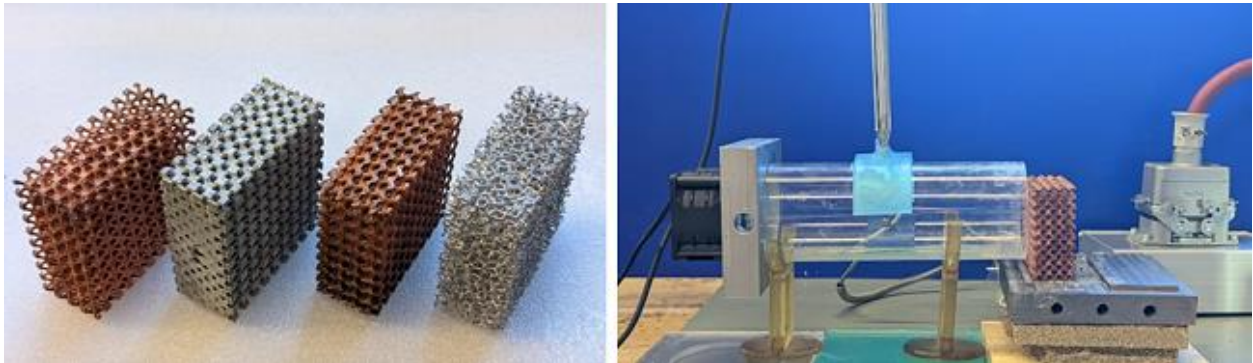


Abb. 6: Beispiel der für die Versuchsreihe gefertigten Schaumstrukturen (li.) und Versuchsaufbau, in dem diese beheizt und angeströmt werden (re.)

Die Energieabfuhr lässt sich mittels der benötigten elektrischen Energie zum Erhalt der voreingestellten Temperatur errechnen, wobei die Schaumstrukturen grundsätzlich ein gutes Wärmeabfuhrverhalten aufweisen. **Abb. 7** zeigt die Schaumstrukturen im direkten Vergleich bezüglich der Energieabfuhr über einer voreingestellten Anströmgeschwindigkeit.

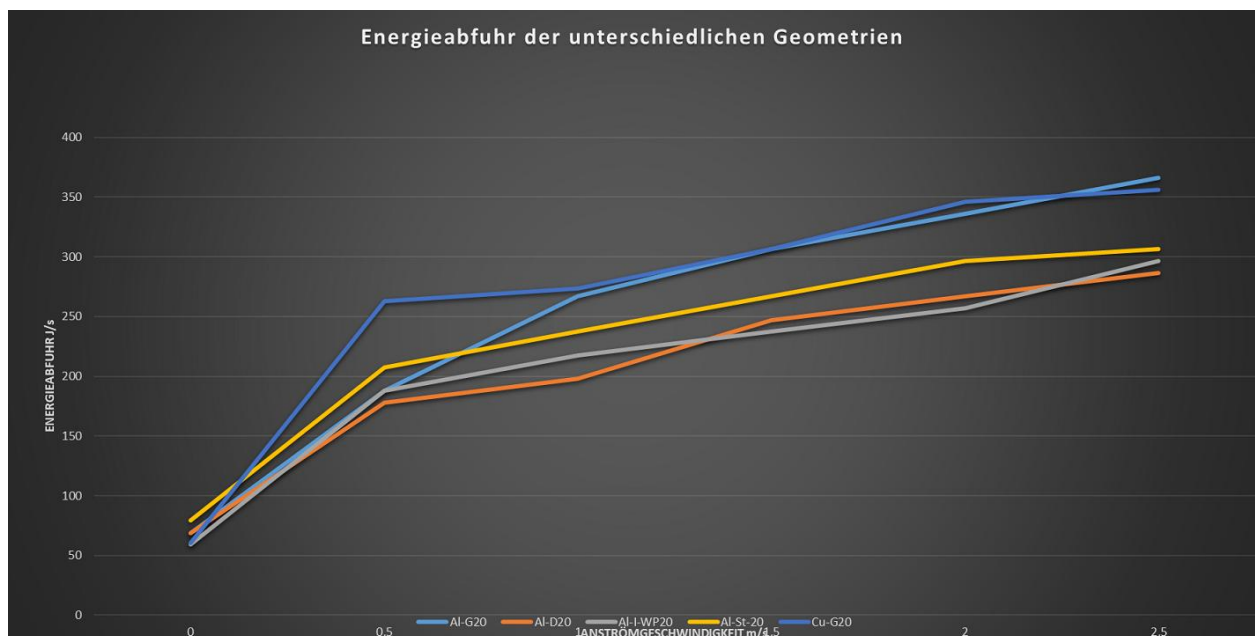


Abb. 7: Kennlinien der getesteten Schaumstrukturen und Materialien

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

Keine berichtenswerten Ereignisse.

3. Stanztechnik (Prof. Dr. Matthias Golle)

Keine berichtenswerten Ereignisse.

4. Werkstoffkreisläufe (Prof. Dr. Jörg Woidasky)

In der Arbeitsgruppe Werkstoffkreisläufe wurden im Jahr 2021 vor allem Arbeiten zum Kunststoffrecycling durch Tracer-Based-Sorting, zur Metallidentifikation sowie zur Proteinerzeugung durch Insekten durchgeführt. Daneben ist insbesondere die hochwertige Publikation von Prof. Dr. Jörg Woidasky und Esra Cetinkay: „Use pattern relevance for laptop repair and product lifetime“ (siehe Kapitel Publikationen) zur Nutzungsdauer elektronischer Geräte, die das Ergebnis mehrerer studentischer Arbeiten präsentiert, hervorzuheben.

Der Ansatz des **Tracer-Based-Sorting** (TBS) wurde im Rahmen des vom BMBF im Zeitraum von 2017 bis 2020 geförderten Verbundforschungsprojekts „Markerbasiertes Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffverpackungen (MaReK)“ von insgesamt sieben Partnern für den Einsatz in der Abfallwirtschaft untersucht. Bei dem Vorhaben kooperierten die Arbeitsgruppen von Prof. Woidasky und Prof. Lang-Koetz (INEC) sehr eng. Im Ergebnis wurden durch Projektpartner drei Markersubstanzen sowie ein Anwendungs-System zur verwertungsspezifischen Kennzeichnung zahlreicher Fraktionen entwickelt. Es kommen eigens synthetisierte Fluoreszenz-Tracer zum Einsatz. Sie weisen eine hohe Quanteneffizienz auf, so dass geringe Tracer-Mengen reichen (z.B. 1-10 ppm in nicht rußgefüllten Kunststoffen). Anwendungsuntersuchungen zeigten die Stabilität der Marker auch bei mehrfacher Verarbeitung. Die Sortiertechnik für markerhaltige Verpackungen wurde mehrstufig bis hin zur Integration in industrielle NIR-Sorter entwickelt und zeigte im Anwendungsversuch mit Ausbringungsraten über 87% und Reinheiten bis 100% sehr gute Ergebnisse. Für die Umsetzung des TBS-Ansatzes wurde eine umfangreiche Charakterisierung des derzeitigen Leichtverpackungs-Anfalls durchgeführt (**Abb. 8**). Diese Untersuchungen sollen im Rahmen mindestens einer Promotionsarbeit detailliert ausgewertet und für abfallwirtschaftliche Optimierungen genutzt werden.

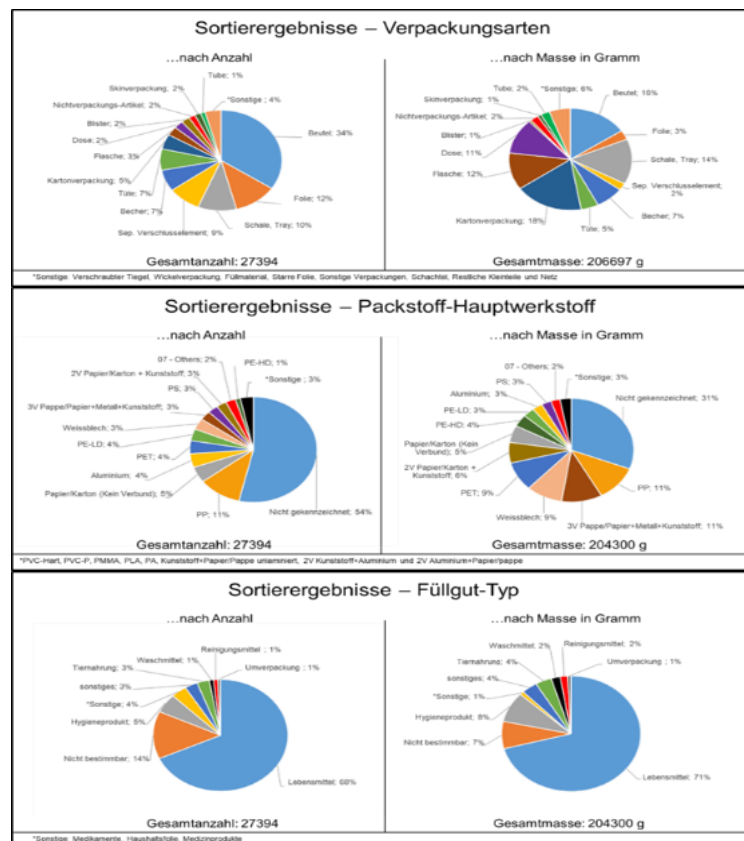


Abb. 8: Ausgewählte Ergebnisse der deutschlandweiten Studie zur Verpackungs-Detail-Charakterisierung im Rahmen des BMBF-MaReK-Vorhabens

Die Sortieranalyse diente auch als Basis für die vergleichende Abschätzung der Umweltauswirkungen (Carbon Footprint) im Rahmen der Aktivitäten des INEC unter Leitung von Prof. Lang-Koetz. LCA-Untersuchungen zeigten bereits bei der Nachsortierung bestehender Fraktionen im Szenario „TBS light“ eine leichte Verbesserung (-2,3%) der Klimawirkung des TBS-Ansatzes im Vergleich zum heutigen Sortier- und Verwertungssystem. Wird hingegen bestehende Sortiertechnik weitgehend durch TBS-Technik substituiert („TBS complete“) und damit der bisher als Ersatzbrennstoff verwertete Verpackungsstrom vollständig werkstofflich verwertet, so kann der grundsätzlich positive Umwelteffekt der Verpackungsabfallwirtschaft mehr als verdoppelt werden (-54% im Vergleich zum konventionellen System). TBS führt so zu einer deutlichen Umweltentlastung hinsichtlich der Klimawirkung.

Als Folgeaktivität zu dem bereits 2018 abgeschlossenen Vorhaben zur **Metallidentifikation** durch optische Verfahren „AMIKA“, das gemeinsam mit der Arbeitsgruppe von Prof. Oßwald und Prof. Volz (Wirtschaftsingenieurwesen) bearbeitet worden war, konnte als Folgevorhaben ein Kurz-Konzeptvorhaben beim BMBF im Bereich „Digital GreenTech“ eingeworben werden: Das Projekt „Künstliche Intelligenz zur Digitalisierung der Schleiffunkenprobe“ (KIDS) hat zum Ziel, das Recycling von Stahl durch den Einsatz künstlicher Intelligenz zu vereinfachen. Allein in der deutschen Stahlrecyclingwirtschaft sind fast 40.000 Menschen in rund 7.000 Betrieben beschäftigt, davon auch viele in der Region. In Deutschland werden jährlich etwa 27 Millionen Tonnen Schrottumgeschlagen und zum Beispiel über 430.000 Tonnen Edelstahl hergestellt. Die Recyclingquoten von Edelstahlprodukten erreichen zum Teil allerdings lediglich 60 Prozent. Einer der Gründe für diese zu geringe Recyclingrate ist der Aufwand bei der Erkennung und manuellen Sortierung der Edelstahlschrotte. Das Ziel der Arbeiten war die Entwicklung eines Industriearbeitsplatz-Konzepts zur Schrottsortierung mit KI-Entscheidungsunterstützung, da auch heute noch in Deutschland viele Schrotte manuell sortiert werden: Die Funken, die beim Anschleifen von Metallen entstehen, haben je nach Zusammensetzung des Metalls unterschiedliche Farben und Formen, so dass die Schleiffunken-Bilder (**Abb. 9**) die Zusammensetzung des Materials verraten.



Abb. 9: M. Auer am Funkenprüfstand des KIDS-Vorhabens (Foto: Zundel/HSPF)

„Sehr erfahrene Werker können einige Legierungen mit bloßem Auge erkennen, aber diese Arbeit ist sehr anstrengend und gleichzeitig monoton. Unser Ansatz soll die Werker entlasten, für sehr viele Legierungen genaue Ergebnisse liefern und so die Sortierqualität verbessern“, konkretisiert Jannick Schmidt das Forschungsziel. Für die Bildererkennung der Funkenschweife

und Lichtemissionen entwickelte er gemeinsam mit Maximilian Auer eine TensorFlow-Anwendung unter Nutzung der Programmierumgebung Python. Neben der technischen Weiterentwicklung der Software und des bereits vorhandenen Prüfstandes wurden in dem Vorhaben potenzielle Anwender für diesen Ansatz gefunden und einbezogen und die bestehende Bild-datenbank erheblich ausgebaut. Der Ansatz soll durch weitere Folgevorhaben bis zu einer Pilotanlage weiterentwickelt werden, entsprechende Anträge wurden gestellt und befinden sich in der Begutachtung.

Ein weiteres, kooperatives Projekt der Arbeitsgruppe im Bereich der Verwertung von Lebensmittelabfällen gemeinsam mit Prof. Oßwald und dem Unternehmen Alpha-Protein war das Vorhaben „**Insektenprotein** als nachhaltiger Rohstoff in der Lebens- und Futtermittelindustrie“ (Insektenprotein), das im Rahmen des F&E-Förderprogramms „Bioökonomie als Innovationsmotor für den Ländlichen Raum“ durch das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg gefördert wurde. Es verfolgte das Ziel, Lebensmittelabfälle als Anzuchtsubstrat für die Produktion von Mehlwürmern einzusetzen.

Jährlich bleiben in Deutschland ca. 12 Millionen Tonnen Reststoffe aus der Lebensmittelproduktion ungenutzt, obwohl sie mit Blick auf die Klimawirkung der Nahrungsmittelproduktion und die wachsende Weltbevölkerung dringend hochwertig genutzt werden sollten. Dies kann z.B. durch Erzeugung von Larven des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*) geschehen, die eine hochwertige Proteinquelle darstellen (**Abb. 10**). Die regionale, kreislauforientierte Aufzucht von Mehlwürmern kann Futtermittel wie Soja und Fischmehl vollwertig substituieren, wenn es gelingt, Mehlwurm-Larven in großen Mengen und dadurch kostengünstig herzustellen.



Abb. 10: Mehlkäfer-Entwicklungsstadien Imago – Mehlwurm – Puppe (v. l. n. r.; Quelle: HSPF)

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

Die Ergebnisse zeigen, dass die Reproduktion von *Tenebrio molitor* grundsätzlich als automatisierter Prozess betrieben werden kann. Dies wurde bereits im Technikumsmaßstab gezeigt. Die dabei erhobenen Daten bilden die Grundlage der Bestimmung der Umweltauswirkungen

des Verfahrens. Zurzeit werden die Teilschritte der Separation, Dosierung und der Transport systematisch weiterentwickelt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Lösungen und Ansätzen zur Separation während der Reproduktion sowie der Konzepterstellung für eine mittelfristig zu errichtende Pilotanlage zur Mehlwurmzucht.

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

Im Jahr 2021 konnten in der Arbeitsgruppe Abtragende Fertigungsverfahren die bisherigen Aktivitäten zum High Speed Wire EDM (HSWEDM) nur in sehr geringem Umfang weitergeführt werden, da keine entsprechende Förderung erlangt werden konnte. Dagegen wurden die Arbeiten im Bereich Schaben von Metalloberflächen erfolgreich vorangetrieben sowie das Arbeitsfeld „funkenerosives Feinbohren“ neu erschlossen.

Schaben von Metalloberflächen

Das im Jahr 2019 begonnene ZIM-Projekt „AutoScrape“ in Zusammenarbeit mit Firma ROMA konnte trotz pandemiebedingter Einschränkungen im Berichtszeitraum entscheidend vorangetrieben werden. Kern dieses Projekts ist die Entwicklung eines Werkzeugs zum automatisierten Schaben metallischer Werkstückoberflächen auf konventionellen CNC-Werkzeugmaschinen. Im engen Austausch mit dem Industriepartner wurde der Prototyp des Schabwerkzeugs bis zur Praxisreife optimiert. Zur Qualifizierung des Werkzeugs bezüglich der Bewegungsabläufe und entstehenden Kräfte wurde das in **Abb. 11** gezeigte Messsystem aufgebaut und angewandt. Aufgabe der Arbeitsgruppe im Projekt war darüber hinaus die Entwicklung eines Prozesses sowie einer Software zur Erzeugung des notwendigen „G-Codes“, was zum Projektende am 30.09.2021 jeweils erfolgreich abgeschlossen werden konnte.

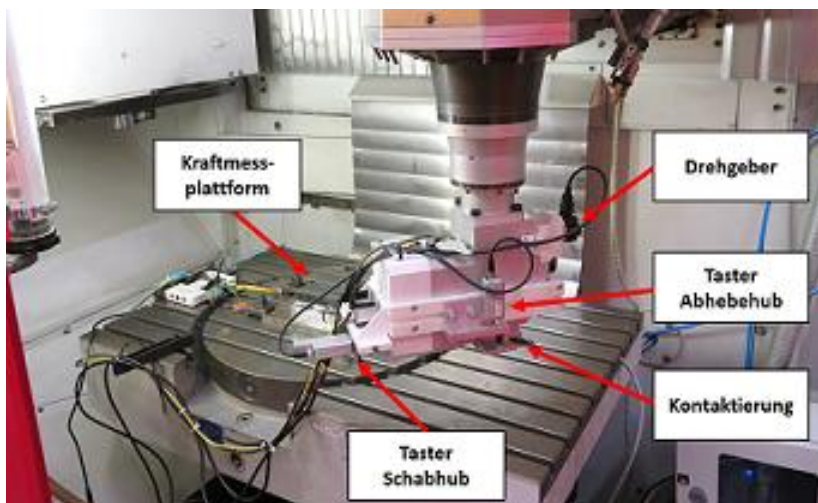


Abb. 11: Messsystem zur Qualifizierung des Schabwerkzeugs

Erfreulicherweise konnte für die weitere Arbeit zum Thema Schaben von Metalloberflächen die Förderung eines Folgeprojekts unter dem Titel „Gezielte Erzeugung funktionaler Oberflächen mittels Metallschaben“ im Rahmen des Programms „Innovative Projekte / Kooperationsprojekte an den Hochschulen Baden-Württembergs“ erreicht und zum 01.10.2021 begonnen werden. Projektziel ist die Gewinnung von Erkenntnissen zum Zusammenhang zwischen der Geometrie geschabter Oberflächen und deren tribologischer Eigenschaften sowie die Anwendung dieser Erkenntnisse für manuelle und automatisierte Schabprozesse.

Über die Projektaktivitäten hinaus wurden Untersuchungen zum Schaben mittels Elektrowerkzeug durchgeführt, die im Folgejahr publiziert werden sollen.

Funkenerosives Feinbohren

Gemeinsam mit der Firma AGEMA Germany, einem Hersteller von hochwertigen Erodierbohrmaschinen und Teil der Firmengruppe Henniger in Straubenhardt-Conweiler, wurde 2021 außerdem ein Förderantrag im ZIM-Programm gestellt, der schließlich im August positiv beschieden wurde. Im Oktober konnte daher das Projekt „HSE – Hochqualitatives und schnelles erosives Feinbohren in höchster Materialdiversität“ begonnen werden. Aufgabe der Arbeitsgruppe Abtragen innerhalb dieses Projektes ist es, die unterschiedlichen Entladungsarten, die in diesem Erodierprozess auftreten, zu identifizieren und Kriterien für ihre Unterscheidung zu finden. Anschließend können diese Informationen dann für die Regelung des Prozesses eingesetzt werden. Die grundsätzliche Konzeption ist in **Abb. 12** grafisch skizziert.

