

forschung im fokus

[Prystine]

360° Umfelderkennung
für das automatisierte Fahren | 34

[Power Line Communications]

Sensorlose Netz- / Anlagenüberwachung | 90

[Third Mission Projekt]

Soziale Roboter – Ein Science Comic | 155

Und wann trittst du bei
MEIKO auf? Jetzt bewerben.



Ideen sprudeln, Grenzen fließen, Menschen unterschiedlicher Kulturen kommen zusammen und arbeiten gemeinsam an einer Vision: die Welt sauberer und hygienischer zu machen. Das ist MEIKO. Weltweit arbeiten über 2.600 Mitarbeiter mit Leidenschaft an den nachhaltigen Lösungen zum professionellen Spülen, Reinigen und Desinfizieren. Sie alle prägen die Kultur eines wertegeleiteten Unternehmens, das seine Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen fördert und Erfolge teilt. Willkommen an der Quelle für Sauberkeit! www.meiko-global.com

Starte deine Zukunft bei MEIKO

Professionelle Spül-, Reinigungs- und Desinfektionstechnik



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Prof. Dr. Thomas Seifert
[wissenschaftl. Leitung CRT]
und **Dr. Ira Pawlowski**
[operative Leitung CRT]

anwendungsorientierte Forschung und der Transfer von neuen Erkenntnissen in Wirtschaft und Gesellschaft liegen uns am Herzen. Mit dieser neuen und mittlerweile 24. Ausgabe unseres Forschungsmagazins „forschung im fokus“ teilen wir sehr gern diese „Herzensangelegenheit“ mit Ihnen und geben in spannenden, kurzen Beiträgen Einblicke in aktuelle Forschungsaktivitäten an der Hochschule Offenburg.

Gerade mit diesen Forschungsaktivitäten bringen wir uns unmittelbar in die strategischen Zukunftsfelder des Landes Baden-Württemberg ein. Themenfelder wie Digitalisierung, Künstliche Intelligenz und Industrie 4.0 werden zum Beispiel im Beitrag „Entwicklung eines digitalen, echtzeitfähigen Fabrikmodells“ (Seite 16) behandelt. Der Beitrag „Prystine – 360° Umfelderkennung für das automatisierte Fahren“ (Seite 34) ist nur ein Beispiel für nachhaltige Mobilität, genauso wie die „Bestimmung der Durchlaufzeit von Hörgeräten: Entwurf eines einfachen Messaufbaus“ (Seite 112) für das Themenfeld der Medizintechnik. Nicht zuletzt werden Ressourceneffizienz und Energiewende und nachhaltige Bioökonomie in weiteren Artikeln dieser Ausgabe thematisiert. Außerdem ist es beeindruckend, wie die an unserer Hochschule gelebte fachliche Vielfalt in neuen interdisziplinären Forschungsprojekten zusammenfindet, neue Impulse setzt und ihre Stärken nutzt, diese innovativen Ideen zu realisieren. So zeigt der Beitrag „Mechanik für die Gesundheitsdiagnostik von elektrischen Batterien“ (Seite 58), wie mit Methoden der Werkstoffmechanik die Elektromobilität vorangebracht werden kann.

Basierend auf diesen Aktivitäten und Bestrebungen hat sich die Hochschule Offenburg in den vergangenen Jahren deutlich weiterentwickelt

und konnte ihre wettbewerblich eingeworbenen Drittmittel für die Hochschulforschung kontinuierlich steigern. Damit verbunden stieg auch die Anzahl an wissenschaftlichen Mitarbeitenden, die über diese Forschungsprojekte finanziert werden: so forschten 2020 rund 140 Kolleginnen und Kollegen in 100 Forschungsprojekten mit einem neu eingeworbenen Drittmittelvolumen in Höhe von 6,5 Millionen Euro. Damit ist die Hochschule Offenburg, auch im Vergleich mit den anderen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) in Baden-Württemberg, auffallend forschungsstark.