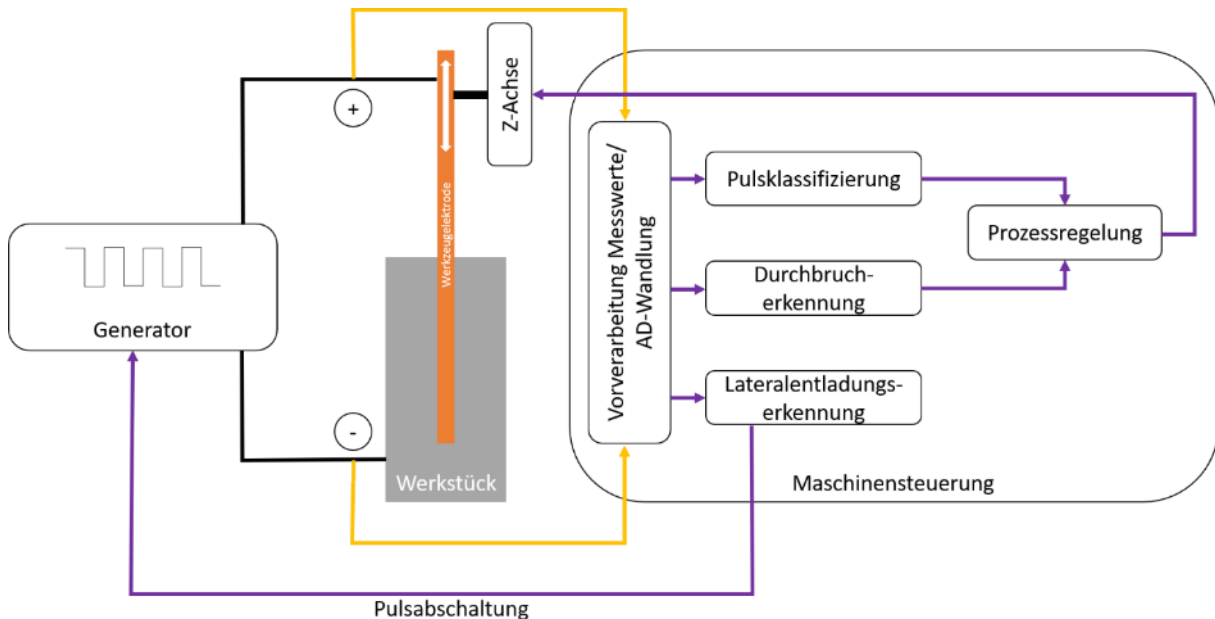


Abb. 12: Konzeption der neuartigen Prozessregelung für das funkenerosive Feinbohren

Kooperationen mit Arbeitsgruppe „Werkstoffkreisläufe“, Prof. Dr. Jörg Woidasky

Über die Aktivitäten zur schnellen Metallidentifikation sowie zum Thema Insektenprotein in Kooperation mit der Arbeitsgruppe Werkstoffkreisläufe unter Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky wird im Abschnitt dieser Arbeitsgruppe berichtet. Erwähnenswert ist außerdem, dass im Jahr 2021 ein Patent der beiden Arbeitsgruppenleiter zum Thema Herstellung von Pulverpartikeln mittels Funkenerosion erteilt wurde (Woidasky, J. & Oßwald, K. (2021). Verfahren zur Herstellung von Partikeln mittels Funkenerosion und hierfür geeignete Erodier Vorrichtung. EP3395482B1., Deutschland, siehe Kapitel Pressespiegel).

6. Materialwissenschaften in der medizinischen Anwendung (Prof. Dr. Volker Biehl, Prof. Dr. Ulrich Heinen, Prof. Dr. Tobias Preckel)

Matereigenschaften von Implantaten: Material-Körper-Interaktion (Prof. Dr. Volker Biehl, Prof. Dr. Tobias Preckel)

Im letzten Jahr konnte die Zellkultur-Infrastruktur an der Hochschule vervollständigt und validiert werden (**Abb. 13**). Im Zellkultur-Labor sollen u.a. Untersuchungen zur Kompatibilität von Implantat-Werkstoffen und Zellgewebe vorgenommen werden. Hier kommen neben physiologischen Lösungen vor allem immortalisierte Zelllinien zum Einsatz, die sich gut in Kultur halten

lassen. Für die Verwendung von gentechnisch immortalisierten Zelllinien wurde die notwendige Zulassung zur S1-Sicherheitsstufe nach dem Gentechnikgesetz beantragt und am 25.10.2021 vom Regierungspräsidium Tübingen erteilt. Dies war eine noch fehlende Voraussetzung für den Beginn der Arbeiten.



Abb. 13: Zellkultur-Sterilbank & -Inkubator

Unterstützend wurden einige Vorarbeiten durchgeführt: So wurde ein Kontakt zur Firma Chemisches Institut Pforzheim GmbH (CIP) etabliert. CIP verfügt über eine hochempfindliche Analysetechnik, mit der sich Stoffe, die von Implantatmaterialien abgegeben werden könnten, in kleinsten Konzentrationen nachweisen lassen. Derzeit wird am CIP eine Bachelorarbeit zum qualitativen und quantitativen Nachweis entsprechend den Normvorgaben von metallischen Abbauprodukten aus Zahnimplantaten angefertigt. Zum Einsatz kommt neben der potentiodynamischen Prüfung die Immersionsprüfung. Die quantitative Bestimmung ausgewählter metallischer Spezies erfolgt anschließend mittels ICP-OES oder ggf. ICP-MS.

Darüber hinaus konnten in einer Projektarbeit erste Materialien auf Magnesiumbasis an der Hochschule auf ihre Korrosionseigenschaften untersucht werden. Diese Materialien bieten u.a. im Gegensatz zu herkömmlichen Implantaten aus Titan, rostfreiem Stahl oder Co-Cr-Legierungen den Vorteil, dass sich Implantate auf Magnesiumbasis im Körper mit der Zeit korrosiv zersetzen und damit idealerweise eine zweite Operation zur Entfernung des Implantats nach Ausheilung der Fraktur nicht notwendig ist. Die Arbeit hatte zum Ziel, einen Versuchsaufbau zu etablieren, mit dem die Korrosionsrate magnesiumbasierter Implantatmaterialien in physiologischen Lösungen bestimmt werden kann (**Abb. 14 und 15**).

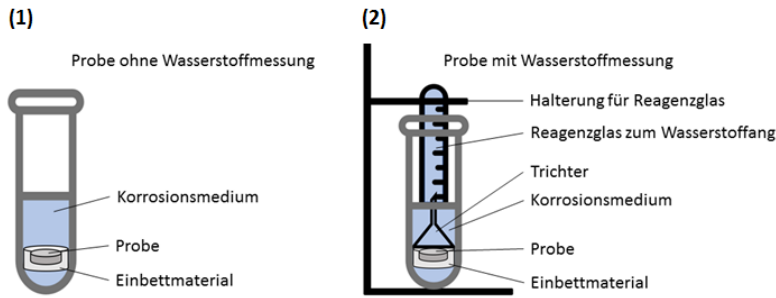


Abb. 14: Versuchsaufbau zur gravimetrischen Bestimmung der Korrosion mit der Probe im Medium (1) und der Bestimmung der entstehenden Wasserstoffmenge (2)

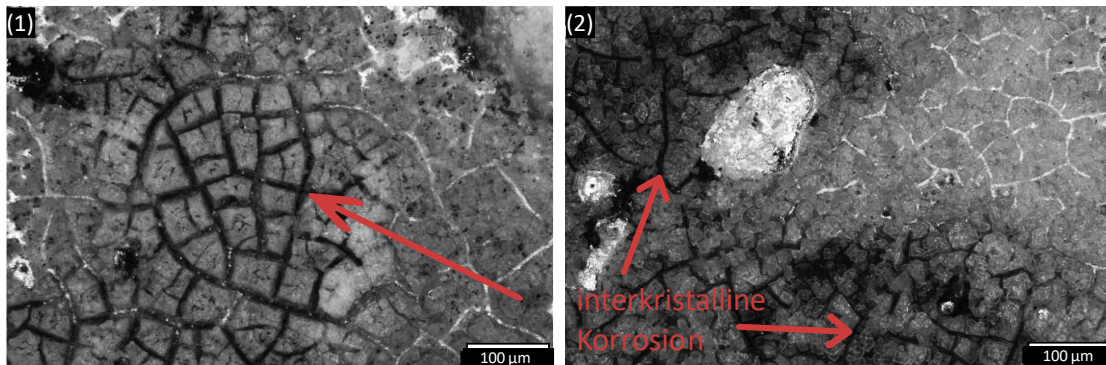


Abb. 15: Interkristalline Korrosion bei zwei unterschiedlichen Magnesium-Materialien nach 10 Tagen im physiologischen Medium, sichtbar im Mikroskop durch verbreiterte Korngrenzen

Innovative Tracermaterialien in der bildgebenden Diagnostik (Prof. Dr. Ulrich Heinen)

Auch im Jahr 2021 wurde die praktische Arbeit im Labor durch die Pandemie lange ausgebremst, aber im November konnte schließlich die Synthese von dextranhüllten Eisenoxidnanopartikeln (*Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles, SPIONs*) für die Magnetpartikelbildung (*Magnetic Particle Imaging, MPI*) mittels eines mikrofluidischen Tröpfchenreaktors wiederaufgenommen werden, die als Vorarbeiten für ein gemeinsames Forschungsprojekt mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Berlin (Abteilung 8.23 Metrologie für magnetische Nanopartikel) dienen. Für den Dezember 2021 geplant war die Kopplung der Syntheseapparatur mit einem an der PTB entwickelten Durchfluss-Magnetpartikelspektrometer, um die magnetischen Eigenschaften der Partikel *in situ* zu charakterisieren und ihre Abhängigkeit von den variablen Syntheseparametern zu untersuchen. Diese Messung konnte allerdings pandemiebedingt nicht durchgeführt werden, da die Infektionsschutzvorschriften an der PTB einen Besuch mitsamt der Apparatur verhindert haben. Stattdessen wurden in Pforzheim die Betriebsparameter des Tröpfchenreaktors weiter optimiert sowie Synthesevorschriften für Magnetit- und Maghemit-basierte Nanopartikel ausgearbeitet und getestet. In Kooperation mit dem Berliner Team wurden apparative Verbesserungen am mikrofluidischen Aufbau und insbesondere an der kritischen Mischerkomponente erarbeitet. Diese Arbeiten sollen im neuen Jahr fortgeführt werden; die gemeinsamen Messungen werden nachgeholt, sobald die pandemische Situation eine Zusammenarbeit vor Ort wieder zulässt.

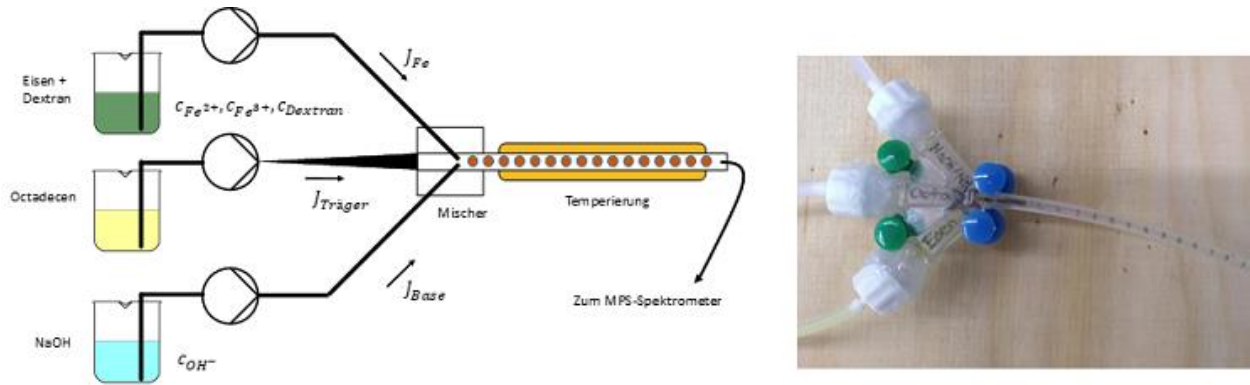


Abb. 16: Synthese von dextranhüllten Eisenoxidnanopartikeln in einem mikrofluidischen Tröpfchenreaktor. Versuchsaufbau in Anlehnung an Kumar et. al. (J. Mater. Chem. 2012, 22, 4704) mit veränderten Stammlösungen und optimierten Syntheseparametern. Links: Die schematische Darstellung zeigt, wie eine dextranhaltige wässrige Lösung von löslichen Eisensalzen gleichzeitig mit Natronlauge als Fällungsmittel in ein organisches Trägerfluid injiziert wird. In diesem Trägerfluid wird die kombinierte wässrige Phase in Form kleiner Tröpfchen abgeschnürt, was ein Verstopfen des mikrofluidischen Kanals durch das entstehende Eisenoxid verhindert. Rechts: Fotografie des Mischers bei laufender Synthese. In den Tröpfchen im abführenden Silikonschlauch (rechts) setzt innerhalb weniger Zentimeter die Fällung des Eisenoxids ein, erkennbar an deren zunehmender Eindunkelung. Der Schlauch wird im weiteren Verlauf durch ein Temperierbad geführt, in dem die Nanokristallite weiter reifen.

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

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

1.1.4 Institute for Smart Bicycle and Technology – ISBT

Motivation und Gründung

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



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

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

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

Mitglieder des Instituts aus den Fachbereichen Maschinenbau und Informationstechnik sind:



Prof. Dr.-Ing. Peter Kohmann



Prof. Dr.-Ing. Ingolf Müller
Stellv. Leiter



Prof. Dr.-Ing. Martin Pfeiffer



Prof. Dr.-Ing. Stefan Hillenbrand



Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Wrede
Leiter



Prof. Dr.-Ing. Peter Heidrich



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

Institutsaktivitäten im Jahr 2021

Aufgrund der Corona-Pandemie waren die Aktivitäten auch im Jahr 2021 stark behindert.

Am 24.06.21 fand ein Treffen der Institutsmitglieder statt, bei dem jeder Arbeitsbereich – Assistenzsysteme, Prüfstandsbaus und Leichtbau – seine aktuellen Aktivitäten vorstellte.

Projektideen für Anschlussprojekte wurden diskutiert.

Prof. Dr.-Ing. Peter Heidrich wird einstimmig als neues ISBT-Mitglied aufgenommen.

Auf einem weiteren Treffen der Institutsmitglieder am 6.09.21 wurde Prof. Jürgen Wrede einstimmig für 2 weitere Jahre als Institutsleiter bestätigt.

Im Rahmen des Projektantrags der Hochschule Pforzheim für „Innovative Hochschule 2021“ wurde ein Teilantrag „Nutzung von Pedelecs für Fahrten zwischen Wohnort und Hochschule“ mit einer Antragssumme von ca. 500 T€ für die Jahre 2023 – 2025 ausgearbeitet und eingereicht.

Themenfelder:

Am ISBT werden verschiedene Aspekte der Fahrradtechnik adressiert:

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



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



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

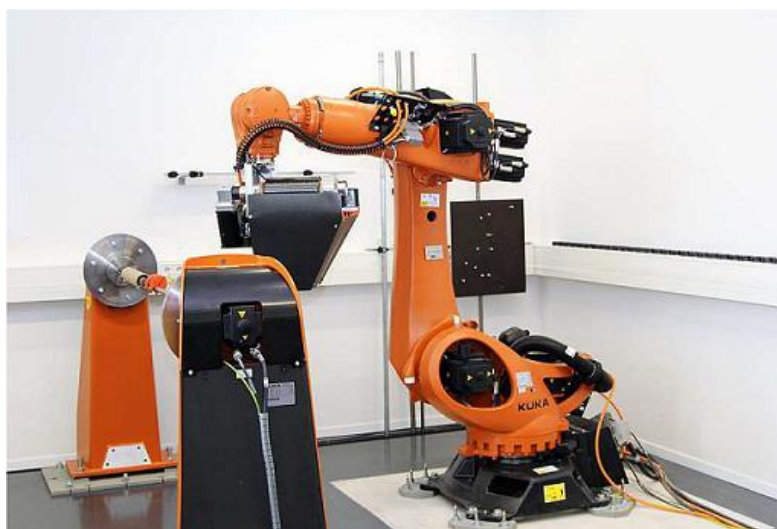


Abb. 4: 3D-Faserwickel-Roboter

Projekte

BikeAssist – Assistenzsystem für E-Bikes

Das vom BMBF im Rahmen des Programms „Ingenieurnachwuchs2016“ geförderte Projekt „Querstabilisierung elektrisch unterstützter Fahrräder bei niedrigen Geschwindigkeiten – BikeAssist“ (FKZ 13FH533IX6) wird seit Oktober 2018 bis 2022 gefördert.

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

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

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

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

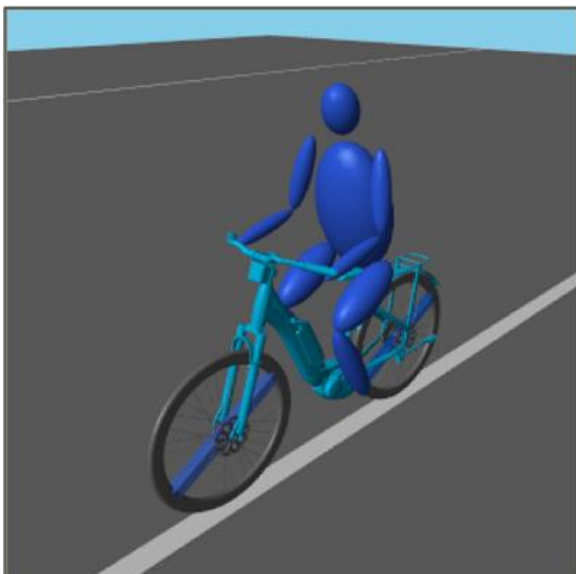


Abb. 5: 3D-Simulation des E-Bikes mit Radfahrer/-in

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

Der ins Steuerrohr integrierte Lenkmomentsensor wurde fertiggestellt, kalibriert und in den speziell dafür angefertigten Rahmen eingebaut. Die komplette Messtechnik wurde auf den neuen Versuchsträger mit Lenkmomentsensor umgerüstet.

Durch mehrere Labortests und Versuchsfahrten konnte die geringe Messunsicherheit sowie die vernachlässigbare Querempfindlichkeit des neuen Sensorkonzepts nachgewiesen werden.

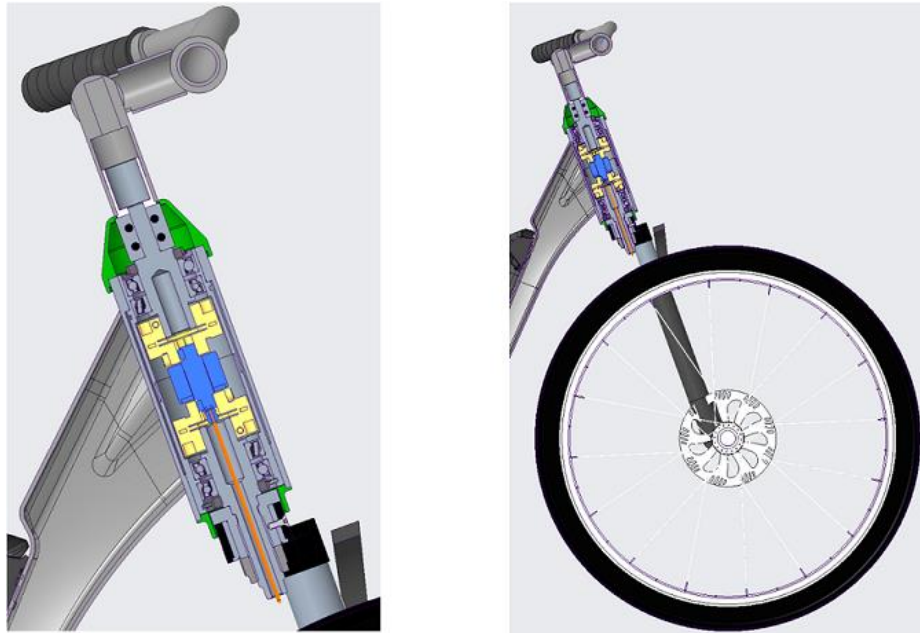


Abb. 6: Schnittbild durch CAD-Darstellung des ins Steuerrohr integrierten Lenkmomentsensors

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

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

Momentan laufen die Vorbereitungen auf eine weitere Probandenstudie im Frühjahr 2022, bei der Wirkung und Akzeptanz mit ca. 60 Fahrern und Fahrerinnen getestet werden soll.



Abb. 7: Erste Tests des prototypischen Assistenzsystems auf dem Hochschulparkplatz

Insgesamt hat das Projekt BikeAssist, trotz der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie, gute Fortschritte erzielt und befindet sich im Zeit- und Kostenplan.

Prüfstandentwicklung in Kooperation mit Firma Canyon Bicycles GmbH

„High-End“-Rennräder und -Mountainbikes haben sich in den letzten Jahren zu Leichtbaustrukturen weiterentwickelt. Um die Betriebssicherheit dieser Räder zu gewährleisten, ist eine umfassende Qualitätssicherung notwendig, die eine dynamische Betriebsfestigkeitsuntersuchung beinhaltet.

Da diese Sportgeräte deutlich stärker belastet werden als „normale“ Fahrräder, sind die bekannten EN-Standardprüfverfahren unzureichend. Ferner sind die Entwicklungszyklen in diesem Bereich sehr kurz und die Kunden wünschen sich neue Räder, die es ihnen ermöglichen, alte Grenzen zu sprengen und noch ambitioniertere Ziele (schneller, höher, weiter) zu erreichen.

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



Abb. 8: Messrad mit Sensoren und Datenlogger

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

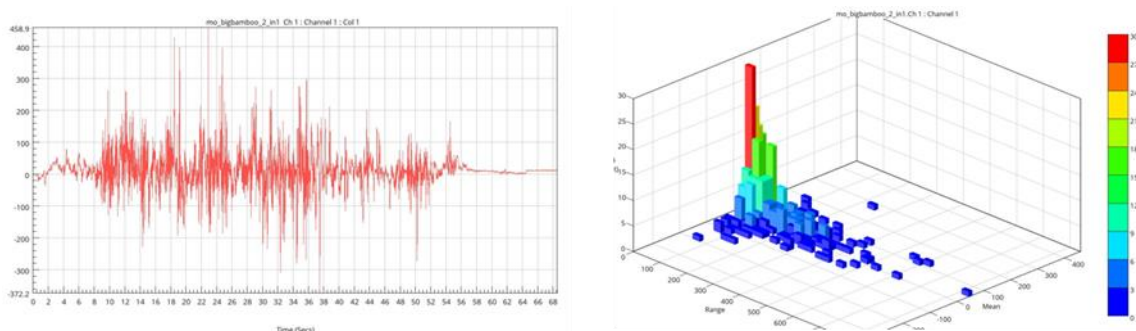


Abb. 9: Gemessenes Kraftsignal und Auswertung zur Ermittlung von Lastkollektiven für den Prüfstand

Erweiterung des Wickelkopfes des 3D-Faserwickelroboters um eine Trenneinheit

Der aktuelle Wickelkopf kann zwei Stränge des TowPreg-Materials gleichzeitig ablegen. Bei vielen Strukturen kann es aber nötig sein, im Prozess kurzzeitig nur mit einem Strang zu wickeln und dann anschließend wieder mit zwei Strängen fortzufahren. Dieses Erfordernis tritt vor allem an Strukturen auf, die aus einer Topologieoptimierung gewonnen wurden, da hier in der Regel keine konstanten Materialstärken vorliegen. Um dies zu ermöglichen und somit die richtige Menge an Material an jedem Ort im Bauteil ablegen zu können, wird aktuell eine automatisierte Trenn- und Anlegeeinheit entwickelt. Diese ermöglicht es, mithilfe von pneumatischen Zylindern, einen Strang zu durchtrennen und anschließend wieder anzulegen. Diese neuartige Erweiterung soll die Effizienz der Anlage noch weiter steigern und für neue Leichtbau-Anwendungen attraktiv machen.

Konzeption, Entwicklung, Fertigung und Erprobung eines ultraleichten Flaschenhalters für Rennräder

Rennräder sind als leichte Sporträder für den Gebrauch im Straßenradsport konzipiert. Ein bedeutender Fokus liegt hierbei insbesondere auf dem Leichtbau für die Rahmenstruktur eines solchen Rades. Weitere signifikante Potenziale für die Masse-Reduktion beim Rennrad finden sich in der Optimierung von Komponenten und Anbauteilen, wobei im High-End-Bereich dieser Sportgeräte um Einsparungen im Grammbereich gekämpft wird. Ein wichtiges Anbauelement für jedes Rennrad ist ein Flaschenhalter, der Trinkflaschen mit einem Fassungsvermögen zwischen 0,5 und 0,7 Liter aufnimmt. Für einen solchen Flaschenhalter wird ein ultraleichtes Konzept entwickelt, erprobt und automatisiert gefertigt.

Hierfür kommen 3-dimensionale Wickelstrukturen aus endlosfaserverstärkten Kunststoffen (CFK & GFK) zum Einsatz. Durch lastgerechte Auslegung und Fertigung der Bauteile ist es möglich, das maximale Leichtbaupotenzial zu erzielen. Bisherige Leichtbau-Flaschenhalter sind im Bereich von 10 Gramm verfügbar. Das aktuelle Konzept liegt nun bei unter 6 Gramm und kann damit als „der leichteste Flaschenhalter der Welt“ bezeichnet werden. Ein eigens hierfür entwickelter Prüfstand hat zudem die Dauerhaltbarkeit des Flaschenhalters bestätigt und andere, bereits am Markt verfügbare Leichtbau-Flaschenhalter weit übertroffen.

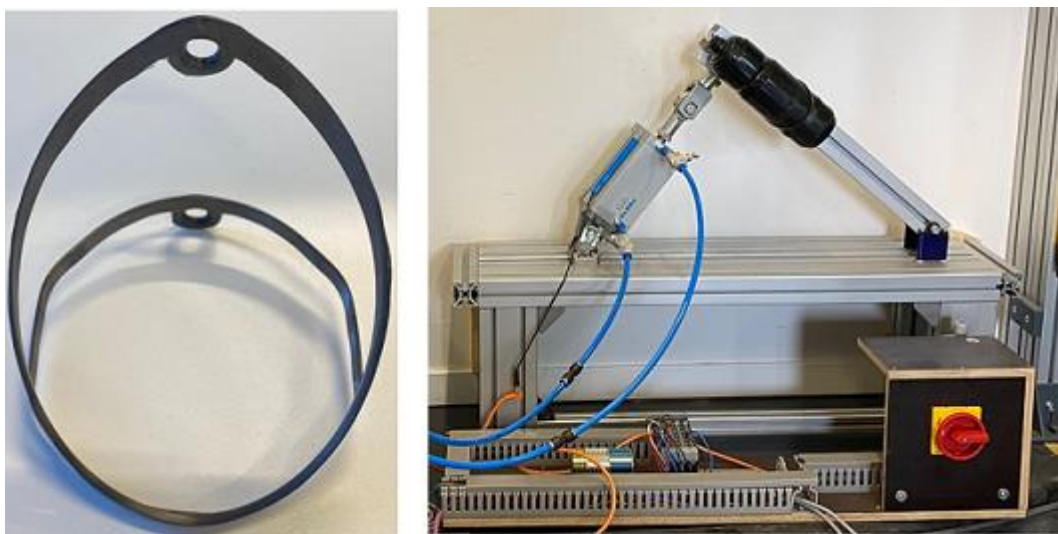


Abb. 10: Gewickelter Flaschenhalter (links); dynamischer Flaschenhalter-Prüfstand (rechts)

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

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

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

Damit diese Funktionen abgebildet werden können, muss aber eine hinreichend belastbare Anbindung (Interface) zwischen den beiden Kunststoff-Materialsystemen vorhanden sein. Dieses Interface wird im Labor für Festigkeitslehre & Leichtbau detailliert untersucht. Dabei kommen unterschiedliche Vorbehandlungsmethoden, wie etwa das Niederdruckplasma, zum Einsatz. Auch werden für die Untersuchung des Interfaces neuartige Ansätze untersucht, bei denen das vorhandene TowPreg-Material speziell an diesen Hybrid-Prozess angepasst wird und der roboterbasierte Wickelprozess modifiziert wird.

Hier konnte nach Auswertung der Versuche gezeigt werden, dass durch die Behandlung mit Sauerstoff-Niederdruckplasma ein hochbelastbares Interface zwischen dem glasfaserverstärkten PA6-Spritzgussmaterial (Thermoplast) und dem TowPreg-Material (Duroplast) erzeugt werden kann. Diese Versuchsergebnisse dienen nun als Basis für einen DFG-Forschungsantrag, welcher gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe an der TU Kaiserslautern gestellt wurde und aktuell in der Prüfung bei der DFG ist. Gemeinsam wurden hier zwei Journal-Paper veröffentlicht, die sowohl die Interface-Gestaltung als auch die anisotrope Topologie-Optimierung thematisieren.

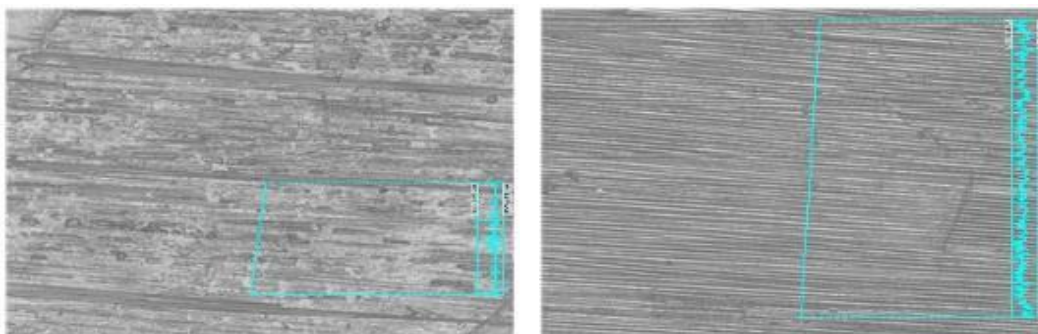


Abb. 11: Messung der Oberflächenrauigkeit einer CFK-Probe: unbehandelt (links) und plasmabehandelt (rechts)

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

Ziel des Projektes ist es, eine kostengünstige Laboranlage zur Herstellung von vorimprägnierten Kohlenstofffasern (Towpreg) – auf Basis von Epoxidharzen – zu entwickeln. Dazu wurden zunächst die Grundlagen von duroplastischen Matrixsystemen für die Herstellung von vorimprägnierten Fasern betrachtet und geeignete Harz- und Härterkomponenten identifiziert. Anschließend wurde für die Herstellung des Towpreg-Materials ein geeignetes Herstellungsverfahren festgelegt und erprobt sowie eine entsprechende Anlage für den Laborbetrieb konzipiert, entwickelt und in Betrieb genommen.



Abb. 12: Carbonfaser-Towpreg-Material (links); Faserimprägnieranlage (rechts)

Nach einer Erweiterung der Anlage um eine spezielle Abstreifeinheit kann nun unterschiedliches TowPreg-Material mit definiertem und verstellbarem Faservolumengehalt gefertigt werden. Dadurch soll das Labor in Zukunft unabhängig bei der Beschaffung von kommerziellem TowPreg werden, was aktuell sehr kompliziert und kostenintensiv ist.

Entwicklung von Rennrad-Antriebskomponenten (Kurbel & Kettenblatt)

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

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

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

Die Arbeiten an beiden Produkten werden im kommenden Jahr fortgesetzt.



Abb. 13: Hybrides CFK-Aluminium-Kettenblatt

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

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

1.1.5 Schmucktechnologisches Institut – STI

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

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

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

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

Für den Bundesverband Schmuck und Uhren und seine Mitgliedsunternehmen wurde in Zusammenarbeit mit dem TÜV Rheinland von Mai bis Juli 2021 an beigestellten Schmuckstücken der Partnerunternehmen eine umfangreiche Vergleichsuntersuchung der Korrosions- und Abriebbeständigkeit von Platin- und Rhodiumbeschichtungen auf Weißgoldlegierungen erfolgreich durchgeführt, dokumentiert und im Rahmen einer Verbandsveranstaltung präsentiert.

Im Jahr 2021 wurden folgende öffentliche Forschungsprojekte bearbeitet:

Projekt IMPrint

Für den Forschungsschwerpunkt „indirekte additive Fertigung“ konnte im Rahmen des Förderprogramms der Invest BW ein Projekt zum innovativen Metalldruck von Präzisionsteilen aus Nickel-Titan-Werkstoffen erfolgreich beantragt werden. Das Projekt „Innovativer Metalldruck von Präzisionsteilen aus Nickel-Titan-Werkstoffen“ (IMPriNT) hat eine Laufzeit vom 01.07.21 bis zum 30.06.23 und wird in Zusammenarbeit mit der MetShape GmbH (einer Ausgründung des Instituts) durchgeführt. Im Rahmen des Projekts wird eine Promotion in Zusammenarbeit mit der Universität Dresden (IWS) durchgeführt.

Neben den Eigenentwicklungen im Bereich Lithography-based Metal Manufacturing LMM und Fused Filament Fabrication FFF wurde für das konkurrierende Verfahren Metal Binder Jetting BJ eine Entbinder- und Sinterentwicklung für die Firma BMW erfolgreich abgeschlossen.

Projekt MaXycle

Im Forschungsschwerpunkt „Recycling und die Weiterverarbeitung von Permanentmagneten auf Nd-Fe-B-Basis“ wurde im ERA-MIN-2-Programm der Europäischen Kommission das Projekt „MaXycle“ (Entwicklung einer ‚abgekürzten‘ Wiederaufarbeitung für NdFeB-Magnete – Teilvorhaben 1: Klassifizierung von Recyclat-Qualitäten und Entwicklung eines Kennzeichensystems für neue Hartmagnete) im Jahr 2021 erfolgreich abgeschlossen. Es wurde ein Kennzeichnungs- und Klassifizierungssystem für das effiziente Recycling von Permanentmagneten entwickelt und publiziert sowie in einer Open-Access-Datenbank bereitgestellt.

Projekt ADMIRAL

Das Projekt „Neue Magnetmaterialien durch Additive Fertigung“ (ADMIRAL), das im Rahmen des Programms Innovative Projekte/Kooperationsprojekte des MWK mit der Hochschule Aalen und den Industriepartnern Lithoz GmbH, MAG IAS GmbH und Siemens AG durchgeführt wurde, konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Im Projekt wurden die Möglichkeiten der additiven Fertigung von Permanentmagneten ausgelotet und vielversprechende Entwicklungsansätze aufgezeigt.

Projekt REsolve

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

der University of Birmingham (Großbritannien) als assoziiertem Partner eine Promotion durchgeführt.

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

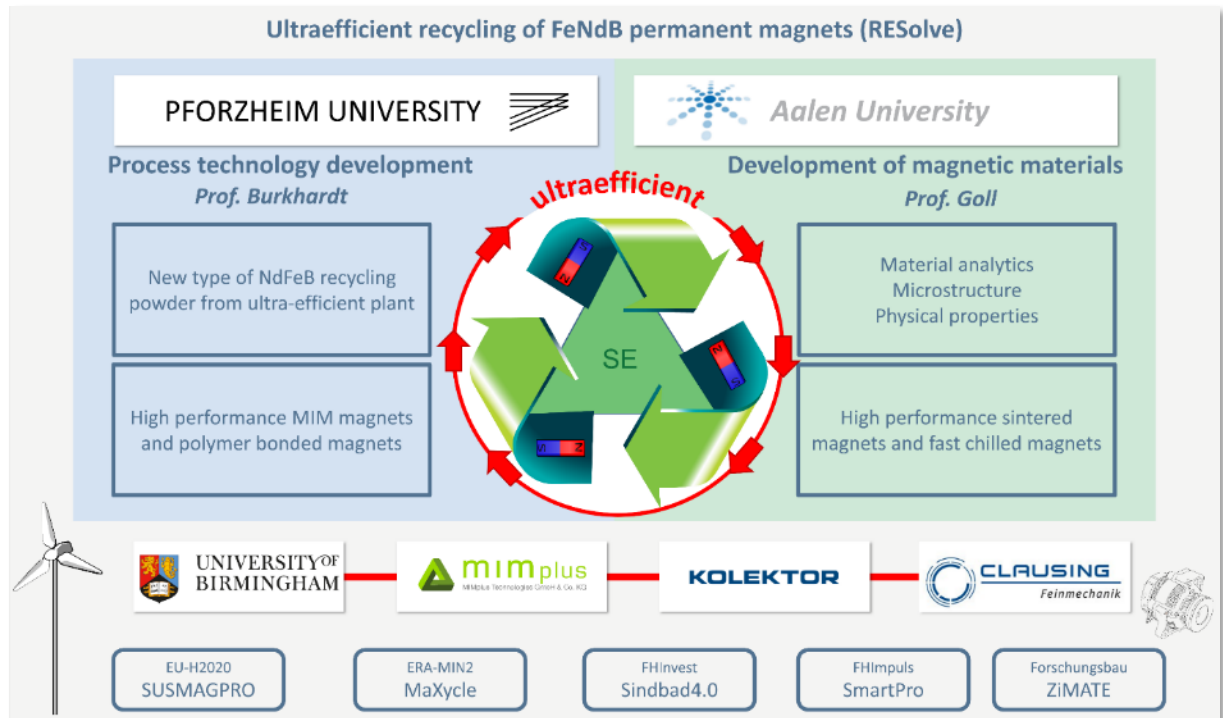


Abb. 1: Resolve-Projektstruktur

Projekt INSPIRES

Im Regional Innovation Scheme (RIS) des EIT-RawMaterial-Programms der EU wurde das Projekt „Intelligent and Sustainable Processing of Innovative Rare-Earth magnets“ (INSPIRES) bewilligt. Das Projekt zielt darauf ab, Seltene Erden innerhalb der EU beim Recycling von Permanentmagneten aus Haushaltsgeräten zurückzugewinnen. Im Projekt sollen Methoden für die nachhaltige Gewinnung und das Recycling sowie die Verwendung von recycelten Magneten in neuen Motoren im industriellen Maßstab, am Beispiel des regionalen Industrieraums Slowenien, optimiert werden. Das Projekt hat eine Laufzeit vom 01.03.21 bis 28.02.2024. Projektpartner sind das Centre for European Policy Studies (CEPS) (Belgien), National Research Council (Italien), Domel, Elektromotorji in gospodinjski aparati, d.o.o (Slowenien), Gorenje gospodinjski aparati, d.o.o (Slowenien), Jozef Stefan Institute (Slowenien), KOLEKTOR KFH, Pogonski sistemi in komponente d.o.o (Slowenien), Hochschule Pforzheim (Deutschland), Surovina družba za predelavo odpadkov d.o.o (Slowenien), Technical University of Denmark (Dänemark), ZEOS, ravnanje z električno in elektronsko opremo, d.o.o. (Slowenien) und das Spanish National Research Council (Spanien) als Koordinator.

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

Projekt SUSMAGPRO

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



Abb. 2: SUSMAGPRO-Konsortium

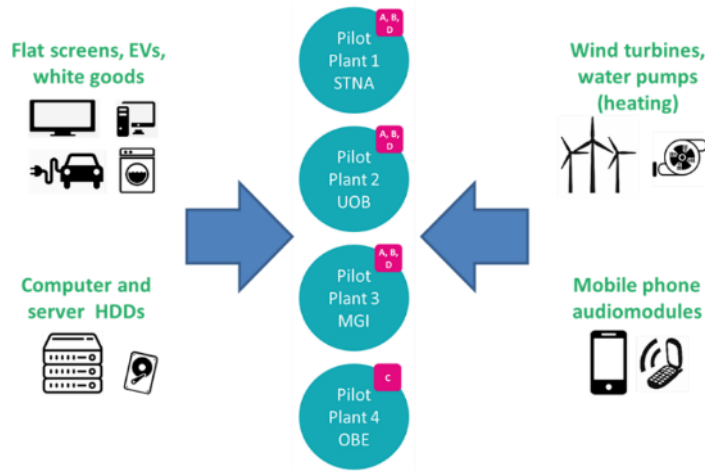


Abb. 3: SUSMAGPRO-Stoffströme

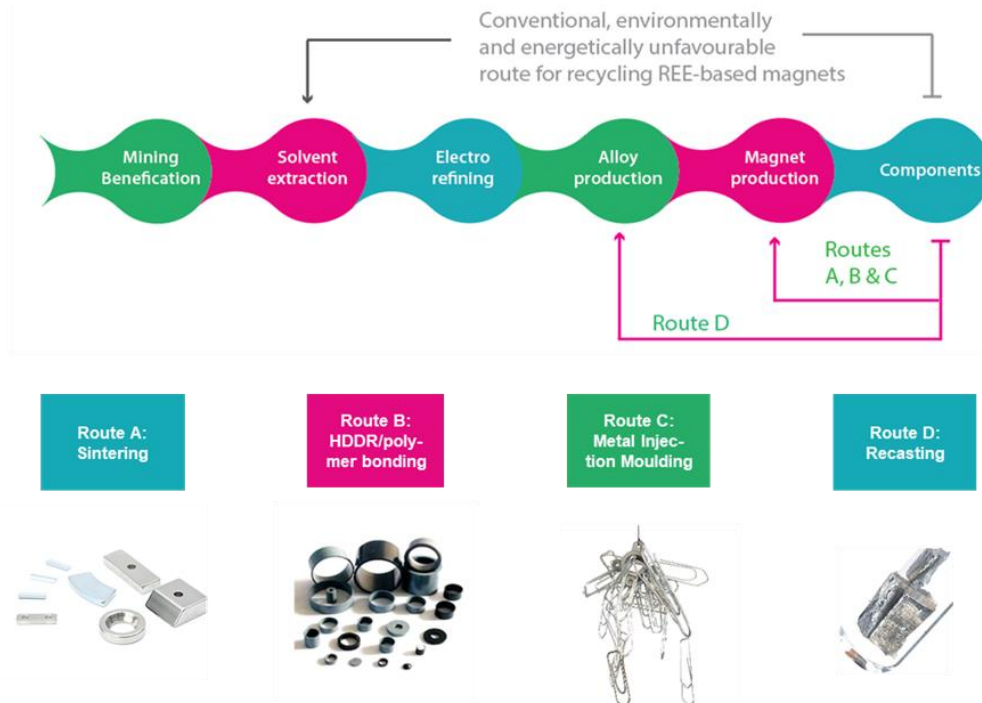


Abb. 4: „Abgekürzter“ SUSMAGPRO-Recyclingweg und -Recyclingprodukte

Im Rahmen des Projekts wurden ein Magnetometer, ein Magnetspulser, ein Extruder zur Fertigung magnetischer Filamente, eine OES-ICP sowie ein weiterer Sinterofen angeschafft, um die umfangreichen Projektaufgaben zu bewältigen. 2020 wurden im Rahmen von SUSMAG-PRO drei Studentenprojekte, eine Masterarbeit und eine Promotion betreut.

Ausblick: Projekt REEsilience

Im HORIZON-EUROPE-Förderprogramm der EU wurde erfolgreich das Projekt „REEsilience“ beantragt. Das Projekt wird voraussichtlich im Zeitraum 01.05.2022 – 30.04.2026 durchgeführt werden.

Im Rahmen des Projekts soll ein Produktionssystem aufgebaut werden, das eine belastbare und nachhaltige Versorgungskette für RE als kritische Rohstoffe für Elektromobilität, erneuerbare Energien und andere strategische Sektoren in Europa mit geringerer Abhängigkeit von außereuropäischen Volkswirtschaften gewährleistet. Ein neu entwickeltes Software-Tool wird

optimale Mischungsverhältnisse ermitteln, um eine gleichbleibend hohe Produktqualität mit einem Maximum an Sekundärstoffen für Hightech-Anwendungen zu gewährleisten. In Verbindung mit neuen und verbesserten Technologien für die Legierungsherstellung und die Pulveraufbereitung, insbesondere von Sekundärwerkstoffen, werden die Ausbeute und die Stabilität der Prozesse weiter verbessert, was eine weitere Erhöhung des Anteils von Sekundärwerkstoffen an der RE-PM-Produktion ermöglicht, während gleichzeitig Abfall, Umweltschäden und der Energieverbrauch im Zusammenhang mit der Herstellung von Neuware verringert werden.