Für die Zukunft gehen wir davon aus, dass sich die „Wettbewerbssituation“ unter den HAW weiter verstärken wird. Sowohl aus strategischer als auch aus operativer Sicht ist es der Hochschule Offenburg daher wichtig, dass die Forschenden an der Hochschule durch eine starke Forschungsberatung und eine klar strukturierte Forschungsadministration den nötigen Support erhalten. Aus diesem Grund hat sie eine neue zentrale Einrichtung installiert: die Campus Research & Transfer – CRT. Die CRT löst das mitgliedergeführte Institut für Angewandte Forschung – IAF – ab und macht weiterhin die Forschungs- und Transferleistungen der Hochschule Offenburg als eine wichtige Plattform nach innen und außen signifikant sichtbar. So ist diese Ausgabe „forschung im fokus“ die erste, die von der CRT herausgegeben wird.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß und kurze Weile an unseren Beiträgen. Gern laden wir Sie ein, mit uns über das weite Feld der Forschung, in den Dialog zu treten.

Prof. Dr. Thomas Seifert und Dr. Ira Pawlowski



Wegbereiter einer echten Erfolgsgeschichte

In den 24 Jahren als Rektor der Hochschule Offenburg hat Prof. Dr. Winfried Lieber viel bewegt – auch im Bereich Forschung und Transfer. Gemeinsam mit den jeweiligen Rektoratskolleginnen und -kollegen war er Wegbereiter und Stratege einer echten Erfolgsgeschichte.

Bereits Ende der 1990er-/Anfang der 2000er-Jahre – als Angewandte Forschung an Fachhochschulen (den heutigen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften) noch kaum ein Thema und bei den wenigsten Lehrenden Teil der Professur war – erkannte das Rektorat unter der Leitung von Winfried Lieber deren Bedeutung. Durch strukturelle Veränderungen und konkrete Maßnahmen im Innern sowie durch den Aufbau lebendiger Netzwerke und enger Kontakte nach außen – in die Region, bundesweit und international – förderte es die Angewandte Forschung nach Kräften.

Eine Maßnahme im Innern war die Gewährung von Forschungsdeputaten. „Dadurch konnte ich als Forscher an der Hochschule meine Forschungsgruppe Nachhaltige Energietechnik (NET) und auch das (Forschungs-) Institut für Energiesysteme INES aufbauen und gestalten“, erinnert sich Prof. Elmar Bollin, der von 2012 bis 2020 das Institut für angewandte Forschung der Hochschule Offenburg, leitete, dankbar an diese Zeit zurück.

Überhaupt wurde die Gründung von Forschungsinstituten an der Hochschule von Winfried Lieber frühzeitig und maßgeblich

mitinitiiert. Gemeinsam mit dem Rektorat sorgte er für entsprechende Räume – durch Anmietungen, durch den Campus Nord oder das Regionale Innovationszentrum Energie (RIZ), förderte die Forschung in der Breite durch Forschungs-Incentives oder setzte Impulse durch das Erkennen neuer Forschungsrichtungen wie Energie und Nachhaltigkeit, Industrie 4.0, KI oder Biotechnologie. „Dabei agierte er nie aus dem stillen Kämmerlein bestimmend, sondern immer motivierend und teambildend mit Überzeugungskraft und Geduld“, betont Prof. Dr. Andreas Christ, von 2007 bis 2021 Prorektor Forschung an der Hochschule Offenburg. „Bei allen Aktivitäten war die Freiheit von Forschung und Lehre das höchste Gut für ihn.“

Rektor Prof. Dr. Winfried Lieber (5. von rechts) beim Spatenstich für das RIZ mit zahlreichen Vertretern aus Bildung, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft



Rektor Prof. Dr. Winfried Lieber 2008 bei seiner Einweihungsrede für die neuen Räume des Instituts für Angewandte Forschung heute Campus Research & Transfer

Und weil Winfried Lieber Studium und Lehre immer mit der Forschung zusammen dachte, förderte er auch das forschende Lernen in Studierendenprojekten. Als Beispiele seien hier nur der Schluckspecht, der Robocup, das Black Forest Formula Team oder die First Lego League genannt.