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

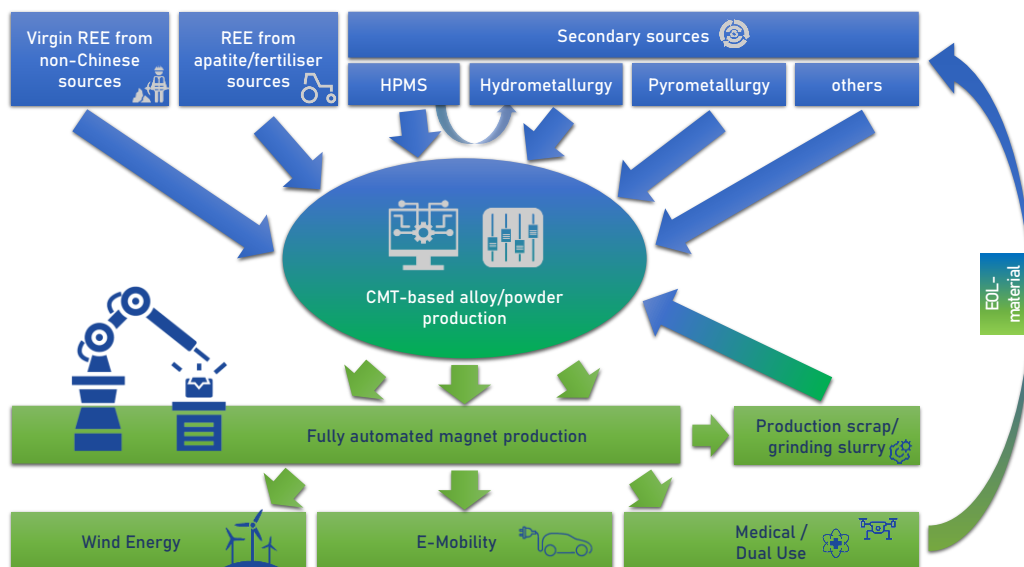


Abb. 5: REEsilience Materialfließkonzept

In Summe wurden vom STI im Jahr 2021 9 Bachelor- und drei Masterarbeiten (erst-)betreut.

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

Institutsleitung: Prof. Dr. Carlo Burkhardt

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

1.1.6 Institut für Personalforschung – IfP

Das Institut für Personalforschung im Human Resources Competence Center (HRCC) an der Hochschule Pforzheim arbeitete im Jahr 2021 in verschiedenen Themenbereichen.

Im **Themenbereich Agilität und Innovation** agiert das IfP gemeinsam mit dem Institut für Industrial Ecology (INEC, Prof. Dr. Claus Lang-Koetz) als Entwicklungspartner im Forschungsprojekt „Selbstorganisiertes Innovationsmanagement im digitalen Zeitalter“ (InnoDiZ). Projektbeteiligte am IfP sind Prof. Dr. Stephan Fischer und Dr. Sabrina Weber. Das dreijährige Forschungsprojekt startete am 01.01.2019 und wird im Rahmen des Förderprogramms „Zukunft der Arbeit“ als Teil des Dachprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfond gefördert (FKZ 02L17C50). Der Projektverbund besteht aus zwei weiteren Entwicklungspartnern und fünf Anwendungspartnern. Bei den fünf Anwendungspartnern handelt es sich um KMU aus verschiedenen Branchen mit Sitz in Süddeutschland. Details zum Projektverbund können der Website des Projekts entnommen werden (www.innodiz.com).

Hauptziel des Vorhabens war die Konzeption und Evaluation des Curriculums „Agiles Innovationsmanagement“. Die beiden Institute IfP und INEC erforschten und entwickelten in diesem Kontext relevante Inhalte für die Unterstützung der Verbundpartner beim Thema des selbstorganisierten Innovationsmanagements. Dazu gehörte die Auswahl geeigneter klassischer und agiler Innovationsmanagement-Methoden, die in der Praxis benötigt werden und eine hohe Akzeptanz erfahren. Diese wurden für die Zielgruppe didaktisch sinnvoll aufbereitet und im Rahmen der entwickelten Weiterbildung „Innovationsmanagement in KMU“ zur Verfügung gestellt. Der vermittelte „Methodenkoffer“ mit klassischen und agilen Methoden dient den Weiterbildungsteilnehmenden aus KMU dazu im Sinne der kontextuellen Ambidextrie situationsadäquate Vorgehensweisen im Innovationsmanagement zu finden (s.u.). Die Weiterbildung wurde projektbegleitend evaluiert. Gleichzeitig wurden die Projektergebnisse und -erfolge für die Verbreitung und den Transfer aufbereitet und in der wissenschaftlichen Community (Konferenzbeiträge, Publikationen) und Unternehmenspraxis (insbes. über multiplikationsrelevante Veranstaltungen) verbreitet.

Das Forschungsprojekt InnoDiZ verfolgte eine iterative Entwicklung und Ausweitung der Blended-Learning-Weiterbildung in drei Runden. Über diese drei Runden erfolgte sukzessive der Auf- und Ausbau von firmenübergreifender themenbezogener Vernetzung. Im Berichtszeitraum 2021 standen die Durchführung, der Abschluss und die Evaluation der zweiten Runde der entwickelten Blended-Learning-Weiterbildung an. Wesentliche Ansatzpunkte im Projekt InnoDiZ sind ein starker Bezug zu konkreten laufenden Innovationsprojekten der Teilnehmenden und der firmenübergreifende Austausch. Zentrales Ergebnis des Forschungsprojekts ist ein im Projektkonsortium entwickeltes Vorgehensmodell für ein selbstorganisiertes Innovationsmanagement in KMU. KMU, die sich in ambidextren Herausforderungen befinden, müssen zwischen Exploitation und Exploration balancieren. Exploitation ist dabei die bestmögliche Nutzung vorhandener Ressourcen. Es geht um Effizienz und Optimierung, kontinuierliche Verbesserung (KVP) steht im Fokus, angestrebt wird ein sicherer Profit und ein geringes Risiko. Dazu benötigt eine Organisation feste Strukturen (Rollen) und klassische Vorgehensmodelle. Exploration ist die Entwicklung neuer Ressourcen. Sie beinhaltet visionäre Experimente und diskontinuierliche Innovation mit klarem Wachstumsziel, unsicherem Profit und hohem Risiko. Dazu werden flexible Strukturen (Rollen) und agile Vorgehensmodelle benötigt. Im Forschungsprojekt wurde folgende Logik entwickelt:

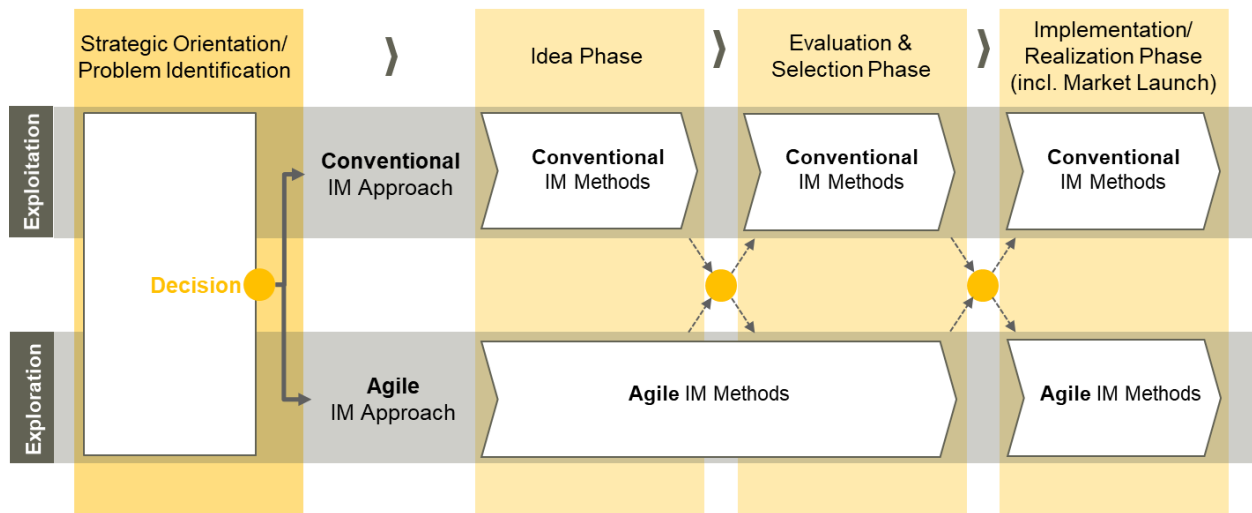


Abb. 1: Generic conceptual model with IM approaches and methods for innovation projects in SMEs (eigene Abbildung in Reischl et al. (im Erscheinen))

Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt InnoDiZ wurden 2021 an mehreren Stellen publiziert bzw. zur Publikation vorbereitet:

- **Abschlusspublikation der Verbundpartner des Projekts** (im Erscheinen): Bosch, Nico et al.: Neue Wege für das Innovationsmanagement in KMU durch Blended Learning und firmenübergreifenden Austausch. In: Nitsch, Verena et al. (Hrsg.): Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand - Band 1: Ergebnisse und Best Practice des BMBF-Forschungsschwerpunkts „Zukunft der Arbeit: Mittelstand – innovativ und sozial“. Berlin: Springer. (Open Access)
- **Beitrag im Sammelband der Handlungsgruppe 2 der Projekte der Förderlinie** (im Erscheinen): Weber, Sabrina; Reischl, Annika; Fischer, Stephan; Lang-Koetz, Claus: Kompetenzen für das Innovationsmanagement. Ergebnisse und Erfahrungen aus KMU. In: Kauffeld, Simone; Rothenbusch, Sandra (Hrsg.): Kompetenzen von Mitarbeitenden in der digitalisierten Arbeitswelt. Berlin: Springer. (Open Access)
- **Artikel im International Journal of Innovation and Technology Management** (angenommen): Reischl, Annika; Weber, Sabrina; Fischer, Stephan; Lang-Koetz, Claus: Contextual ambidexterity: Tackling the exploitation and exploration dilemma of innovation management in SMEs. (Open Access)
- **Buch mit begleitenden Lernmaterialien** (in Vorbereitung): Lang-Koetz, Claus; Reischl, Annika; Fischer, Stephan; Weber, Sabrina; Kusch, Anina: Ambidextres Innovationsmanagement in KMU – Praxisnahe Konzepte und Methoden. Berlin: Springer (Open Access)
- **Keynote von Prof. Dr. Stephan Fischer**: „Innovationsmanagement in einer ambidextren Arbeitswelt: Kreativ und effizient neue Lösungen finden“, Innovationstag Nordschwarzwald, 9. März 2021. https://www.youtube.com/watch?v=LdxPa_EbxhM
- **Workshop von Prof. Dr. Claus Lang-Koetz**: „Barrieren für Innovation im Unternehmen überwinden – Innovationsmanagement für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)“, Innovationstag Nordschwarzwald, 9. März 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=RxDg-4cnREQ>

Im Themenbereich Rekrutierung und Bindung startete zum 01.09.2021 das Projekt „**Emotionale Mitarbeiter*innenbindung im Evangelischen Kirchenkreis Stuttgart**“ (EmoKiS). Projektbeteiligte am IfP sind Prof. Dr. Stephan Fischer und Dr. Sabrina Weber. Das Projekt

beschäftigt sich mit neuen Formen der Personalbindung im Bereich der Kindertageseinrichtungen des Evangelischen Kirchenkreises Stuttgart. Hierdurch sollen die Mitarbeiter*innenzufriedenheit und letztlich auch die Qualität in den Einrichtungen (weiter) gesteigert werden. Das Projekt verfolgt einen quantitativen und qualitativen Ansatz, um einen möglichst großen Erkenntnisgewinn zu gewährleisten und ist in zwei Projektphasen unterteilt. Die Phase 1 endet am 30.4.2022. Im Anschluss daran ist die Phase 2 geplant, diese soll vom 01.05.2022 bis 31.12.2022 durchgeführt werden. Im Projekt wird in der ersten Phase die Fluktuation der letzten drei Jahre analysiert und es erfolgt eine quantitative Untersuchung des affektiven und normativen Commitments der Fachbeschäftigten. Die bestehenden Anreize des internen Personalmarketings (als Indikator für die Arbeitgebermarke) werden gesichtet und erste inhaltliche Entwicklungsfelder auf Basis der einschlägigen Literatur und vorhandener empirischer Daten aus anderen Studien erarbeitet. Schließlich werden über qualitative Interviews mögliche Anreize für eine Verstärkung des affektiven und normativen Commitments bei den Fachbeschäftigten exploriert. Ziel beider Phasen ist es, am Ende einen evidenzbasierten Katalog von Retention-Maßnahmen für den Evangelischen Kirchenkreis Stuttgart und die spezifische Zielgruppe der Mitarbeitenden in den Kindertageseinrichtungen zu entwickeln. Die Ergebnisse sollen sowohl im praktischen Wissenstransfer als auch über transferorientierte und wissenschaftliche Publikationen verwertet werden.

Im **Themenbereich industrielle Beziehungen/Arbeitsbeziehungen** wurde fortlaufend an der wissenschaftlichen Verwertung von Ergebnissen des bereits abgeschlossenen zweijährigen Forschungsprojekts „Social Partner Engagement and Effectiveness in European Dialogue“ (SPEEED) gearbeitet. Das Projekt SPEEED war am IfP mit einer Laufzeit bis 30.03.2018 unter der Leitung von Dr. Sabrina Weber bearbeitet worden. Gefördert wurde das Forschungsprojekt von der Europäischen Kommission unter dem Förderkennzeichen VS/2016/0092 in der Budgetlinie „Verbesserung des Kenntnisstandes im Bereich der Arbeitsbeziehungen“. Im Jahr 2021 umfasste die Verwertung insbesondere die Vorbereitung und Veröffentlichung von Publikationen in internationalen Fachzeitschriften und Konferenzbeiträge beim 19. Weltkongress der ILERA (International Labour and Employment Relations Association).

Ein auf den Erkenntnissen des Forschungsprojekts SPEEED aufbauender Forschungsantrag bei der Europäischen Kommission wurde zum 01.09.2021 bewilligt. Das neue Verbundprojekt „Health Risk Outlooks by Social Partners“ (HEROS) untersucht die Beteiligung der Sozialpartner – Arbeitgeber bzw. Arbeitgeberverbände und Gewerkschaften – an Maßnahmen zur Verbesserung von Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz in zwei Branchen (Krankenhäuser, soziale Dienste) und sechs Ländern (Deutschland, Großbritannien, Italien, Litauen, Polen, Schweden). Dabei wird auch die Koordination zwischen Ländern im branchenbezogenen Sozialdialog auf EU-Ebene in den Blick genommen. Ziel ist es, effektive Wege zur Handhabung des Themas Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz, nicht zuletzt im Lichte der Erfahrungen im Zuge der Covid-19-Pandemie, zu identifizieren. Das Verbundprojekt wird von 2021 bis 2023 von der Europäischen Kommission gefördert („Verbesserung des Kenntnisstandes im Bereich der Arbeitsbeziehungen“, VS/2021/0234). Koordiniert wird das Projekt an der Business School der Durham University (Großbritannien). Die weiteren Verbundpartner sind an der Linneaus University und der University of Gothenburg (Schweden), dem Institute of Public Affairs (Polen) und der University of Warwick (Großbritannien) tätig. Projektleitung am IfP: Dr. Sabrina Weber.

Das Team des Instituts für Personalforschung (IfP)



**Prof. Dr.
Stephan Fischer**
Direktor



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



**Prof. Dr.
Anja Schmitz**
Projektleiterin



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



**Prof. Dr.
Carsten Weber**
Projektleiter



Dr. Sabrina Weber
Projektleiterin
Akademische Mitarbeiterin

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

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

1.1.7 Institute for Human Engineering & Emphatic Design – HEED

Seit Oktober 2016 agiert das von der Karl Schlecht Stiftung geförderte Institut HEED unter dem Dach des IAF. Mit der Berufung des Stiftungsprofessors Dr. Sven Schimpf, der seit März 2020 zum Team gehört, liegt ein Fokus des HEED auf Innovations- und Interdisziplinaritätsforschung. Das Team des HEED umfasst insgesamt 8 Professoren und Professorinnen und vier Mitarbeiter/-innen. Im folgenden Bericht werden die beiden Forschungsschwerpunkte (1.) Möglichkeitsbedingungen für Kreativität sowie (2.) Innovation und Interdisziplinarität, die im Jahr 2021 am HEED maßgeblich bearbeitet worden sind, näher dargestellt.

Nachfolgend werden die Projekte des HEED vorgestellt.

1. Forschungsschwerpunkt: Möglichkeitsbedingungen für Kreativität

Eine zentrale Forschungstätigkeit, die von HEED-Direktor Thomas Hensel in Zusammenarbeit mit diversen Kooperationspartnern durchgeführt wurde, widmet sich den Möglichkeitsbedingungen von Kreativität. Für das HEED-Credo „Vom Hörsaal in die Werkstatt“ ist ein inspirierender Ort, an dem die multidisziplinären Teams empathisch zusammenarbeiten und ihre Kreativität entfalten können, von großer Wichtigkeit. Zudem werden Methoden und Werkzeuge angewendet und neu kreiert, die erprobte Vorgehensweisen mit selbst entwickelten, empathischen Kreativitätstechniken kombinieren. Im Zentrum des gesamten Prozesses stehen spielerische Praktiken, die durch Ausprobieren und Modellieren immer wieder neue Spielfelder eröffnen und so Neues und Unerwartetes hervorbringen.

„HfG Ulm: Ausstellungsfieber“ – Abschlussausstellung des von der VolkswagenStiftung geförderten Forschungsprojektes

Als eine der einflussreichsten Gestaltungshochschulen des 20. Jahrhunderts war die HfG Ulm Wegbereiterin für das heutige Verständnis von Design als interdisziplinärer Praxis. Ihre Geschichte ist geprägt von Innovation und Wandel. Sie verstand sich als experimentelle Institution, in der ein neues Berufsbild des Designers/der Designerin entwickelt wurde. Ihre Vorstellung von demokratischer Gestaltung trug die HfG über zahlreiche Ausstellungen in die Welt, die noch heute für die Kreativitätsforschung eine große Rolle spielen. Sie nutzte hochschulinterne Ausstellungen und Messeauftritte für große Firmen als Experimentierfeld, um Ausstellungssysteme zu konstruieren und zu testen. Solch ein Experimentierfeld, in dem jedoch keine Ausstellungen, sondern Ideen, Innovationen, Produkte, Projekte und vor allem Kreativität entstehen sollen, wird aktuell auch in der Fakultät für Gestaltung eingerichtet. Gemeinsam mit der Design Factory Pforzheim entwickelt das HEED einen *Creative Space* ganz im Zeichen des Themas *Spiel*. Die Erkenntnisse aus der Entwicklung der Ausstellung „HfG Ulm: Ausstellungsfieber“ sowie dem damit verbundenen Forschungsprojekt liefern hierzu wichtige Impulse.

Konkret ermöglicht die Ausstellung „HfG Ulm: Ausstellungsfieber“ einen neuen Blick auf die Gestaltungshochschule im internationalen Kontext. Im Mittelpunkt steht die Ausstellungstätigkeit der Hochschule, die wesentlich zu ihrer weltweiten Wahrnehmung beitrug. Unveröffentlichte Quellentexte und historisches Material, darunter Ausstellungsstände, Systementwürfe sowie Fotografien, veranschaulichen die Entwurfs- und Ausstellungspraxis der HfG zwischen den Jahren 1953 und 1968. Die Besucher/-innen der Ausstellung sehen sich zurückversetzt in die 1950er und 60er Jahre, die Zeit eines grassierenden „Ausstellungsfiebers“. Nahezu jeder Bereich des alltäglichen Lebens wurde gestaltet und in Ausstellungen und auf Messen vorgestellt. Zu diesem Ausstellungsfieber trug die HfG wesentlich bei.



Abb. 1: Ein Blick in die Ausstellung © HfG-Archiv/Museum Ulm

Die Ausstellung bildet den Abschluss des von der VolkswagenStiftung geförderten vierjährigen Forschungsprojekts „Gestaltung ausstellen. Die Sichtbarkeit der HfG Ulm“, das vom HfG-Archiv Ulm, von der Hochschule Pforzheim und der Folkwang Universität der Künste Essen gemeinsam getragen wurde. Neben der Ausstellung, die von 1. Mai bis 19. September 2021 im HfG-Archiv Ulm sowie vom 15. Oktober 2021 bis 6. März 2022 im Bauhaus Dessau stattfand, ist auf <https://hfgulmarchiv.de> zusätzlich eine dauerhafte Webpräsenz entstanden, die wichtige historische Quellen erstmals publiziert und der Öffentlichkeit zugänglich macht.

Die Ausstellung wurde kuratiert von Viktoria Heinrich, Christopher Haaf und Linus Rapp in Zusammenarbeit mit den Projektleitern Thomas Hensel, Martin Mäntele und Steffen Siegel. Eine dreibändige Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

„Hortus conclusus. Die Lehrmittelsammlung der Kunstgewerbeschule Pforzheim“



Abb. 2: Unterschiedlichste Fundstücke begeistern die Besucher/innen © Hochschule Pforzheim

Ein Dachbodenfund im Gebäude der Fakultät für Gestaltung legte den Grundstein für die Ausstellung „Hortus Conclusus“. Die Kuratoren Prof. Dr. Thomas Hensel und Dr. Robert Eikmeyer und die Kuratorin, Prof. Dr. Evelyn Echle präsentierten bislang unveröffentlichte Objekte der Lehrmittelsammlung der Kunstgewerbeschule Pforzheim. Bücher, Vorlagenwerke und Musterstücke aus den Anfängen der Pforzheimer Kunstgewerbeschule werden bis heute im Stadtarchiv Pforzheim und dem Schmuckmuseum auf-

bewahrt. Weniger bekannt ist, dass auch von den zahlreichen Gipsabgüssen, Naturmodellen und Glasdias der Sammlung vieles erhalten geblieben ist. Auf dem Dachboden des Gebäudes in der Holzgartenstraße lagerten jahrzehntelang weitgehend unbeachtet wertvolle Abgüsse und Gipsmodelle. Von den taxidermischen Präparaten, die bis vor Kurzem noch im Zeichenunterricht Verwendung fanden, lassen sich einige ausgestopfte Vögel und Tierskelette bis auf die Jahrhundertwende zurückdatieren. Ein Novum in Pforzheim war das „Skizzieren nach Lichtbildern“; viele der über 2.000 Glasdiapositive, die als Lehrmittel in Form der Lichtbildprojektion eingesetzt wurden, finden sich im Generallandesarchiv in Karlsruhe. Zusammen ein

einzigartiges Konvolut, das umfassende Einblicke in die hohe Qualität der handwerklich-künstlerischen Ausbildung und die einzigartige Lehre an der Kunstgewerbeschule erlaubt.



Abb. 3: Die Darstellung der Objekte erinnert an eine Ausgrabung (© Hochschule Pforzheim).

Die Fundstücke wurden im Rahmen einer Ausstellung vom 28. Oktober bis 28. November 2021 in der Holzgartenstraße ausgestellt. Die Präsentation der Lehrmittel erinnert an die Aufbereitung archäologischer Ausgrabungen. Zusammen mit Beschreibungen der Unterrichtsfächer und Inventaren sind die ausgestellten Fundstücke ein Beleg für die innovative praxisorientierte Lehre der Kunstgewerbeschule Pforzheim, die durch ihren Einsatz unterschiedlichster Medien, ihren Werkstättenunterricht und die enge Zusammenarbeit mit einer weltumspannenden Schmuckindustrie vielen anderen Einrichtungen voraus war.

Viele Jahre dienten die Lehrmittel den Studierenden als Zündhilfe für die eigene künstlerische Inspiration und Kreativität – ein Konzept, das sich auch das HEED getreu seines Mottos „Vom Hörsaal in die Werkstatt“ zu eigen macht. Die Erkenntnisse dieser Ausstellung mündeten unter anderem in der Installation einer „Zündhilfen“-Sammlung im *Creative Space*, die den Studierenden künftig unterschiedlichste Objekte zum Thema Spiel zur Verfügung stellt und so deren Kreativität und Innovativität fördern soll.

„Der Ulmer Hocker. Idee – Ikone – Idol“

Mit der Ausstellung „Der Ulmer Hocker: Idee – Ikone – Idol“, kuratiert von Viktoria Heinrich, Prof. Dr. Thomas Hensel und Dr. Martin Mäntele, wurden die Möglichkeitsbedingungen von Kreativität auf ein singuläres Objekt bezogen untersucht. Unter Berufung auf jüngste wissenschaftssoziologische und epistemologische Theorien wurden zehn Aktanten definiert, die an der Herausbildung des Ulmer Hockers als eines innovativen Möbelstücks, das Designgeschichte geschrieben hat, maßgeblich beteiligt waren (Personen, Technik, Ökonomie, Politik, Philosophie, Wissenschaft, Designtheorie, Kunst, Architektur, Möbel). Die Ausstellung wurde im HfG-Archiv Ulm vom 8. Oktober 2021 bis 27. Februar 2022 gezeigt (<https://hfg-archiv.museumulm.de/ausstellung/ulmer-hocker/>). Eine Monografie ist in Vorbereitung.



Abb. 4: Ausstellungsteilansicht, HfG-Archiv, Foto: Oleg Kuchar



Abb. 5: Blick in ein Studentenzimmer im Wohnturm der HfG, 1956, Foto: Ernst Scheidegger, © HfG-Archiv Ulm

2. Forschungsschwerpunkt: Innovation und Interdisziplinarität

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

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

Interdisziplinäre Innovationsaktivitäten in Unternehmen

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

Good and best practices	Support clusters
Human centered design	Creativity and development methods
Support through professional workshop moderation	
Balance between standardized processes and agile, iterative experimentation	Processes
Information transfer between innovation activities	
Regular communication between disciplines	
Avoid transfer of project responsibilities in the process	Project management and coordination methods
Requirements specification with input from all disciplines	
Interdisciplinary resource management beyond projects	
Incentives for interdisciplinary collaboration	
Consistency between incentives and objectives	Organizational structures
Regular retrospective analysis of interdisciplinary collaborations	
Top management commitment	
Reduce outsourcing	Culture
Decouple management from technical responsibility	
Interdisciplinary project council	Other
Matrix organization	
Room for mutual understanding	Room and space
Development of common understanding	
Communication about successful interdisciplinary collaborations	
Physical space for interdisciplinary collaboration	

Abb. 6: Durch die Befragten genannte Good Practices in der methodischen und organisatorischen Unterstützung interdisziplinärer Innovationaktivitäten in Unternehmen (Schimpf et al. 2021)

Startpunkt der Forschungsaktivität war eine explorative Studie mit ausgewählten Unternehmen, als erster Schritt einer umfangreicheren, empirischen Analyse. Sieben Unternehmen unterschiedlicher Größe und aus verschiedenen Sektoren wurden mit Hilfe halbstrukturierter Interviewleitfäden befragt. Neben Profilinginformationen der Unternehmen und Ansprechpartner wurden die am Innovationsprozess beteiligten Funktionen und Disziplinen sowie die mit interdisziplinären Innovationsaktivitäten zusammenhängenden Herausforderungen abgefragt und diskutiert. Darüber hinaus wurden methodische und organisatorische Herangehensweisen analysiert, die in den beteiligten Unternehmen in interdisziplinären Innovationsaktivitäten unterstützend zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 6).

Unter den beteiligten Unternehmensvertretern herrschte vorwiegend die Einschätzung vor, dass die Bedeutung interdisziplinärer Innovationsaktivitäten auch in Zukunft weiter ansteigen wird. Hierzu wurden insbesondere der weitere Anstieg der Zusammenarbeit zwischen Soft- und Hardwareentwicklung, die Zusammenarbeit zwischen Teams unterschiedlicher Fachbereiche sowie die insgesamt steigende Komplexität von Produkten, Dienstleistungen und integrierten Lösungen genannt.

Hervorzuheben ist im Rahmen der Analyse, dass kaum Instrumente zur direkten Unterstützung zum Einsatz zu kommen scheinen. Ein vorwiegender Anteil der genannten Instrumente hat lediglich als indirekte Wirkung die Unterstützung interdisziplinärer Innovationsaktivitäten. Als nächster Schritt ist im Rahmen der Untersuchung eine Online-Umfrage mit einer höheren Teilnehmerzahl vorgesehen.

Veröffentlichung zum Thema:

Schimpf, Sven; Weber, Hanno; Gerlach, Thomas (2021). Enabling radical and potentially disruptive innovations through interdisciplinarity: challenges and practices in industrial companies. R&D Management Conference 2021, July 7th-8th, University of Strathclyde: Glasgow, UK

Methodische Ansätze zur Nutzung von Science-Fiction im Innovationsprozess

Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung des methodischen Werkzeugkastens im Innovationsmanagement sind analytische und datenbasierte Methoden auf dem Vormarsch. Neben der damit verbundenen Chance für Effizienz und Effektivität im Innovationprozess besteht die Gefahr, an Vorstellungskraft und Gestaltungskraft zu verlieren, da unerwartete Optionen häufig keinen Platz in etablierten Strukturen, Bewertungs- und Analysemustern finden. Science-Fiction als fiktionale Kunstform mit wissenschaftlichen Elementen bietet im Innovationsprozess die Möglichkeit, über Bekanntes hinaus in eine unerwartete Zukunft zu blicken. In der Vorbereitung, Entwicklung und Umsetzung von Innovationen kann Science-Fiction zu einer gesteigerten Vorstellungskraft beitragen, indem unerwartete, wünschenswerte oder auch dystopische Aspekte der Zukunft eingebracht werden.

In dieser Forschungsaktivität haben wir in Zusammenarbeit mit Prof. Michael Lauster vom Fraunhofer Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen, einem Mitgliedsinstitut des Fraunhofer-Verbunds Innovationsforschung, die Möglichkeiten, Chancen und Risiken des methodischen Einsatzes von Science-Fiction im Innovationprozess analysiert und zusammengefasst (siehe Abbildung 7).

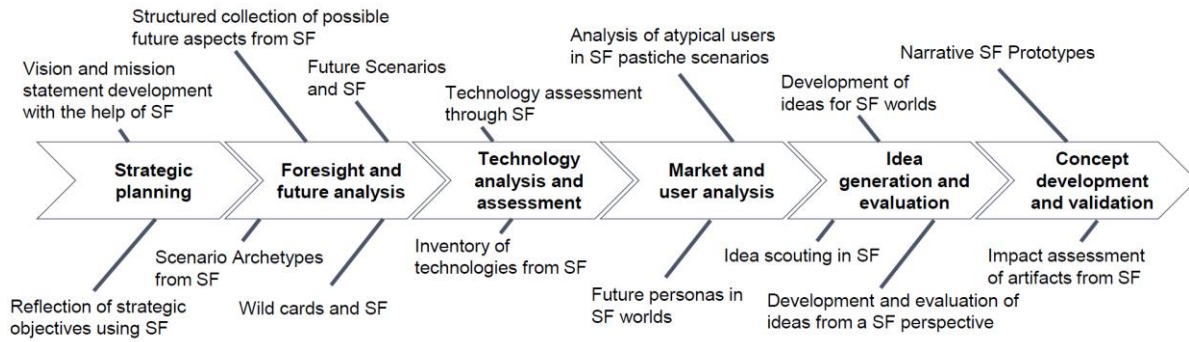


Abb. 7: Klassifizierung methodischer Science-Fiction-basierter Ansätze im Innovationsprozess (Schimpf, Lauster tbp)

Trotz der oftmals herausfordernden Abgrenzung zwischen Innovationsaktivitäten und Science-Fiction ist der Einsatz methodischer Herangehensweisen zur strukturierten Nutzung von Science-Fiction im Innovationsprozess nach Einschätzung der Autoren heutzutage lohnend, allerdings immer noch eher ein seltenes Phänomen. Die entwickelte Übersicht soll daher in Zukunft in Richtung einer praxisorientierten Übersicht zur Unterstützung unternehmerischer Innovationsaktivitäten weiterentwickelt werden.

Veröffentlichungen zum Thema:

Schimpf, Sven; Lauster, Michael (Veranstaltung auf 2022 verschoben). Foresight, Innovation und Science-Fiction: Methodische Ansätze zur Vorbereitung auf eine unerwartete Zukunft. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung 2021. Berlin: Heinz Nixdorf Institut / Acatech / Fraunhofer-Verbund Innovationsforschung.

Schimpf, Sven; Lauster, Michael (in Veröffentlichung). Foresight, Innovation and Science Fiction. In: Rizzo, G.; Masys, A.: Handbook of Foresight, Strategy and Future Studies for Defense and Security. Berlin: SpringerNature.

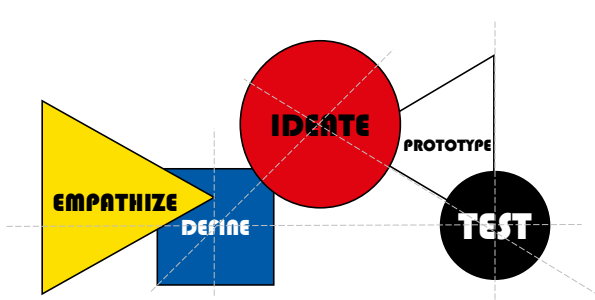


Abb. 8: Generischer Design-Thinking-Prozess als Basis der Einordnung von Gestaltungsansätzen aus der Bauhaus-Bewegung

Bauhaus und Design Thinking

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

Ziel dieser Forschungsaktivität, die gemeinsam mit der SAP SE und Sonal Studio durchgeführt wurde, war es, die Bauhaus-Methoden

mit den Phasen des Design-Thinking-Prozesses zu verknüpfen (siehe Abbildung 8) und dabei die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Ansätzen herauszuarbeiten. Das Ergebnis dieser Arbeit soll das Design-Thinking-Toolset um einige der interdisziplinären Kreativitäts- und nutzerzentrierten Designansätze erweitern, die am Bauhaus entwickelt und verwendet wurden. Die Anwendbarkeit und Prozesseinordnung der Bauhaus-Ansätze wurde dann entlang des Design-Thinking-Prozesses mit Praxisanwendern für den weiteren Einsatz analysiert und evaluiert.

Durch die Nähe der Zielsetzungen zwischen Design Thinking und Bauhaus ist die Einordnung naheliegend. Da nur wenige der in der Bauhaus-Bewegung gängigen Ansätze explizit im heutigen Design Thinking wiederzufinden sind, birgt die Einordnung das Potenzial grundsätzlicher Bereicherung der aktuellen Praktiken.

Veröffentlichung zum Thema:

Schimpf, Sven; Kai Wussow; Mark Zeh (2021). Back to the Roots and into the Future: applying Bauhaus Methodologies in Design Thinking. Proceedings of the R&D Management Conference 2021 July 6th to 8th. Glasgow: University of Strathclyde.

Brücken schlagen zwischen Technik und Industriedesign in der Produktentwicklung – Erkenntnisse einer Metaanalyse über Heterogenität

Seit vielen Jahren wird in der Produktentwicklung auf interdisziplinäre, cross-funktionale Teams gesetzt, um den Herausforderungen und der Komplexität der Produktentwicklung gerecht werden zu können. In den Fokus rückt insbesondere die Zusammenarbeit der Ingenieurwissenschaften mit dem Industriedesign, da sie gemeinsam maßgeblich die Eigenschaften technischer Produkte bestimmen und damit auch den Erfolg des Produktes im Markt.

Aufbauend auf einer qualitativen Metaanalyse zur Zusammenarbeit in fachlich und funktional heterogenen Teams zeigt Alexandra Göhring, Mitarbeiterin am HEED, in ihrem Konferenzbeitrag auf dem Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2021, wie wichtig es in Produktentwicklungsteams ist, Brücken zwischen den Disziplinen zu bauen. Wesentliche Ergebnisse einer Metaanalyse zu Konflikten, Kommunikation, Kooperation und Wissensintegration in heterogenen Teams sowie der Produktentwicklungsbezug der Metaanalyse werden dargestellt. Es wird gezeigt, dass Brücken in Form von Wissen und Kompetenzen dazu beitragen können, die Zusammenarbeit an der Schnittstelle Technik-Industriedesign zu verbessern, indem sie das gegenseitige Verständnis fördern. Ein Ausblick auf die weitere Forschung schließt den Beitrag ab.

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
Forschungskoodinatorin	Dr. Monika Roller
Junior Forschungsreferentin	Iuliana Ancuța Ilie, M.A.

2.2 Persönliche Mitglieder des IAF

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

¹ Im Ruhestand

² Im Ruhestand

2.3 Fachinstitute und ihre Mitglieder

Institut für Industrial Ecology – INEC

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

Institut für Smart Systems und Services – IoS³

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

³ Seit Dez. 2021 Stellvertretender Leiter

⁴ Im Ruhestand

- | | | |
|------|------------------------|----------------------|
| (14) | Prof. Dr. Raphael Volz | Technik |
| (15) | Prof. Dr. Peter Weiß | Wirtschaft und Recht |

Institut für Werkstoffe und Werkstofftechnologien – IWWT

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

Institute for Smart Bicycle Technology – ISBT

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

Schmucktechnologisches Institut – STI

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

Institut für Personalforschung – IfP

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

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

Institute for Human Engineering & Empathic Design – HEED

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

3 Publikationen

3.1 Peer-Review-Publikationen (=83)

3.1.1 Beiträge aus Journals in Master Journal List (Clarivate) (=45)

1. **Barth, M.**, Rosen, R., Kübler, K., Jäkel, J., Ristić, M., Heinzerling, T. & Scheifele, C. (2021). Eine systematische Bewertung der Qualität von Simulationsmodellen. *atp magazin*, 63(04), 56–63. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i04.2537>
2. Bechter, B., **Weber, S.**, Galetto, M., Larsson, B. & Prosser, T. (2021). Opening the black box: Actors and interactions shaping European sectoral social dialogue. *European Journal of Industrial Relations*, 27(3), 269–288. <https://doi.org/10.1177/09596801211000012>
3. Berlet, A., Rückert, J., Koziol, H., **Drath, R.** & **Barth, M.** (2021). Effiziente Navigation durch die Topologie industrieller Prozessanlagen. *atp magazin*, 63(10), 76–83. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i10.2569>
4. **Bertagnolli, F.**, **Herrmann, K.**, **Rittmann, I.** & **Viere, T.** (2021). The Application of Lean Methods in Corporate Sustainability—A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(22), insg. 17 Seiten. <https://doi.org/10.3390/su132212786>
5. **Bhatti, F.** & **Greiner, T.** (2021). Design of an FPGA Hardware Optimizing the Performance and Power Consumption of a Plenoptic Camera Depth Estimation Algorithm. *Algorithms*, 14(7), insg. 20 Seiten. <https://doi.org/10.3390/a14070215>
6. **Blankenbach, K.**, **Vogelmann, M.** & **Schmitz, N.** (2021). Advanced optical methods for safe image reproduction on automotive displays. *Journal of the Society for Information Display*, insg. 21 Seiten. <https://doi.org/10.1002/jsid.1079>
7. Blumenstein, M., Stutz, A., Maurmeier, M., **Barth, M.**, Fay, A. (2021). Comparison and alignment of OPAS and MTP concepts. *Standardization of open process automation systems. atp magazin*, 63(10), 62–69. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i10.2560>
8. **Bremser, K.** & **Wüst, K.** (2021). Money or love - Why do people share properties on Airbnb? *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 48(1), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2021.05.009>
9. Crovini, C., Ossola, G. & **Britzelmaier, B.** (2021). How to reconsider risk management in SMEs? An Advanced, Reasoned and Organised Literature Review. *European Management Journal*, 39(1), 118–134. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2020.11.002>
10. **Dieterle, O.**, **Greiner, T.** & **Heidrich, P.** (2021). Feedforward Compensation of Torque Ripples in Dual Three-Phase PMSM Fed From Separate DC Links With Different Voltage Levels. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(10), 9036–9045. <https://doi.org/10.1109/TIE.2020.3026293>
11. **Drath, R.** & Rentschler, M. (2021). Modellierung elektrischer Schnittstellen und Kabel mit AutomationML. *atp magazin*, 63(8), 64–72. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i08.2546>
12. **Fastoso, F.**, González-Jiménez, H. & Cometto, T. (2021). Mirror, mirror on my phone: Drivers and consequences of selfie editing. *Journal of Business Research*, 133(1), 365–375. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.05.002>
13. **Gasde, J.**, **Woidasky, J.**, Moesslein, J. & **Lang-Koetz, C.** (2021). Plastics Recycling with Tracer-Based-Sorting: Challenges of a Potential Radical Technology. *Sustainability*, 13(1), insg. 16 Seiten. <https://doi.org/10.3390/su13010258>

14. Gonzalez-Gutierrez, J., Thompson, Y., Handl, D., Cano, S., Schuschnigg, S., Felfer, P., Kukla, C., Holzer, C. & **Burkhardt, C.** (2021). Powder content in powder extrusion moulding of tool steel: Dimensional stability, shrinkage and hardness. *Materials Letters*, 283(2), insg. 7 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128909>
15. **Habiger, P.**, **Drath, R.**, **Barth, M.** & Heinzerling, T. (2021). Modellierung und Simulation von Automatisierungsgeräten. *Einheitliche und effiziente Methodik. atp magazin*, 63(6-7), 66-73. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i6-7.2545>
16. **Handrich, M.**, Heidenreich, S. & Munck, C. (2021). Do opposites attract in New Product Development? Investigating the role of innovation-management control cooperation across the NPD process. *International Journal of Innovation Management*, 25(8), insg. 38 Seiten. <https://doi.org/10.1142/S136391962150081X>
17. **Heimann, J.** & **Jost, N.** (2021). Diffusion-Triggered Synthesis of Mg₂Si Based on Infiltrated Silicon Structures in Molten Mg. *Advanced Engineering Materials*, insg. 4 Seiten. <https://doi.org/10.1002/adem.202100560>
18. **Heimel, M.**, **Jat, H.**, **Basch, S.**, Gutzwiller, F. S., **Biehl, V.** & **Eckert, J. H.** (2021). Nutzung sozialer Medien von COPD-Patienten in Deutschland und der Schweiz [Social Media Use in COPD Patients in Germany and Switzerland]. *Pneumologie*, 75(8), 583–591. <https://doi.org/10.1055/a-1481-0037>
19. **Höfling, T. T. A.**, Alpers, G. W., Gerdes, A. B. M. & **Föhl, U.** (2021). Automatic facial coding versus electromyography of mimicked, passive, and inhibited facial response to emotional faces. *Cognition & Emotion*, 35(5), 874–889. <https://doi.org/10.1080/02699931.2021.1902786>
20. Junne, T., Cao, K.-K., Miskiw, K. K., **Hottenroth, H.** & Naegler, T. (2021). Considering Life Cycle Greenhouse Gas Emissions in Power System Expansion Planning for Europe and North Africa Using Multi-Objective Optimization. *Energies*, 14(5), insg. 26 Seiten. <https://doi.org/10.3390/en14051301>
21. **Kampe, L.**, **Goehlich, V.** & **Wüst, K.** (2021). The Impact of Culture on the Perception of Young Japanese and Germans in the Management of the Corona Crisis by their Government. *Public Organization Review*, 21: 759-778. <https://doi.org/10.1007/s11115-021-00592-8>
22. **Kubelka, P.**, Kádár, C. & **Jost, N.** (2021). Effect of the interface on the compressive properties of magnesium syntactic foams. *Materials Letters*, 287(4), insg. 4 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.129293>
23. **Kubelka, P.**, Körte, F., **Heimann, J.**, Xiong, X. & **Jost, N.** (2021). Investigation of a Template-Based Process Chain for Investment Casting of Open-Cell Metal Foams. *Advanced Engineering Materials*, insg. 8 Seiten. <https://doi.org/10.1002/adem.202100608>
24. **Leroch, M.** (2021). Market power and journalistic quality. *European Journal of Law and Economics*, 1(1), insg. 16 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s10657-021-09714-5>
25. Liu, H., Schoefer, K., **Fastoso, F.** & Tzemou, E. (2021). Perceived Brand Globalness/Localness: A Systematic Review of the Literature and Directions for Further Research. *Journal of International Marketing*, 29(1), 77–94. <https://doi.org/10.1177/1069031X20973184>
26. **Mahadevan, J.** (2021). An auto-ethnographic narrative of corporate intercultural training: Insights from the genealogical reordering of the material. *Organization*, insg. 20 Seiten. <https://doi.org/10.1177/13505084211041712>
27. Malik, A., **Mahadevan, J.**, Sharma, P. & Tuyet-Mai, N. (2021). Masking, claiming and preventing innovation in cross-border B2B relationships: Neo-colonial frameworks of power in global IT industry. *Journal of Business Research*, 132, 327-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.044>