Die erfolgreiche Forschungsarbeit an der Hochschule spielte auch bei der Einführung der zweistufigen Bachelor- und Master-Ingenieur-Studienprogramme von 1998 bis zum Wintersemester 2005/06 eine wichtige Rolle. „Spielentscheidend war dabei auch, dass die Hochschule den Masteranden während und im Anschluss an ihr Studium Möglichkeiten der wissenschaftlichen Betätigung bot“, erklärt Elmar Bollin.

Die von Winfried Lieber vorangetriebene Etablierung der Prorektorate Forschung (2007) sowie Wissens- und Technologietransfer (2017) manifestierten nach Innen und Außen die Rolle der angewandten Forschung an der Hochschule. Diese wurde zum wichtigen Innovationsmotor in der Region sowie zum Mitgestalter im Sinn der „Third Mission“:



Bild oben:
Rektor Prof. Dr. Winfried Lieber (r.) mit dem Schluckspecht I, dem damaligen Studierendenteam sowie den Initiatoren Prof. Dr. Ulrich Hochberg und Prof. Claus Fleig (2. und 3. v. r.)

Das wurde noch durch die von Winfried Lieber mitbegründeten Netzwerke verstärkt, die immer einer klar definierten strategischen Ausrichtung und einer begründeten Vision folgten: Die Trinationale Metropolregion Oberrhein und TriRhenaTech für die intensivere Zusammenarbeit und Koordination von Forschung und Lehre im Dreiländereck Deutschland-Frankreich-Schweiz. Die Hochschulallianz für den Mittelstand (HafM) als bundesweite Interessensvertretung von Hochschulen mit vergleichbaren Schwerpunkten und Missionen. Als Mitglied des Vorstands der HafM setzte er sich stets auch für die Einrichtung einer Deutschen Transfergemeinschaft (DTG) oder von Innovationsmanagern, die proaktiv Projekte zusammenbringen, wie im Konzept D.Innova vorgesehen, ein. Durch diese sollten die HAW in ihrer Mission für einen regionalen Transfer wirklich ernst genommen werden. „Darüber hinaus schufen Winfried Liebers enge Kontakte zu Unternehmensnetzwerken wie dem wvib, zur IHK und HWK oder zu regionalen Unternehmen und Einzelpersonlichkeiten aus Wissenschaft, Politik und Gesellschaft ein Vertrauensverhältnis, das für erfolgreiche Forschungsk Kooperationen unerlässlich ist“, sagt Prof. Dr. Andreas Christ.

So wurde die Hochschule Offenburg im Lauf der Jahre zu einer führenden Forschungseinrichtung unter den HAW des Landes Baden-Württemberg.

Dass Winfried Lieber dabei auch schwierige Themen nicht ausklammerte, zeigt eins der wenigen Anliegen, dessen Umsetzung er vor seinem Ruhestand nicht mehr erlebte: das qualitätsgeleitete Promotionsrecht für forschungsstarke Professoren an HAW. Doch was nicht ist, kann ja noch werden.



Kanzler Dr. Bülent Tarkan, Rektor Prof. Dr. Winfried Lieber, Günter Westermann (W-Quadrat GmbH), Prof. Dr. Wolfgang Bessler, Björn Weißhar (Leclanché GmbH) und Prof. Elmar Bollin an den Gloveboxen im Enerlab 4.0

PERFEKTER SCHLIFF FÜR EINE REIBUNGSLOSE ZUKUNFT

FEINSCHLIFF FÜR EINEN KARRIERESTART NACH MASS

Die JUNKER Gruppe entwickelt, produziert und vertreibt hochpräzise Schleifmaschinen sowie innovative Filtrationslösungen.

Dem intensiven Dialog mit anspruchsvollen Kunden aus aller Welt verdankt JUNKER eine einzigartige Lösungskompetenz, die uns zum Impulsgeber der kompletten Branche macht. Wenn Sie gerne im Team arbeiten und Verantwortung übernehmen, dann unterstützen wir Sie gerne mit einem gelungenen Karrierestart nach Maß.

Unser Angebot für Sie: Für einen perfekten Start ins Berufsleben bieten wir Ihnen ein zu Ihren eigenen Kompetenzen und Fähigkeiten optimal passendes Jobprofil, das vollkommen neue Zukunftsperspektiven eröffnet.

Wir freuen uns auf Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen!

Bitte senden Sie diese an:
bewerbung@junker.de



Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH
Personalabteilung
Junkerstraße 2
77787 Nordrach
Phone: +49 7838 84-0



www.junker-group.de/karriere

1	Editorial	95	Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik [ivESK]
7	Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen [B+W]	96	Gerätesicherheit mit Hybrid Physically Unclonable Function
8	Updates aus der Forschungsgruppe um Prof. Dr. Thomas Wendt	101	VanAssist: A Secure Wireless Architecture for Autonomous Parcel Delivery
12	Jederzeit den Blick für das Wesentliche: VR-/ AR-/ MR-Technologien	106	Narrowband Wireless Wide Area Networks: Erweiterte Testumgebung
16	Entwicklung eines digitalen, echtzeitfähigen Fabrikmodells	111	Peter-Osypka-Institut für Medizintechnik [POIM]
19	Koordination des Personalmanagements	112	Entwurf eines einfachen Messaufbaus zur Bestimmung der Durchlaufzeit von Hörgeräten
25	Elektrotechnik, Medizintechnik und Informatik [EMI]	116	Hochauflösende Elektrokardiographie mit NI myRIO
26	Fahrsimulator für den Test anspruchsvoller Antriebsregelungen	118	Simulation der His-Bündel-Stimulation
30	Energiesparende elektronische Türschilder basierend auf E-Ink-Displays	121	Impact of an elective in-vitro training course in cardiac pacing on student's grades – a controlled study
34	Prystine – 360° Umfelderkennung für das automatisierte Fahren	125	Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]
37	Physical Distancing mit Spatial Anchors	126	Verbesserung der Lebensmittelsicherheit mit Radartechnik
41	Medien [M]	129	Für den vollen Durchblick bringen wir das Eis zum Schmelzen
42	RhInédits – Amateurfilm am Oberrhein	132	Hast Du schon gehört?
45	JARDIN GLOCAL	136	Institute for Machine Learning and Analytics [IMLA]
50	Approximate Histograms for Time Series Data Aggregation in Peer to Peer Networks	137	bwGPUL
52	Corona-Management vom Krisenmodus zum Transformationsmanagement	141	Unsupervised Thinking Eine Veranstaltungsreihe der Hochschule (IMLA) und der Ev. Landeskirche
57	Maschinenbau und Verfahrenstechnik [M+V]	144	Institut für nachhaltige Silikatforschung Offenburg [NaSiO]
58	Mechanik für die Gesundheitsdiagnostik von elektrischen Batterien	145	A new kind of concrete for fire protection
62	Lackschichten in Schraubenverbindungen	149	Institute for Trade and Innovation [IfTI]
66	Schluckspecht 6: Das neue Hocheffizienzfahrzeug der Hochschule Offenburg	150	Export Credit Net Zero Commitment
71	Institut für Energiesystemtechnik [INES]	154	Affective and Cognitive Institute [ACI]
72	Elektromobilität: Prüfstände für die Optimierung des elektrischen Antriebsstrangs	155	Third Mission Projekt „Soziale Roboter – Ein Science Comic“
75	Partizipation am Energiemarkt der Zukunft: Gewinnbringende Zusammenarbeit zwischen mittelständischen Industrieunternehmen und der Hochschule Offenburg	159	Publikationen 2020
80	Automationsgestütztes Energiemanagement an den Landeshochschulen	169	Promotionen 2020
85	Zustandsbestimmung von Lithium-Ionen-Batterien: Ein neuer Algorithmus	171	Patente 2020 // Impressum
90	Power Line Communications: Sensorlose Netz- / Anlagenüberwachung	172	Kontakt



HOBART

WIR SIND WAHNSINNIC STOLZ ...