28. **Marx, U. C.**, Roles, J. & Hankamer, B. (2021). Sargassum blooms in the Atlantic Ocean – From a burden to an asset. *Algal Research. Biomass, Biofuels and Bioproducts*, 54(6448), insg. 10 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102188>
29. Mehl, K., Schmeer, S., Motsch-Eichmann, N., **Bauer, P.**, **Müller, I.** & Hausmann, J. (2021). Structural Optimization of Locally Continuous Fiber-Reinforcements for Short Fiber-Reinforced Plastics. *Journal of Composites Science*, 5(5), insg. 16 Seiten. <https://doi.org/10.3390/jcs5050118>
30. **Melian, E.**, Klein, H. & Thißen, N. (2021). Economic Optimization of Rotary Heat Exchangers Using CO2 Pricing Scenarios Based on Validated Fluid Dynamic and Thermodynamic-Based Simulation. *Energies*, 14(13), insg. 19 Seiten. <https://doi.org/10.3390/en14134037>
31. **Melian, E.**, Klein, H. & **Thißen, N.** (2021). Improvement of a Nusselt-Based Simulation Model for Heat Transfer in Rotary Heat Exchangers. *Energies*, 14(1), insg. 26 Seiten. <https://doi.org/10.3390/en14010010>
32. Naegler, T., Becker, L., Buchgeister, J., Hauser, W., **Hottenroth, H.**, Junne, T., Lehr, U., Scheel, O., Schmidt-Scheele, R., Simon, S., Sutardhio, C., **Tietze, I.**, Ulrich, P., **Viere, T.** & Weidlich, A. (2021). Integrated Multidimensional Sustainability Assessment of Energy System Transformation Pathways. *Sustainability*, 13(9), insg. 28 Seiten. <https://doi.org/10.3390/su13095217>
33. **Nemoto, E. H.**, **Issaoui, R.**, **Korbee, D.**, **Jaroudi, I.** & **Fournier, G.** (2021). How to measure the impacts of shared automated electric vehicles on urban mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 93(Suppl 1), insg. 18 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102766>
34. Oppelt, M., Bruckner, L., Rosen, R., **Barth, M.**, Urbas, L. & Jäkel, J. (2021). Die aktuelle und zukünftige Nutzung von Simulation. *atp magazin*, 63(04), 64–73. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i04.2533>
35. Prinz, A. L. & **Beck, H.** (2021). Modern Monetary Theory: A Solid Theoretical Foundation of Economic Policy? *Atlantic Economic Journal*, 49: 173-186. <https://doi.org/10.1007/s11293-021-09713-6>
36. Prosser, T., Bechter, B., Galetto, M., **Weber, S.** & Larsson, B. (2021). Institutions or resources and capabilities? Explaining engagement in European sectoral social dialogue. *Economic and Industrial Democracy*, 40(3), insg. 20 Seiten. <https://doi.org/10.1177/0143831X211016052>
37. **Sand, G.**, Reimschüssel, S., Wanko, S., Schaan, J. & Waffenschmidt, R. (2021). Optimale Produktions- und Personaleinsatzplanung. *atp magazin*, 63(03), 86–93. <https://doi.org/10.17560/atp.v63i03.2485>
38. **Sander, F.**, **Föhl, U.**, **Walter, N.** & **Demmer, V.** (2021). Green or social? An analysis of environmental and social sustainability advertising and its impact on brand personality, credibility and attitude. *Journal of Brand Management*, 28(4), 429–445. <https://doi.org/10.1057/s41262-021-00236-8>
39. **Schmidt, J.**, **Auer, M.**, Moesslein, J., Wendler, P., Wiethoff, S., **Lang-Koetz, C.** & **Woidasky, J.** (2021). Challenges and Solutions for Plastic Packaging in a Circular Economy. *Chemie Ingenieur Technik*, 93(11), 1751–1762. <https://doi.org/10.1002/cite.202100110>
40. **Schmidt, M.** (2021). The Resource-Energy Nexus as a Key Factor for Circular Economy. *Chemie Ingenieur Technik*, 93(11), 1707–1716. <https://doi.org/10.1002/cite.202100111>
41. **Schmidt, M.**, Nill, M. & Scholz, J. (2021). Die Bedeutung der Lieferkette für den Klimafußabdruck von Unternehmen. *Chemie Ingenieur Technik*, 93(11), 1692–1706. <https://doi.org/10.1002/cite.202100126>

42. Schmidt, M., **Strotmann, H.** & **Volkert, J.** (2021). Female and Male Community-Level Empowerment: Capability Approach-Based Findings for Rural India. *The European Journal of Development Research*, 52(13), insg. 31 Seiten. <https://doi.org/10.1057/s41287-021-00373-5>
43. **Schmitz, A.**, **Wüst, K.** & **Fritz, L.** (2021). Influence of New Work Attributes in Job Advertisements on Perceived Organizational Attractiveness. *management revue*, 32(4), 318–342. <https://doi.org/10.5771/0935-9915-2021-4-318>
44. Seckler, M. & **Volkert, J.** (2021). The capability approach: A promising foundation for sustainable development? *Ecological Economics*, 183(2–3), insg. 13 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106951>
45. **Woidasky, J.** & **Cetinkaya, E.** (2021). Use pattern relevance for laptop repair and product lifetime. *Journal of Cleaner Production*, 288(3), 125425, insg. 14 Seiten. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125425>

3.1.2 Beiträge aus Journals in AG IV-Liste (=18)

46. Deurer, J. & **Tietze, I.** (2021). Merkmale und Erfolgsfaktoren zur Ausgestaltung von Klimaallianzen zwischen Wirtschaft und Kommunen bzw. Bundesländern. *Zeitschrift für Energiewirtschaft*, 45(3), 213–225. <https://doi.org/10.1007/s12398-021-00302-3>
47. **Dieterle, O.**, **Greiner, T.** & **Heidrich, P.** (2020). Feedforward Compensation of Torque Harmonics in Permanent Magnet Synchronous Machines. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 8783–8789. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1382>
48. Hilgert, N. & **Bertagnoli, F.** (2021). Nachhaltige Problemlösung in digitalisierten Prozessen - Lean-Management-Umsetzung in der Logistik mittels datengestützter Prozessabsicherung. *Industrie 4.0 Management*, 37(5), 31–34. https://doi.org/10.30844/I40M_21-5_S31-34
49. Jackwerth-Rice, T., Lerch, T., **Weiß, P.**, **Jehnichen, T.**, Derse, M., Meier, M. & Wernet, M. (2021). "Unternehmenskultur 4.0" bei einem Zulieferbetrieb gestalten. *Industrie 4.0 Management*, 37(3), 16-20
50. **Kaiser, F.**, Trkman, P. & **Morelli, F.** (2021). Implementation of Robotic Process Automation in a Retail Company. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik*, 14, 71–79 <https://ojs-hslu.ch/ojs3211/index.php/akwi/article/view/90/78>
51. **Köhle, N.** & **Morelli, F.** (2021). Data Science im Wertpapierhandel - Anwendungsfälle und Auswirkungen auf die praktizierenden Unternehmen. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik*, 13, 43–53. <https://ojs-hslu.ch/ojs3211/index.php/akwi/article/view/60/51>
52. Lossos, C., Geschwill, S. & **Morelli, F.** (2021). Offenheit durch XAI bei ML-unterstützten Entscheidungen: Ein Baustein zur Optimierung von Entscheidungen im Unternehmen? *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 58(2), 303–320. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00707-1>
53. **Morelli, F.**, Mehret, J.-F. & Mehret, S.-A. (2021). Optimierung operativer Geschäftsprozesse durch Robot Process Automation (RPA) und Decision Model and Notation (DMN). Ausgestaltung eines Use Case für die Kundenauftragsbearbeitung in einem mittelständischen Unternehmen unter Berücksichtigung steuerlicher Aspekte. *Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik*, 13, 54–67. <https://ojs-hslu.ch/ojs3211/index.php/akwi/article/view/62/52>
54. **Preiß, M.** (2021). Treiber und Hemmnisse betrieblicher Effizienzmaßnahmen – Vernetzung als Erfolgsfaktor. *Sustainability Management Forum | NachhaltigkeitsManagementForum*, 29, 93-106. <https://doi.org/10.1007/s00550-021-00512-w>

55. **Rötzer, N.** (2021). Energetischer Aufwand der Bereitstellung von Primärkupfer für Deutschland. Sustainability Management Forum | NachhaltigkeitsManagementForum, 29, 77-91. <https://doi.org/10.1007/s00550-021-00518-4>
56. **Schäfer, P. & Schmidt, M.** (2021). Model-based analysis of the limits of recycling for its contribution to climate change mitigation. Sustainability Management Forum | NachhaltigkeitsManagementForum, 29, 65-75. <https://doi.org/10.1007/s00550-021-00515-7>
57. **Schmidt, M.** (2021). Klimaschutz, Ressourcenschonung und Circular Economy als Einheit denken. Sustainability Management Forum | NachhaltigkeitsManagementForum, 29, 57-64. <https://doi.org/10.1007/s00550-021-00521-9>
58. **Schulze, A., Specht, H. & Tropp, J.** (2021). Auf dem Weg zur Mobilitätswende: Eine neue Typologie deutscher automobiler Berufspendler. transfer - Zeitschrift für Kommunikation und Markenmanagement, 67(3), 18-29
59. **Spilski, A.** (2021) Formen, Wirkungen und Perspektiven kooperativer Markenkommunikation. transfer - Zeitschrift für Kommunikation und Markenmanagement, 67(4), 20-27
60. Springer, J., **Morelli, F.** & Bantscheff, S. (2021). Prozessautomatisierung mit Chatbot, Workflow-Engine und Robot Process Automation (RPA) – Evaluierung anhand eines Use Cases der Landesmesse Stuttgart GmbH. Anwendungen und Konzepte der Wirtschaftsinformatik, 13, 80-89. <https://ojs-hslu.ch/ojs3211/index.php/akwi/article/view/68/54>
61. Stutz, A., Fay, A., **Barth, M.** & Maurmaier, M. (2020). Orchestration vs. Choreography Functional Association for Future Automation Systems. IFAC-PapersOnLine, 53(2), 8268–8275. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1961>
62. **Tropp, J.** (2021). Pssst, geheim! transfer - Zeitschrift für Kommunikation und Markenmanagement, 67(4), 53-56
63. **Walter, N.** & Wolbers, K. O. (2021). Silence Is Silver, but Speech Is Golden: Intelligent Voice Assistants (IVAs) and Their Impact on a Brand's Customer Decision Journey with a Special Focus on Trust and Convenience – A Qualitative Consumer Analysis in the Netherlands. The IUP Journal of Brand Management, 13(1), 7-31. <https://ssrn.com/abstract=3908517>

3.1.3 Beiträge mit separatem Nachweis des Peer-Reviews (=20)

64. **Britzelmaier, B., Schmidtmeier, S.** & Winkler, M. (2021). Revenue controlling in the German dairy industry – status quo and potential for improvement. International Journal of Management Cases, 23(3), 29-46. <https://www.circleinternational.co.uk/wp-content/uploads/2021/11/ijsm-issue-vol-23-issue-3-2021-circle-international.pdf>
65. Budzinski, O., Gaenssle, S. & **Lindstädt-Dreusicke, N.** (2021). The battle of YouTube, TV and Netflix: an empirical analysis of competition in audiovisual media markets. SN Business & Economics, 1(9), insg. 26 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00122-0>
66. Conrad, M., Langner, F., Axmann, B., **Blankenbach, K.**, Bauer, J., **Vogelmann, M.**, Wittmeir, M. & Xu, S. (2021). Improving Functional Safety of Automotive Video Data Transmission and Processing Systems. Journal of Automotive Software Engineering, 2(1), 15-26. <https://doi.org/10.2991/jase.d.210213.001>
67. Kádár, C. & **Kubelka, P.** (2021). Alumínium- és magnéziumalapú szintaktikus habok. [Aluminium- and magnesium-based syntactic foams]. Kohászat, 154(2), 45-49. ISSN: 0005-5670. https://www.ombkenet.hu/images/doku/2021/Kohaszat_2021_2_szam_netre.pdf

68. **Krebber, F.** & Neidhart, L. (2021). Ethik-Management in PR-Agenturen. Maßnahmen und Einflussfaktoren auf Organisationsebene. *Communicatio Socialis*, 54(2), 240–251. <https://doi.org/10.5771/0010-3497-2021-2-240>
69. **Kusch, A., Gasde, J., Deregowski, C., Woidasky, J., Lang-Koetz, C. & Viere, T.** (2021). Sorting and Recycling of Lightweight Packaging in Germany — Climate Impacts and Options for Increasing Circularity Using Tracer-Based-Sorting. *Materials Circular Economy*, 3(10), insg. 15 Seiten. <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00022-6>
70. Kway, Y. M., Thirumurugan, K., Tint, M. T., Michael, N., Shek, L. P.-C., Yap, F. K. P., Tan, K. H., Godfrey, K. M., Chong, Y. S., Fortier, M. V., **Marx, U. C.**, Eriksson, J. G., Lee, Y. S., Velan, S. S., Feng, M. & Sadananthan, S. A. (2021). Automated Segmentation of Visceral, Deep Subcutaneous, and Superficial Subcutaneous Adipose Tissue Volumes in MRI of Neonates and Young Children. *Radiology: Artificial Intelligence*, 3(5), insg. 11 Seiten. <https://doi.org/10.1148/ryai.2021200304>
71. Lakeman, F., **Walter, N. & Cleff, T.** (2021). The impact of payment methods and payment-related marketing communications on e-commerce retailer trust - an empirical consumer analysis of Indonesian e-commerce start-ups. *International Journal of Electronic Business*, 16(4), 352-376. <https://doi.org/10.1504/IJEB.2021.118492>
72. Reischmann, T., **Klein, T.** & Giegerich, S. (2021). A deferred acceptance mechanism for decentralized, fast, and fair childcare assignment. *Journal of Mechanism and Institution Design*, 6(1), 59-100 [http://www.mechanism-design.org/arch/v006-1/jMID-vol6\(1\)-01.pdf](http://www.mechanism-design.org/arch/v006-1/jMID-vol6(1)-01.pdf)
73. Berlet, A., Rückert, J., Koziolk, H., **Drath, R. & Barth, M.** (2021). TOPNAV: Efficiently Navigating through Industrial Process Plant Topologies. In 2021 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (S. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613698>
74. **Bhatti, F. & Greiner, T.** (2021). FPGA Hardware Design for Plenoptic 3D Image Processing Algorithm Targeting a Mobile Application. In ICASSP 2021 - 2021 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (S. 7863–7867). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICASSP39728.2021.9414690>
75. Dieterle, M. & **Viere, T.** (2021). Bridging product life cycle gaps in LCA & LCC towards a circular economy. *Procedia CIRP*, 98(1), 354–357. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.116>
76. **Handrich, M.** (2021). Alexa, You Freak Me Out - Identifying Drivers of Innovation Resistance and Adoption of Intelligent Personal Assistants. In Proceedings of the Forty-Second International Conference on Information Systems, insg. 17 Seiten
77. **Härle, C., Barth, M. & Fay, A.** (2021). Operation-parallel adaptation of a co-simulation for discrete manufacturing plants. In 2021 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (S. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613719>
78. Herrig, T., **Oßwald, K., Lochmahr, I., Klink, A. & Bergs, T.** (2020). Geometrical Analysis of Wire Electrochemical Machining for the Manufacture of Turbine Disc Slots. In *Procedia CIRP*, 95, 694–699. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.163>
79. **Hildebrandt, G., Habiger, P. & Drath, R.** (2021). Virtual-In-The-Loop-Engineering: A categorisation and terminology for modular plants and interfaces. In 2021 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (S. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613589>
80. **Lehnert, C., Engel, G., Steininger, H., Drath, R. & Greiner, T.** (2021). A Hierarchical Domain-Specific Language for Cyber-physical Production Systems Integrating Asset Administration Shells. In 2021 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (S. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613428>

81. **Oßwald, K. & Lochmahr, I.** (2020). Effect of the Relative Velocity Between Electrodes in High Speed Wire EDM (HSWEDM). In *Procedia CIRP*, 95, 325–330. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.309>
82. Rentschler, M. & **Drath, R.** (2021). Modelling of Sensor Devices with AutomationML An enabler for the Digital Twin and new business models. In *2021 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (S. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613653>
83. Stutz, A., Fay, A., **Barth, M.** & Maurmaier, M. (2021). Software Patterns for the Realization of Automation Service Choreographies. In *2021 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (S. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613201>

3.2 Dissertationen (=1)

84. **Schäfer, P.** (2021). *Recycling – ein Mittel zu welchem Zweck?* Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32924-2> Betreuer: Prof. Dr. Mario Schmidt, Hochschule Pforzheim und Prof. Dr. Armin Grunwald, KIT

3.3 Weitere wissenschaftliche Publikationen (=149)

3.3.1 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (=78)

3.3.1.1 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (ohne Nachweis) (=29)

85. Axmann, B., Langner, F., Xu, C., **Blankenbach, K.**, Conrad, M. & Bauer, J. (2021). Toward “Light-to-Light” Protection of Automotive Camera Monitor Systems. *Information Display*, 37(3), 36–40. <https://doi.org/10.1002/msid.1215>
86. Bertling, J., Bannick, C.G., Brinkmann, L., Barkmann, L., Braun, U., Knoblauch, D., Kraas, C., Mederake, L., Nusic, F., Philipp, B., Sartorius, I., Schmitt, H., Stein, U., Wencki, K., Wendt-Potthoff, K., & **Woidasky, J.** (2021). *Kunststoff in der Umwelt - ein Kompendium*. Ecologic Institut gemeinnützige GmH. https://bmbf-plastik.de/sites/default/files/2021-03/Kompendium_Kunststoff-in-der-Umwelt_26Mar2021.pdf
87. **Blankenbach, K.** (2021). Automotive Displays: The Race is on Between LCD and OLED! *Information Display*, 37(5), 19–23. <https://doi.org/10.1002/msid.1244>
88. **Blankenbach, K.**, Axmann, B. & **Vogelmann, M.** (2021). Advanced optical supervision of automotive displays for highest safety levels. In J.-H. Lee et al (Hrsg.), *Advances in Display Technologies XI* (insg. 14 Seiten). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2576931>
89. **Blankenbach, K.**, **Brezing, K.** & **Reichel, S.** (2021). Evaluation of luminance vs. brightness for automotive RGB LED light guides in autonomous cars. In T. E. Kidger & S. David (Hrsg.), *Illumination Optics VI*, insg. 15 Seiten. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2599859>
90. **Blankenbach, K.**, **Charrier, E.**, Babel, F. & Hochdorfer, S. (2021). Advanced HMIs and Evaluation of Various Display Techniques for Autonomous Robots in Public Spaces. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 52(1), 583–586. <https://doi.org/10.1002/sdtp.14749>
91. **Blankenbach, K.**, **Charrier, E.**, Babel, F. & Hochdorfer, S. (2021). *Autonome Serviceroboter in öffentlichen Räumen: Innovationen für die Human Robot Interaction (HRI)*. *Photonics Flashlight*, 1, 34-41. https://www.photonics-flashlight.de/fileadmin/dateiablage/Ausgabe_Juni_2021/Photonics_Flashlight_Juni_2021_Serviceroboter.pdf