... AUF UNSERE INNOVATIONEN

Spülen ohne Wasser – ist das überhaupt möglich?

„Diese Vision treibt uns seit mehr als 15 Jahren an. Es geht um ein möglichst ressourcenschonendes Spülen – das heißt, mit so wenig wie möglich Wasser, Chemie und Energie, aber auch mit so wenig wie möglich Kosten, Zeit und Platz. Für die Küchenchefs ist Spülen eine Anstrengung, denn es ist ja nicht ihr Kerngeschäft. Spülen ist für sie Mittel zum Zweck. Wir haben verstanden, dass unsere Kunden den Vorgang so effizient wie möglich, mit wenig Aufwand, wenig Lärm und geringen Betriebskosten ausführen wollen.“

HARALD DISCH

52 Jahre, Dipl. Ingenieur, Mitglied der Geschäftsleitung

Sei wie Du bist und komm in ein starkes Team.

Arbeite bei HOBART – dem Weltmarktführer für gewerbliche Spültechnik!

#SPÜLENDEINFACH



**PERFEKTE
PERSPEKTIVEN**

HOBART.DE



BETRIEBSWIRTSCHAFT UND WIRTSCHAFTSINGENIEURWESEN

Der 3-D-Drucker ist geeignet für die Fertigung von leitungsfähigen Materialien wie auch für den Multi-Material-Druck an der Fakultät

Die vielfältigen Forschungsaktivitäten spiegeln die breite fachliche Aufstellung der Fakultät B+W wider. Sie reichen von anwendungsnaher Forschung in den Bereichen Handel und e-Commerce über Data Mining bis hin zu ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellungen. Dabei ist aktuell die enge Verzahnung von Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsingenieurwesen unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ ein wichtiger Ansatz für die gemeinsame bereichsübergreifende Forschung. Grundlage für diese Forschungsarbeit sind die vielfältigen Labore der Fakultät B+W, die sowohl die Bereiche Marketing und Handel, als auch Wirtschaftsinformatik und Lean-Produktion umfassen. Im Labor Work-Life Robotic wurde ein innovativer 3-D-Drucker, wie es ihn bisher nur zweimal auf der Welt gibt, in Betrieb genommen. Das rund eine halbe Millionen Euro teure Gerät, auf dem bereits die ersten Projekte realisiert wurden, ist sowohl für die Fertigung von leitfähigen Materialien als auch für den Multi-Material-Druck geeignet (siehe Foto). Durch die konsequente Einbindung der Studierenden aus den Bachelor- und Masterstudiengängen in spannende Neuentwicklungen wird eine aktive Nachwuchsförderung für die Forschung an der Hochschule sichergestellt. Dabei wurde z. B. im Rahmen einer interdisziplinären Masterarbeit ein kollaboratives Greifsystem entwickelt, für das die Hochschule ein Patent angemeldet hat.

Weiteres Indiz für eine erfolgreiche Forschung an der Fakultät B+W ist die deutliche Steigerung bei der Einwerbung von Drittmitteln. Dabei stehen immer die konkreten Anfor-

derungen der Unternehmen im Vordergrund. So wird aktuell im Projekt LogIKTram zusammen mit einer Reihe von namhaften Partnern eine Informations- und Kommunikationstechnologie-Plattform (IKT-Plattform) und ein fahrzeugtechnisches und logistisches Konzept für eine „Gütertram“ auf der Basis der Karlsruher Zweisystem-Stadtbahn entwickelt. Ziel eines weiteren Forschungsprojekts in enger Zusammenarbeit mit einem Unternehmen aus der Region ist, eine Methode zu entwickeln und zu erproben, bei der Spritzgussformen, die heute noch zeitintensiv und aufwendig aus Metall hergestellt werden, zukünftig im 3-D-Drucker gefertigt werden können. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden nun praktische Versuche durchgeführt, um Prozessparameter und Eigenschaften der additiv hergestellten Formen zu untersuchen.

Um das Interesse junger Menschen für Berufe in den Fachgebieten Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT) nachhaltig zu wecken und zu fördern, wurde gemeinsam mit sieben Projektpartnern und sieben Paten aus Forschung, Bildung und Wirtschaft das Projekt „MINT4Life“ ins Leben gerufen. Dabei wird die eindrucksvolle und faszinierende 3-D-Druck-Technologie verwendet, um Jugendliche in Form von Mitmachformaten und Workshops für MINT-Themen zu begeistern. Zur Umsetzung des Vorhabens werden in der Region zahlreiche Werkstätten eingerichtet und mit entsprechender 3-D-Druckausrüstung ausgestattet.

Dekan Prof. Dr. Philipp Eudelle

Updates aus der Forschungsgruppe um Prof. Dr. Thomas Wendt

Anke Fischer M.Sc., Philipp Gawron M.Eng., Alexander Gehringer B.Eng., Nikolai Hangst M.Eng.,
Lukas Stiglmeier B.Eng., Björn Teufel Björn Teufel B. cand. B.A.,
Frau Prof. Dr. rer. Oec. Andrea Müller, Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt, Prof. Dr. Sportwiss Steffen Willwacher

In diesem Artikel werden die neuesten Entwicklungen in der Forschungsgruppe um Herrn Prof. Dr. Wendt vorgestellt. Es wird der Einsatz des neuen 3-D-Druckers der Firma Neotech, sowie die neuesten Entwicklungen im Leuchtturmprojekt Flitzmo beschrieben. Zudem konnte dieses Jahr mit dem Projekt zum Einsatz von Robotik im Bereich Assisted Living begonnen werden.

This article presents the latest developments in the research group led by Prof. Wendt. It describes the use of the new 3D printer from the company Neotech, as well as the latest developments in the lighthouse project Flitzmo. In addition, the project on the use of robotics in the field of assisted living could be started this year.

3-D-gedruckte Elektronik und Sensorik

Beim 3-D-Druck werden Körper im Schichtverfahren aus Metall oder Kunststoffen aufgebaut. Durch diese additive Fertigungsweise lassen sich Werkstücke herstellen, die mit Dreh- oder Fräsprozessen nicht herstellbar sind. Zudem erlaubt der 3-D-Druck die schnelle Fertigung von Prototypen. 3-D-gedruckte Elektronik ist ein neues Feld im Bereich der additiven Fertigung. Hierbei werden Leitungen, Bauteile und Sensorik direkt auf einen 3-D-gedruckten Körper aufgebracht oder in diesen eingedruckt.

Der im Rahmen eines DFG-Forschungsgrößeerantrags Ende 2020 neu angeschaffte Drucker Neotech 15X-SA verfügt über fünf Achsen. Klassische 3-D-Drucker arbeiten lediglich mit drei Achsen. Die zusätzlichen Freiheitsgrade ermöglichen bspw. den oberflächenkonformen Auftrag von Materialien auf komplexe, freiförmige Oberflächen. Dadurch ergeben sich nochmals mehr Gestaltungsmöglichkeiten als beim klassischen 3-D-Druck bereits ohnehin vorhanden. Weiterhin verfügt die Maschine über diverse Werkzeuge für verschiedenste Druckverfahren, das Postprocessing oder andere Bearbeitungsprozesse wie CNC oder Laser.

Als erster Demonstrator der Fünf-Achs-Funktionalität wurde der in Abbildung 1 gezeigte Körper hergestellt. Auf der halbkugelförmigen Oberfläche wurde mittels Piezojet-Verfahren leitfähige Silbertinte oberflächenkonform aufgetragen. Hierdurch werden völlig neue 3-D-Schaltungen mit eingebetteten Bauteilen und Leiterbahnen ermöglicht.