92. **Blankenbach, K.**, Hochdorfer, S., Babel, F. & **Charrier, E.** (2021). Display Evaluation for Advanced Human-Robot Interaction. SID Symposium Digest of Technical Papers, 52(S2), 349–353. <https://doi.org/10.1002/sdtp.15119>
93. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2021). § 8c UWG als Indiz-Tatbestand für umfangreiche gerichtliche Auskunftsverlangen. Wettbewerb in Recht und Praxis, 12, 1515-1519
94. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2021). Die praktischen Folgen des neuen UWG auf Wettbewerber im Online-Handel. Kommunikation & Recht, 1: 21-28
95. **Buchmann, F.** & Stillner, B. (2021). Wer missbraucht das UWG? - Das neue UWG im (un)fairen Wettbewerb mit private enforcement, Politik und Populismus. Wettbewerb in Recht und Praxis, 11, 1392-1400
96. **Buchmann, F.** (2021). Aktuelle Entwicklungen in Fernabsatzrecht 2020/2021. Kommunikation & Recht, 10, 617-624
97. **Burkhardt, C., Lehmann, A., Fleissner, P., Grau, L., Trautz, M., Mungenast, M.,** Podmiljšak, B. & Kobe, S. (2021). Comparative Evaluation of Anti-Corrosion Coatings for NdFeB-Type Magnets with Respect to Performance and Recyclability via Hydrogen-Assisted Recycling (HPMS). Materials Proceedings, 5(1), insg. 10 Seiten. <https://doi.org/10.3390/materials-proc2021005087>
98. **Eisenberg, C.** (2021). Datenschutz durch Technikgestaltung als Instrument zur Reduzierung von Produkthaftungsrisiken. Zeitschrift zum Innovations- und Technikrecht (InTeR) (1), 17–22. <https://online.ruw.de/suche/pdf/inter/inter-01-2021-17-c5b7741fc00e57b66c49dc715a24068c.pdf>
99. **Emmanuel, A., Reber, A. & Blankenbach, K.** (2021). Touchless User Interfaces for Public Applications Overcome Hygienic & Pandemic Issues. In 2021 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET) (S. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEET53442.2021.9659596>
100. **Engeln, W.** & Blattert, P. (2021). Bessere Kundenorientierung bei der Entwicklung physischer Produkte – Nutzung agiler Vorgehensweisen kombiniert mit Additiven Fertigungsverfahren. In R. Stelzer & J. Krzywinski (Hrsg.), ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN in Produktentwicklung und Design 2021 (S. 621 - 631). TUDpress <https://d-nb.info/1237320038>
101. Gauß, R., **Burkhardt, C.**, Carencotte, F., Gasparon, M., Gutfleisch, O., Higgins, I., Karajic, M., Klossek, A., Mäkinen, M., Schäfer, B., Schindler, R. & Veluri, B. (2021). Rare Earth Magnets and Motors: A European Call for Action. A report by the Rare Earth Magnets and Motors Cluster of the European Raw Materials Alliance, insg. 28 Seiten. Berlin. <https://eitrawmaterials.eu/wp-content/uploads/2021/09/ERMA-Action-Plan-2021-A-European-Call-for-Action.pdf>
102. **Kropp, M.** & Rade, K. (2021). Studienfinanzierung - Teil 1: Stipendien und BAföG. WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 50(9), 52–55. <https://doi.org/10.15358/0340-1650-2021-9-52>
103. **Kropp, M.** & Rade, K. (2021). Studienfinanzierung, Teil 2, Darlehensangebote: Studienfinanzierung in Zeiten der Covid-19-Pandemie. WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 50(10), 49–52. <https://doi.org/10.15358/0340-1650-2021-10-49>
104. **Kropp, M.** (2021). Goodwill-Bilanzierung nach International Financial Reporting Standards: Impairment-Only in der Kritik. WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 50(2-3), 48–51. <https://doi.org/10.15358/0340-1650-2021-2-3-48>
105. **Kroschwald, S.** (2021). Künstliche Intelligenz im autonomen Auto. Datenschutz und Datensicherheit, 45(8), 522–528. <https://doi.org/10.1007/s11623-021-1483-5>

106. **Lewerenz, S. & Lambrecht, H.** (2021). Nicht nur klimaneutral, sondern auch ressourceneffizient. *BWK ENERGIE*, 73(7-8), 6–9. <https://doi.org/10.37544/1618-193X-2021-7-8-6> (https://www.hs-pforzheim.de/fileadmin/user_upload/uploads_redakteur/Forschung/INEC/Dokumente/Publicationen/2021_Lambrecht_et_al._VDI_Fachmedien__BWK.pdf)
107. **Mahadevan, J.** & Primecz, H. (2021). Investigating otherness: Which differences should be considered by cross-cultural management studies, and how? (Call for Papers). *International Journal of Cross Cultural Management*, 21(1), 167–172. <https://doi.org/10.1177/14705958211005871>
108. Raimer, S. & **Weiß, P.** (2021). Fostering Human Centred Design in Public Service Development. In C. Leitner et al (Hrsg.), *Lecture Notes in Networks and Systems. Advances in the Human Side of Service Engineering* (S. 265–272). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80840-2_31
109. **Reichel, S., Blankenbach, K., Spaeth, F., Wohlgemuth, V., Reber, A., Rank, M. & Heinrich, A.** (2021). Improved light scattering characterization by BSDF of automotive interior and 3D printed materials. In Y. Soskind & L. E. Busse (Hrsg.), *Photonic Instrumentation Engineering VIII*, insg. 13 Seiten. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2578150>
110. **Richter, M., Blankenbach, K. & Reichel, S.** (2021). New approaches for multi-view displays by circular display. In J.-H. Lee et al (Hrsg.), *Advances in Display Technologies XI*, insg. 9 Seiten. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2576972>
111. **Schmidt, M.** (2021). Gehen uns die Rohstoffe aus? Ressourceneffizienz und nachhaltige Industriegesellschaft. In A. Croissant (Hrsg.), *Studium Generale: Ressourcen, Rohstoffe, Daten, Menschen* (S. 111-124). Heidelberg University Publishing <https://doi.org/10.17885/heiup.studg.2021.1.24412>
112. **Wehner, C. & Wienert, H.** (2021). Noteninflation an deutschen Hochschulen. *WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 50(7-8), 55–60. <https://doi.org/10.15358/0340-1650-2021-7-8-55>
113. **Weiß, P., Kronibus, A., Riedel, F. & Rittweger, R.** (2021). Digital Service Innovation and Actor Engagement: A Multilevel Design Perspective - Impacts from a Case Study of an Insurtech. In C. Leitner et al (Hrsg.), *Lecture Notes in Networks and Systems. Advances in the Human Side of Service Engineering* (S. 273–279). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80840-2_32

3.3.1.2 Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften und Proceedings (mit Nachweis) (=49)

114. Axmann, B., Langner, F., **Vogelmann, M.**, Bauer, J. & **Blankenbach, K.** (2021). Advanced Optical Safeguarding of Automotive Camera Monitor Systems. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 52(S2), 40–44. <https://doi.org/10.1002/sdtp.15014>
115. Axmann, B., **Vogelmann, M. & Blankenbach, K.** (2021). Safeguarding Displays of Automotive Camera Monitor Systems. 35th electronic displays Conference (edC), insg. 15 Seiten
116. **Bacher, U.** & Bacher, A. (2021). Geldanlage für Kinder nach 1642 BGB Zu den Grundsätzen einer wirtschaftlichen Vermögensverwaltung beim Phänomen von Nullzinse. [WM] *Wirtschafts- & Bankrecht*, 38, 1821-1828 https://www.wiso-net.de/document/WM__268a8d3d9ee693ddc83862ed6668e143db5e0ad3
117. **Bacher, U. & Ciftci, K.** (2021). Das Diem-Zahlungssystem - eine erste Analyse der neuen Weltwährung. In D. Barkovic et al. (Hrsg.), *Interdisciplinary Management Research XVII* (S. 846-855). Faculty of Economics, Josip Juraj Strossmayer Univ. ISSN: 1847-0408 https://imr-conference.com/wp-content/uploads/IMR_XVII_final.pdf

118. **Bacher, U. & Wüst, K.** (2021). Deutschland gegen Holland – Untersuchung von Rendite und Risiko zweier Aktienmärkte. Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 13, 19–23
119. **Bacher, U.** (2021). Liquiditätsmanagement zur Vermeidung von Negativzinsen. Gestaltungsalternativen zur herkömmlichen Bankeinlage. NWB Rechnungswesen - BBK, 4, 200–207. <https://datenbank.nwb.de/Dokument/848046/?wherefrom=Magazine>
120. **Binder, B. C. K.** & Dillerup, R. (2021). Planung im digitalen Zeitalter. Controller Magazin (1), 73–79. https://www.wiso-net.de/document/COWI__052c898f45ee3790f7cec8958f5dafd79d381c51
121. **Blankenbach, K., Brezing, K. & Reichel, S.** (2021). Perceived Brightness vs. Required Sunlight Luminance of RGB Lighting on Automotive Dashboards. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2021, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/122/122_b2.pdf
122. **Blankenbach, K., Daubner, M. & Reichel, S.** (2021). High Quality Automotive Interior Lighting. In 24. Europäischer Lichtkongress LICHT2021, S. 553-566
123. **Blankenbach, K., Stuetzel, M., Pohl, M., Proemmel, S., Bhatti, F., Rotscholl, I., Bader, O. & Schaffer, D.** Current Standardization Efforts and Measurement Procedures of German Flat Panel Forum (DFF) for automotive OLED Displays. In Vehicle Displays and Interfaces. 28th Annual Symposium & Expo, Detroit, (insg. 8 Seiten). <https://www.vehicledisplay.org/program.html>
124. **Britzelmaier, B., Kurz, F., Kraus, P. & Holder, S.** (2021). The Management of Digital Transformation in German Companies - An Empirical Analysis. In D. Vrontis et al (Hrsg.), 14th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business. S. 126-145. <https://emrbi.org/wp-content/uploads/2021/09/euromed2021-book-of-proceedings-2021-09-12.pdf>
125. **Bulander, R. & Kölmel, B.** (2021). Robotic Process Automation (RPA): Alter Wein in neuen Schläuchen? Wie man mit Process Mining die Zukunft in der digitalen Transformation gestaltet! DiALOG - Das Magazin für den digitalen Wandel, Ausgabe 2021 (Jubiläumsausgabe), S. 15-17. https://issuu.com/dialog-magazin/docs/dialog-dasmagazin_2021
126. **Charrier, E., Babel, F., Hochdorfer, S. & Blankenbach, K.** (2021). Challenges and Solutions for Directional Visualization of Autonomous Robots in Public Areas. In 35th electronic displays Conference (edC), insg. 12 Seiten
127. **Cleff, T., Otterbach, M. & Walter, N.** (2021). Nachhaltigkeitskommunikation in Social Media. Der Einfluss unterschiedlicher Arten der Nachhaltigkeitskommunikation auf die Glaubwürdigkeit, auf die Werbe-/Markeneinstellung und die Kaufabsicht am Beispiel von Instagram. In D. Barkovic et al. (Hrsg.), Interdisciplinary Management Research XVII (S. 1183-1203). Faculty of Economics, Josip Juraj Strossmayer Univ. ISSN: 1847-0408
128. **Dieterle, O., Greiner, T. & Heidrich, P.** (2020). State Reference Computation for PMSM Implemented with Single-Precision Floating Point Datatype. 2020 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), 1-8. <https://doi.org/10.1109/PEDES49360.2020.9379873>
129. **Döring, N., Kreiss, J., Schuster, T. & Volz, R.** (2021). Brezel-Cast: Verkaufsprognose von Backwaren. In Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (Hrsg.), INFORMATIK 2021. Computer Science & Sustainability (S. 1177-1183). <https://doi.org/10.18420/informatik2021-096>
130. **Eichhorst, C., Hetznecker, A. & Preckel, T.** (2021). Bessere Lebensqualität durch automatisierte Insulinpumpen. mt|medizintechnik, 3, 31-36
131. **Fritz, B. & Schmidt, M.** (2021). Der erstaunliche Klimafußabdruck von Recycling-Gold. Nachrichten aus der Chemie, 69(6), 30-32. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/nadc.20214105392>

132. **Gildeggen, R. & Willburger, A.** (2021). Das UN-Kaufrecht und die Corona-Krise. Internationales Handelsrecht, 21(2), 45–53. <https://doi.org/10.9785/ihr-2021-210202>
133. **Göhring, A. & Engeln, W.** (2021). Brücken schlagen zwischen Technik und Design in der Produktentwicklung – Erkenntnisse einer Metaanalyse über Heterogenität. In H. Binz et al (Hrsg.), Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2021, insg. 12 Seiten. <http://dx.doi.org/10.18419/opus-11478>
134. Graf, N. & **Schmitz, A.** (2021). Lernende im Unternehmen - Treibholz oder Ruder? Wirtschaft und Weiterbildung, 11/12: 24-27
135. Härle, C., Barth, M. & Fay, A. (2021). Betriebsparallele Adaption einer Co-Simulation für diskrete Fertigungsanlagen. In VDI Wissensforum (Hrsg.), 22. Leitkongress der Mess- und Automatisierungstechnik. Automation 2021. Navigating towards resilient Production (S. 517-534). VDI Verlag GmbH. doi.org/10.51202/9783181023921-517
136. **Harriehausen, S.** (2021). Die aktuellen Entwicklungen im Leasingrecht. Neue Juristische Wochenschrift, 41: 3009-3015
137. Häusling, A. & **Fischer, S.** (2021). Auf dem Weg zur agilen HR-Organisation. Personalmagazin, 1: 38–41. https://www.wiso-net.de/document/PEMA__abb193a8ca1d89274033e910580aac24f9671e24
138. **Horschutz Nemoto, E., Jaroudi, I. & Fournier, G.** (2021). Introducing Automated Shuttles in the Public Transport of European Cities: The Case of the AVENUE Project. In E. G. Nathanail et al (Hrsg.), Advances in Intelligent Systems and Computing. Advances in Mobility-as-a-Service Systems (Bd. 1278, S. 272–285). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61075-3_27
139. **Klug, K., Schemel, J. & Marx, U. C.** (2021). Das moderne Krankenhaus im Jahr 2025 - Teil 1 (Umfrage). Krankenhaus 4.now. KTM Krankenhaus Technik + Management, 3, 14-17 https://www.ktm-journal.de/files/benutzer/Archiv/Redaktionsauszuege/2021/Redaktionsauszuege_KTM_3_2021.pdf
140. **Klug, K., Schemel, J. & Marx, U. C.** (2021). Das moderne Krankenhaus im Jahr 2025 - Teil 3 (Umsetzung). Krankenhaus 4.now. KTM Krankenhaus Technik + Management, 6, 14-18
141. **Kraus, P.** & Schlegel, D. (2021). Digital Transformation and Management Control - An Analysis of the Reciprocal Relationship. In D. Vrontis et al (Hrsg.), 14th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business. S. 437-453. <https://emrbi.org/wp-content/uploads/2021/09/euro-med2021-book-of-proceedings-2021-09-12.pdf>
142. **Krebber, F.** (2021). Die gute Praxis sichern: Ethik-Management in PR-Agenturen. prmagazin (10), 72-79
143. **Kroschwald, S.** (2021). Datenschutz und -souveränität für Verbraucher:innen im künstlich-intelligenten Fahrzeug. In A. Boden et al (Hrsg.), Verbraucherdatenschutz – Technik und Regulation zur Unterstützung des Individuums. Schriften der Verbraucherinformatik Band 1, insg. 23 Seiten. https://doi.org/10.18418/978-3-96043-095-7_03
144. **Lewerenz, S., Lambrecht, H.** (2021). Vergleichende Bewertung des Ressourcenaufwands urbaner Energiesysteme (ENsource-MöK) (1st ed.). In Volker Coors (Hrsg.), Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz - ENsource (S. 89-95). Fraunhofer Verlag. <https://doi.org/10.24406/ise-n-621593>
145. **Preckel, T., Kern, M. & Hetznecker, A.** (2021). Automatische Blutdruckmessung im Rettungsdienst. Elsevier Emergency: Fachmagazin für Rettungsdienst und Notfallmedizin, 1: 50-56

146. **Preiß, P.**, Bohem, M. E., Gusbeth, C., Sack, M., Herzog, D., Schwartz, T., Dekold, S., Poboss, N., **Lang-Koetz, C.** & Frey, W. (2021). Less Chemicals and More Power: Pulsed Electric Field-Treatment for Reduction of Microorganisms. In P. Weißgraeber et al (Hrsg.), ARENA2036. Advances in Automotive Production Technology – Theory and Application (Bd. 91, S. 311–318). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62962-8_36
147. **Reichel, S.**, **Blankenbach, K.**, **Reber, A.** & Heinrich, A. (2021). Improved optical light scattering measurements by BSDF. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2021, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/122/122_p5.pdf
148. **Reichel, S.**, **Blankenbach, K.**, Tekin, Z., Kaplan, C., Oglou, M. & Wohlgemuth, V. (2021). Messung der Streulichtverteilungsfunktionen verschiedener Materialien für den Fahrzeuginnenraum. In 24. Europäischer Lichtkongress LICHT2021, S. 577-587
149. **Reichel, S.**, Burke, J. & Pak, A. (2021). Kamera-Kalibrierung für optische Messaufgaben mit erweiterter Berechnung und Bewertung. In Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik (DGaO) Proceedings 2021, insg. 2 Seiten. https://www.dgao-proceedings.de/download/122/122_b5.pdf
150. Rentschler, M. & **Drath, R.** (2021). Digitalisierung elektrischer Schnittstellen mit AutomationML als Basis neuer Geschäftsmodelle. In 15. Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, insg. 5 Seiten. <https://www.elektronikpraxis.vogel.de/das-war-der-anwenderkongress-steckverbinder-2021-a-1069008/>
151. **Richter, M.** & **Blankenbach, K.** (2021). 3D Multi-View Display Using a Rotating Periscope. In 35th electronic displays Conference (edC), insg. 9 Seiten
152. **Schätter, F.** & **Morelli, F.** (2021). Business Process Simulation Focusing Supply Chain Risk Management Aspects. SIMUL 2021: The Thirteenth International Conference on Advances in System Simulation (S. 38-43). ISBN: 978-1612088983. https://www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=simul_2021_2_40_58007
153. **Schemel, J.**, **Klug, K.** & **Marx, U.** (2021). Das moderne Krankenhaus im Jahr 2025 - Teil 2 (Technologien). Krankenhaus 4.now. KTM Krankenhaus Technik + Management, 4: 24-26
154. **Schimpf, S.** (2021). Zum Umgang von Unternehmen mit potenziell disruptiven Innovationen. Ideen- und Innovationsmanagement, 1: 33-35. <https://doi.org/10.37307/j.2198-3151.2021.01.11>
155. **Schmitt, R.** (2021). Kommentierung von Nr. 6100-7008 VV RVG. In G. Toussaint (Hrsg.) Beck'sche Kurz-Kommentare Kostenrecht. Band 2 (S. 1228-1279) Verlag C.H.Beck
156. **Schmitz, A.** & Foelsing, J. (2021). Lernökosysteme gestalten. Personalmagazin, 3: 64-69. https://www.wiso-net.de/document/PEMA__f586fd102970dcd4a419dbf0d9e44a5c7d7c5026
157. **Schmitz, A.** & Graf, N. (2021). Bereit für die nächste Stufe? Personalmagazin, 12: 62-65. https://www.wiso-net.de/document/PEMA__d5eaa4bdf87e0dae22aa1f623966066743e97898
158. **Schmitz, A.** & Graf, N. (2021). Personalentwicklung als Wettbewerbsfaktor. HR Performance, 4: 46-48
159. **Schuster, T.**, **Waidelich, L.** & **Volz, R.** (2021). Maturity Models for the Assessment of Artificial Intelligence in Small and Medium-Sized Enterprises. In S. Wrycza & J. Maślankowski (Hrsg.), Lecture Notes in Business Information Processing. Digital Transformation (Bd. 429, S. 22–36). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85893-3_2
160. **Thimm, H.**, Rasmussen, K. B., & **Tanik, M.** (2021). Global Environmental Website Disclosure of Large Production Companies and their CDP Scores. In Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (Hrsg.), INFORMATIK 2021. Computer Science & Sustainability, (S. 197-206). <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/37669>

161. Wiench, M., **Morelli, F.**, **Weiß, P.** & Lang, S. (2021). Einführung einer auf Metriken basierenden Continuous-Integration- und Delivery-Pipeline am Beispiel der SAP SE. In F. Nees et al (Hrsg.), Tagungsband zur 34. AKWI-Jahrestagung. Angewandte Forschung in der Wirtschaftsinformatik (S. 8-18). mana-Buch. ISBN: 978-3944330686 http://www.mana-buch.de/AKWI_2021/AKWI_Tagungsband_2021_Online.pdf
162. **Woidasky, J.**, **Auer, M.**, **Schmidt, J.**, **Kusch, A.**, **Gasde, J.**, **Lang-Koetz, C.**, Wiethoff, S., Sander, I., Schau, A., Richards, B. S., Turshatov, A., Busko, D., Treick, A., Wendler, P., Kirchenbauer, D., Wacker, D., Fuchs, F. & Moesslein, J. (2021). „Tracer-Based-Sorting“ in der Verpackungs-Abfallwirtschaft. MÜLL und ABFALL, 7, 371-378. <https://doi.org/10.37307/j.1863-9763.2021.07.05>

3.3.2 Herausgeberschaft, Buchveröffentlichungen, Monographien und Beiträge in Fachbüchern (=71)

163. **Bacher, U.** & Herrmann, M. (2021). Lege nicht alle Eier in einen Korb: Diversifikation als FI-DUKA Prinzip (1. Aufl.). Frankfurter Allgemeine Buch. Print-ISBN: 978-3962511012. <https://dnb.info/123214830X>
164. Baumgartner, C., Fröhlich, L., Herzner, A., Krein, A.-T., Obexer, R., Ortiz-Avram, D. & **Viere, T.** (2021). PRME Chapter DACH (GERMANY, Austria, Switzerland). In M. Morsing (Hrsg.), Responsible Management Education (S. 122–137). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003186311-13>
165. **Beck, H.** & Prinz, A. (2021). Allgemeinbildung Wirtschaft für Dummies. Wiley-VCH, ISBN 978-3527717064 <https://www.beck-shop.de/beck-prinz-dummies-allgemeinbildung-wirtschaft-dummies/product/32523827>
166. Boos, A., van den Eeden, M. & **Viere, T.** (Hrsg.) (2021). CSR und Hochschullehre. Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3662626788. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62679-5>
167. Boos A., van den Eeden M. & **Viere T.** (2021). CSR und Nachhaltigkeit als Treiber innovativer und transdisziplinärer Hochschullehre. In A. Boos et al (Hrsg.), CSR und Hochschullehre (S. 1-12). https://doi.org/10.1007/978-3-662-62679-5_1
168. Sonnleitner K., Boos A., van den Eeden M., **Viere T.** & **Weber H.** (2021). Inter- und Transdisziplinäre Lehre im House of Transdisciplinary Studies (HOTSPOT). In A. Boos et al (Hrsg.), CSR und Hochschullehre (S. 45-58). https://doi.org/10.1007/978-3-662-62679-5_3
169. **Britzelmaier, B.** (2021). Controlling - das Übungsbuch (3. aktualisierte Aufl.). Pearson. ISBN (E-Book): 978-3-86326-327-0
170. **Brönneke, T.**, Föhlisch, C. & Tonner (Hrsg) (2022). Das neue Schuldrecht: Digitale Produkte, Kaufrecht, Vertragsrecht (1. Aufl.), Nomos. ISBN: 978-3848770670. <https://www.nomos-shop.de/nomos/titel/das-neue-schuldrecht-id-100614/>
171. **Schmidt, P.** (2021). Transparenzpflichten für Online-Marktplätze. In T. Brönneke et al (Hrsg.), Das neue Schuldrecht: Digitale Produkte, Kaufrecht, Vertragsrecht (S. 13-28)
172. **Brönneke, T.**, **Schmitt, R.** & **Willburger, A.** (2021). Warenkauf - Kaufrechtlicher Mangelbegriff und Digitalisierung im Verbrauchsgüterkaufrecht. In T. Brönneke et al (Hrsg.), Das neue Schuldrecht: Digitale Produkte, Kaufrecht, Vertragsrecht (S. 135-174)
173. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2021). Unternehmerrückgriff. In T. Brönneke et al (Hrsg.), Das neue Schuldrecht: Digitale Produkte, Kaufrecht, Vertragsrecht (S. 175-184)
174. **Kroschwald, S.** & Polenz, S. (2021). Digitale Produkte und Datenschutz. In T. Brönneke et al (Hrsg.), Das neue Schuldrecht: Digitale Produkte, Kaufrecht, Vertragsrecht (S. 185-222)

175. **Buchmann, F.** & Panfili, C. (2021). Neue Klauselverbote in § 309 BGB und "Kündigungsbutton" in § 312k BGB - Abtretungsansprüche, Vertragslaufzeit, Kündigung von Dauerschuldverhältnissen. In T. Brönneke et al (Hrsg.), Das neue Schuldrecht: Digitale Produkte, Kaufrecht, Vertragsrecht (S. 223-240)
176. **Kroschwald, S.** & Tonner, K. (2021). Digitale Produkte im Schenkungs-, Miet- und Werkvertragsrecht. T. Brönneke et al (Hrsg.), Das neue Schuldrecht: Digitale Produkte, Kaufrecht, Vertragsrecht (S. 241-248)
177. Budzinski, O., Haucap, J., Stöhr, A. & **Wentzel, D.** (Hrsg.) (2021). Zur Ökonomik von Sport, Entertainment und Medien. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110724523>
178. Budzinski, O., Haucap, J., Stöhr, A. & **Wentzel, D.** (2021). Die Ökonomik von Sport, Entertainment und Medien – ein Thema für das Forschungsseminar Radein? In O. Budzinski et al (Hrsg.), Zur Ökonomik von Sport, Entertainment und Medien (S. 1–10). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110724523-001>
179. Schmidt, T. & **Wentzel, D.** (2021). Ökonomische Fragen der Talentförderung im Fußball: Theorie, Praxis und empirische Beobachtungen. In O. Budzinski et al (Hrsg.), Zur Ökonomik von Sport, Entertainment und Medien (S. 45–76). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110724523-003>
180. Budzinski, O., Gaenssle, S. & **Lindstädt-Dreusicke, N.** (2021). Wettbewerb und Antitrust in Unterhaltungsmärkten. In O. Budzinski et al (Hrsg.), Zur Ökonomik von Sport, Entertainment und Medien (S. 111–143). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110724523-006>
181. **Drath, R.** (Hrsg.) (2021). AutomationML: A practical guide (1. Aufl.). De Gruyter Oldenbourg. Print-ISBN: 9783110746228 <https://doi.org/10.1515/9783110746235>
182. **Drath, R.** & **Habiger, P.** (2021). What is AutomationML? In R. Drath (Hrsg.), AutomationML: A practical guide (S. 1–44). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110746235-001>
183. **Drath, R.** (2021). The CAEX and AutomationML Guide. In R. Drath (Hrsg.), AutomationML: A practical guide (S. 45–166). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110746235-002>
184. **Drath, R.** & Lips, S. (2021). Modelling of Geometry and Kinematics. In R. Drath (Hrsg.), AutomationML: A practical guide (S. 167–212). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110746235-003>
185. Lüder, A., Schmidt, N. & **Drath, R.** (2021). Modelling of Behaviour. In R. Drath (Hrsg.), AutomationML: A practical guide (S. 213–234). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110746235-004>
186. Hundt, L., Prinz, J. & **Drath, R.** (2021). The AutomationML Editor. In R. Drath (Hrsg.), AutomationML: A practical guide (S. 235–264). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110746235-005>
187. **Drath, R.** (Hrsg.) (2021). AutomationML: The industrial cookbook. De Gruyter Oldenbourg. Print-ISBN: 9783110745924. <https://doi.org/10.1515/9783110745979>
188. Prinz, J., Yemenicioglu, E. & **Drath, R.** (2021). AutomationML Export and Import Data Interfaces. In R. Drath (Hrsg.), AutomationML: The industrial cookbook (S. 41–74). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110745979-004>
189. **Drath, R.** & Tauchnitz, T. (2021). AML domain model for VDI 3697-1: Data exchange between CAE and PCS. In R. Drath (Hrsg.), AutomationML: The industrial cookbook (S. 95–112). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110745979-008>

190. Ingebrigtsen, I. E. & **Drath, R.** (2021). AML domain model for System Control Diagrams: Automatic code generation through digitization of the IEC PAS 63131. In R. Drath (Hrsg.), *AutomationML: The industrial cookbook* (S. 165–196). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110745979-011>
191. **Drath, R.**, Rentschler, M. & Hinze, J. (2021). AML domain model for Electric Interfaces. In R. Drath (Hrsg.), *AutomationML: The industrial cookbook* (S. 295–322). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110745979-016>
192. Lüder, A., Graf, A., Müller, M., Schleipen, M., Wiegand, M., Biffel, S. & **Drath, R.** (2021). Serialization of the Asset Administration Shell by AutomationML. In R. Drath (Hrsg.), *AutomationML: The industrial cookbook* (S. 365–378). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110745979-020>
193. Juhlin, P. & **Drath, R.** (2021). Semantic and Pragmatic Interoperability Mappings. In R. Drath (Hrsg.), *AutomationML: The industrial cookbook* (S. 411–434). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110745979-02>
194. **Erhardt, M.** (2021). *Unternehmensbewertung kompakt*. Dunker & Humblot. ISBN: 978-3896737656 https://www.duncker-humblot.de/buch/unternehmensbewertung-kompakt-9783896737656/?page_id=0
195. **Erhardt, M.** & **Häfele, M.** (2021). *Wirtschaftsprüfung kompakt* (3., überarbeitete und erweiterte Auflage). Dunker & Humblot. https://www.duncker-humblot.de/buch/wirtschaftspruefung-kompakt-9783896737670/?page_id=1
196. **Felleisen, M.** (2021). *Wechselstromtechnik für Dummies* (1. Aufl.). Für Dummies Ser. Wiley-VCH. ISBN: 978-3527716746. https://www.wiley-vch.de/de?option=com_eshop&view=product&isbn=9783527716746&title=Wechselstromtechnik%20f%C3%BCr%20Dummies
197. **Foelsing, J.** & **Schmitz, A.** (2021). *New Work braucht New Learning*. Springer Fachmedien Wiesbaden. Print-ISBN: 978-3-658-32757-6. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32758-3>
198. **Fritz, B.** & **Schmidt, M.** (2021). Analysis of Life Cycle Datasets for the Material Gold. In: S. Albrecht et al (Hrsg.), *Progress in Life Cycle Assessment 2019. Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management* (S. 99–112). Springer International Publishing. ISBN 978-3030505189. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50519-6_8
199. **Häfele, M.** & Müller, S. (2021). *Währungsumrechnung nach HGB, EStG und IFRS*. R. Federmann et al (Hrsg.), *Handbuch der Bilanzierung. Das gesamte Wissen zur Rechnungslegung nach HGB, EStG und IFRS*, insg. 62 Seiten. Haufe
200. **Häfele, M.** (2021). *Überschuldung: Status, Prüfung, Fortbestehensprognose*. In R. Federmann et al (Hrsg.), *Handbuch der Bilanzierung. Das gesamte Wissen zur Rechnungslegung nach HGB, EStG und IFRS*, insg. 30 Seiten. Haufe
201. Hattermann, M., Salle, A., Bärtl, M. & **Hofrichter, R.** (2021). Instruktionale Texte und Lernvideos – Konzeption und Evaluation zweier multimedialer Lernformate. In R. Biehler et al (Hrsg.), *Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik. Lehrinnovationen in der Hochschulmathematik* (S. 399–436). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62854-6_17
202. **Hensel, T.** (2021). Van Veen – Itten – Google Die tabula rasa als Kreativitätsdispositiv. In A. Röhl et al (Hrsg.), *bauhaus-paradigmen* (S. 89–102). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110745054-009>
203. **Hensel, T.** (2021). *Vorsatzpapier - Ornament - Infrastruktur*. Marcel Odenbach und Aby Warburg. In S. Martin & K. Baudin (Hrsg.), *Marcel Odenbach. plötzlich konnte eins wie das andere sein* (S. 161-188). Grass Publishers. <https://d-nb.info/1233304984>

204. Hoffjann, O. & **Huck-Sandhu, S.** (Hrsg.) (2021). UnVergessene Geschichten – PR- und Organisationskommunikationsforschung autobiographisch. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-34675-1>
205. Hoffjann, O. & **Huck-Sandhu, S.** (2021). UnVergessene Geschichten einer entstehenden und verschwindenden deutschsprachigen PR- und Organisationskommunikationsforschung. In O. Hoffjann & S. Huck-Sandhu (Hrsg.), UnVergessene Geschichten – PR- und Organisationskommunikationsforschung autobiographisch (S. 1-15). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34675-1_1
206. **Hofrichter, R.** (2021). Mathematiklernen mit digitalen Medien am Beispiel von moodle-Lernmodulen. In A. Salle et al (Hrsg.), Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik. Mathematiklernen mit digitalen Medien an der Hochschule (S. 45–56). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33636-3_4
207. **Huck-Sandhu, S.** (2021). Mitarbeiterkommunikation aus Sicht der PR-Forschung. In S. Einwiller et al (Hrsg.), Handbuch Mitarbeiterkommunikation. Interne Kommunikation in Unternehmen (S. 117–133). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23152-1_9
208. **Janes, G.** (2021). Kostenrechnung: Aufgaben, Klausuren, Lösungen und Praxistipps. Kohlhammer Verlag. ISBN: 978-3170377929. <https://shop.kohlhammer.de/kostenrechnung-37792.html#147=19>
209. **Kurz, R.** (2021). Sustainability Communication in Case of Emergency: The Role of NGOs in Implementing the SDGs. In F. Weder et al (Hrsg.), The Sustainability Communication Reader (S. 463–484). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31883-3_25
210. **Linxweiler, R., Merz, Y. & Scheu, P.** (2021). Kleine Marken, große Wirkung? In S. Detscher (Hrsg.), Digitales Management und Marketing (S. 247–264). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33731-5_15
211. **Mahadevan, J., Ilie, I. A. & Müller, F.** (2021). Cross-Cultural Management in Complex Organizations: Challenging Dominant Identity Requirements of Mobility and Commitment. In M. Chavan & L. Taksa (Hrsg.), Intercultural Management in Practice: Learning to Lead Diverse Global Organizations (S. 141–156). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83982-826-320211016>
212. **Martin, L.** (Hrsg.). (2021). International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (1. Aufl.). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. ISBN: 978-3658332204 <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1>
213. **Martin, L.** (2021). International Business Development in Context—History, Trends and Realities. In L. Martin (Hrsg.), A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 1–14). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_1
214. **Hinderer, H. & Martin, L.** (2021). Ecosystem Evaluations in Business Development. In L. Martin (Hrsg.), International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 57–76). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_4
215. **Martin, L.** (2021). Assessing International Markets. In L. Martin (Hrsg.), International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 77–99). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_5

216. **Kühn, A.** (2021). Project Management Standards. In L. Martin (Hrsg.), International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 115–139). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_7
217. **Peter, M.** & Rathgeber, P. (2021). Sourcing Strategies and Trends: Global Versus Local. In L. Martin (Hrsg.), International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 141–154). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_8
218. **Martin, L.** (2021). Establishing Local Business Units. In L. Martin (Hrsg.), International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 155–175). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_9
219. **Hinderer, H.** & Pousa, C. (2021). Digital Communication in B-To-B Sales. In L. Martin (Hrsg.), International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 197–222). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_11
220. **Kilian-Yasin, K.** & **Correa, R.** (2021). Corporate Social Responsibility in International Supply Chains. In L. Martin (Hrsg.), International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 223–246). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_12
221. **Mahadevan, J.** & Reichert, T. (2021). Cross-Cultural Strategizing for Successful Customer Relationship Management. In L. Martin (Hrsg.), International Business Development: A Concise Textbook Focusing on International B-to-B Contexts (S. 247–266). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33221-1_13
222. **Melian, E.**, Klein, H. & **Thißen, N.** (2021). Economic and Environmental Optimization of Rotary Heat Exchangers: A Closer Look at the Conflict. In S. Albrecht et al (Hrsg.), Progress in Life Cycle Assessment 2019. Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management (S. 145–158). Springer International Publishing. ISBN 978-3030505189. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50519-6_11
223. **Rau, K.-H.** & **Schuster, T.** (2021). Agile objektorientierte Software-Entwicklung (2. Auflage). Springer Fachmedien Wiesbaden. Print-ISBN: 978-3-658-33394-2. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33395-9>
224. Reisch, L. A. & **Schmidt, M.** (2021). Nachhaltige Entwicklung. In P. Kenning et al (Hrsg.), Verbraucherswissenschaften (S. 71–91). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29935-4_5
225. Roßmann, M., **Stratmann, M.**, **Rötzer, N.**, **Schäfer, P.** & **Schmidt, M.** (2021). Comparability of LCAs — Review and Discussion of the Application Purpose. In S. Albrecht et al (Hrsg.), Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. Progress in Life Cycle Assessment 2019 (S. 213–225). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50519-6_15
226. **Schnell, H.** (2021). Produktionscontrolling: So tragen Controller zum Erfolg in der Produktion bei. In R. Gleich (Hrsg.), Prozess- und Funktionscontrolling. Grundlagen, Kennzahlen, Best Practices (S. 125-138)
227. **Theobald, E.**, Dittes, P. & Otto, E-M. (2021). Marketing Intelligence: strategische Markt- und Wettbewerbanalyse mit Open Source Data. In R. Gleich (Hrsg.), Prozess- und Funktionscontrolling. Grundlagen, Kennzahlen, Best Practices (S. 231-249)
228. **Scholz, M.** & Schlarb, P. (2021). Änderungen im Steuer- und Gesellschaftsrecht 2020/2021. Band 27. StB - Steuerberaterverlag Rheinland-Pfalz GmbH

229. **Schwaab, M.-O.** (2021). Neue Mitarbeiter:innen gewinnen und integrieren. In R. Gröbel & I. Dransfeld-Haase (Hrsg.) Strategische Personalarbeit in der Transformation. Partizipation und Mitbestimmung für ein erfolgreiches HRM (S. 352-375). Bund Verlag. <https://d-nb.info/1242108408>
230. Steingrube, A., **Lambrecht, H., Lewerenz, S.** (2021). Berücksichtigung des Ressourcenaufwands bei der Energiesystemoptimierung. In Volker Coors (Hrsg.), Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz - ENsource (S. 96-102). Fraunhofer Verlag. <https://doi.org/10.24406/ise-n-621593>
231. **Stobbe, T.** (2021). Steuern kompakt. Aktuell 2021. SteuernRep Verlag. ISBN: 978-3982017457 <https://d-nb.info/1232957496>
232. **Stobbe, T.** (2021). Steuern kompakt. Repetitorium – Ertragsteuern – Besteuerung der Personengesellschaften (2., erweiterte Aufl.). Repetitorien-Training: Band 1. SteuernRep Verlag. ISBN: 978-3982017440 <https://steuernkomp.de/>
233. **Stobbe, T.** (2021). Steuern kompakt. Repetitorium – Grundlagen (2., erweiterte Aufl.) SteuernRep Verlag. ISBN: 978-3982017433 <https://d-nb.info/1232956848>

3.4 Vormerkungen für 2022

- VM 1 **Binder, B. C. K.** (2022). Structural Change with the Help of a Strategic Performance Cycle: How Can More Women Reach Top Management Positions During and After the COVID-19 Crisis? In D. Vrontis et al (Hrsg.), Business Under Crisis, Volume II Organisational Adaptations (S. 223–243). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76575-0_11
- VM 2 **Binder, B.C.K.** (2021). DAX Companies in 2019, Financial Performance and their Women Quota on Supervisory and Management Boards. European Accounting and Management Review, 8(1): 24-53
- VM 3 **Bremser, K.,** Crowley-Cyr, L., Abraham, V., Moreno-Martin, M. J. & Carreño, M. (2021). Application of the health belief model to explain public perceptions, travel intentions and actions during COVID-19: a sequential transformative design. Journal of Hospitality and Tourism Insights, insg. 21 Seiten. <https://doi.org/10.1108/JHTI-12-2020-0235>
- VM 4 **Fischer, S., Lang-Koetz, C., Reischl, A., Weber, S.** (2021). Neue Wege für das Innovationsmanagement in KMU durch Blended Learning und firmenübergreifenden Austausch. In V. Nitsch et al (Hrsg.), Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand. Wiesbaden: Springer Vieweg
- VM 5 **Fritz, B. & Schmidt, M.** (2021). An Ecological Analysis of the State-of-the-Art Refinery of High-Value Gold Scraps. In Proceedings EMC (European Metallurgical Conference) 2021, insg. 19 Seiten
- VM 6 **Hottenroth, H.,** Sutardhio, C., Weidlich, A., **Tietze, I.,** Simon, S., Hauser, W., Naegler, T., Becker, L., Buchgeister, J., Junne, T., Lehr, U., Scheel, O., Schmidt-Scheele, R., Ulrich, P. & **Viere, T.** (2022). Beyond climate change. Multi-attribute decision making for a sustainability assessment of energy system transformation pathways. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 156(3), 111996. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111996>
- VM 7 Köhler, J., Dönitz, E. & **Schätter, F.** (2021). Transition Wind Technologies in Shipping to 2050: Factors and Challenges for a Sustainability Transition. Wind Propulsion Conference 2021

- VM 8 Park, J., Kim, J., Lee, D. C., Kim, S. S., Voyer, B. G., Kim, C., Sung, B., Gonzalez-Jimenez, H., **Fastoso, F.**, Choi, Y. K. & Yoon, S. (2022). The impact of COVID-19 on consumer evaluation of authentic advertising messages. *Psychology & Marketing*, 39(1): 76-89. <https://doi.org/10.1002/mar.21574>
- VM 9 **Sander, F. & Bacher, U.** (2021). Zur strategischen Frage von Zahlungsdienstleistern. *Hohenheimer Genossenschaftsforschung 2021*; im Druck
- VM 10 **Thimm, H. H.** & Rasmussen, K. B. (2022). Website Communication Capabilities and Content Related to Environmental Management—An Empirical Study of European Production Companies. In P. Ghadimi, M. D. Gilchrist & M. Xu (Hrsg.), *Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. Role of Circular Economy in Resource Sustainability* (S. 17–29). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90217-9_3
- VM 11 **Tropp, J. & Zerr, K.** (2021). Irrweg Customer Centricity – Skizze eines Auswegs für Marketing und Marke. In E. Theobald & B. Gaiser (Hrsg.), *Brand Evolution. Moderne Markenführung im digitalen Zeitalter*
- VM 12 **Tropp, J.** (2021). "Ich weiß nicht warum, aber ich will jetzt ein Eis!" The hidden persuaders von Vance Packard. In T. Meitz, N. Borchers & B. Naderer (Hrsg.) *Schlüsselwerke der Werbeforschung*. Springer Fachmedien Wiesbaden

3.5 Patentoffenlegung

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

3.6 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.

3.7 Messen

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