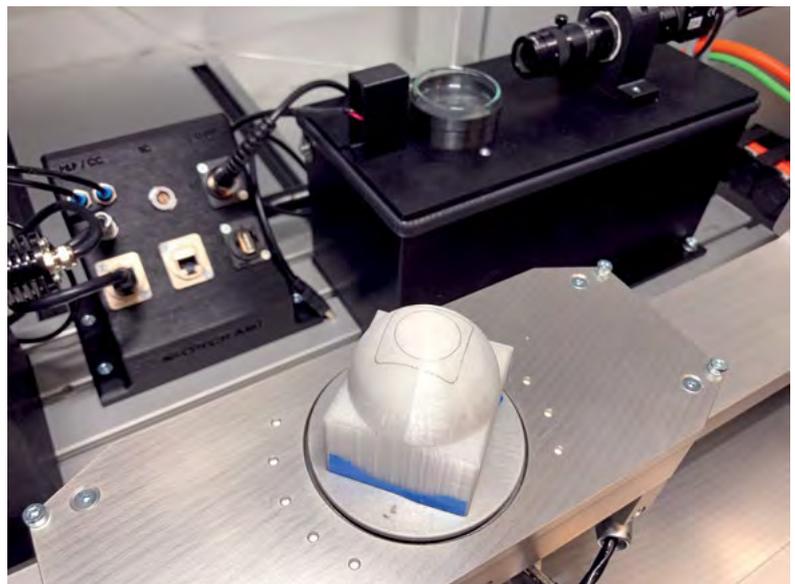


Abb. 1: Fünf-Achs-3-D-Druck, (oben) Bauraum der Maschine während der Bearbeitung mit Piezojet, (unten) oberflächenkonforme Leiterbahnen auf einem runden, 3-D-gedruckten Körper

Zur Anwendung wird die Maschine zukünftig in den Forschungsgebieten 3D-gedruckter Energy Harvester und Sensorik für Robotergreifer kommen. Weitere mögliche Gebiete sind Antennendruck, Umweltmonitoring oder additiv gefertigte Robotik.

Flitzmo – die Zukunft der Intralogistik?

FLITZMO ist ein omnidirektional verfahrenes Transportsystem, das sich durch intuitive Bedienbarkeit und flexible Modularität auszeichnet. Das Projekt wird geleitet von Alexander Gehringer und steht unter dem Schirm von Herrn Prof. Dr. Wendt, der das Work Life Robotics Labor in Gengenbach leitet.

Die omnidirektionale Fahrweise wird durch die Verwendung von Mecanum-Rädern ermöglicht und die Modularität durch ein flexibles Plattformkonzept, das je nach Kundenanforderung und Einsatzzweck zusammengeschlossen werden kann. Darüber hinaus erfordert eine intuitive Leitsteuerung geringen Schulungsaufwand für die Bedienung. Die Verwendung von Normteilen ermöglicht zudem einen Low-Cost Ansatz.

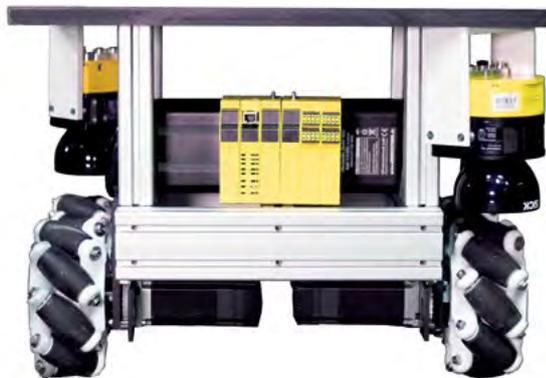


Abb. 2:
Demonstrator - Modul
Frontansicht Flitzmo

Das interdisziplinäre Team konnte im vergangenen Semester auf bis zu fünfzehn Teammitglieder anwachsen. Insbesondere in den Bereichen IT und Marketing ist ein deutlicher Anstieg des Personals zu verzeichnen.

Im September letzten Jahrs hatte das Flitzmo-Team die ersten erfolgreichen Fahrversuche durchgeführt. Die verwendeten additiv gefertigten Mecanum-Räder mit gedruckter Gummibeschichtung erwiesen sich für den Demonstrator als geeignet. In Kooperation mit unserem Industriepartner Hiwin wird aktuell an der Optimierung der Aktorik und der zugehörigen Mechanik gearbeitet. Ideen sind die Fertigung einer Mecanum-Rad-Felge aus Metall, einer teilweisen Neukonstruktion des Rades und die Verwendung neuer Rohmateri-

alien. Darüber hinaus wird der aktuell verwendete Radnabenmotor geprüft, um das neue Mecanum-Rad auf die Motorbaugruppe integrieren zu können.

Im Rahmen des Innovationsprojekts, setzt die IT gerade eine intuitive Leitsteuerung um, die aktuelle Industriestandards und Einflüsse von Anwendungsfällen unserer Industriepartner betrachtet.

Die Standortbestimmung und Lageerfassung ist weiterhin ein sehr großer Bestandteil unserer Arbeit. Eine Neuerung hierbei ist das Verwenden von Kameras. Sie stellen ein zusätzliches Sicherheitsfeature dar, machen das FTS langfristig intelligenter und dienen der Kollisionsvermeidung. Mit dem LD-LiDAR kann eine Punktwolke auf der Ebene des LiDAR Daten aufgezeichnet werden, wobei Hindernisse ober- und unterhalb des Lasers nicht erkannt werden. Dahingegen ermöglichen Kamerabilder das Erfassen und Klassifizieren der Umgebung und durch das Erlernen, mit Maschinellem Lernen, den Unterschied zwischen Personen und Gegenständen. Auf Basis dieser Kenntnis, ist es Flitzmo möglich, seine Route zu optimieren. Dies ermöglicht eine Entlastung von Mitarbeitern und der Flitzmo wird dadurch dem autonomen Anspruch gerechter.

In einem Meeting zur Vernetzung hochschulinterner FTS-Projekte wurde im Team Flitzmo festgelegt, ROS2 zu nutzen. Deshalb kann das Team besser mit anderen Abteilungen zusammenarbeiten und das neue System ist dauerhaft auf einem aktuellen Stand. Eigens für die SLAM-Planung und die Leitsteuerung konnte im WS2020 eine neue, leistungsfähige Workstation beschafft werden. Diese wird in Zukunft dazu dienen, mit Flitzmo noch schneller zu kommunizieren und durch den Einsatz von KI eine optimale Pfadplanung zu trainieren.

Robotik im Bereich Assisted Living: Verlust und Ersatz der menschlichen Motorik und Sensorik

Unser Gehirn bildet mit Millionen von Rezeptoren, Nervenzellen und Muskelfasern unseren Bewegungsapparat. Durch ihre Zusammenarbeit ist es uns möglich, unseren Körper nach Belieben zu steuern. Unfälle und Krankheiten können unter Umständen dazu führen, dass Nervenbahnen beschädigt werden und somit die Kontrolle von Bewegungen nicht mehr optimal koordiniert werden kann.

Das Gehirn ist in diesen Situationen meist in der Lage, sich durch Training schnell anzupassen und diese Verluste durch andere Sinneseindrücke und Heilung der verletzten Nervenbahnen zu kompensieren. In manchen Fällen sind die Folgen jedoch so gravierend, dass die Betroffenen auf die Nutzung eines Rollstuhls und die Unterstützung von Pflegepersonal angewiesen sind.

Robotik kann heutzutage unterstützend im Alltag eingesetzt werden, sodass Betroffene von körperlichen Beeinträchtigungen mehr Autonomie im täglichen Leben erhalten und Pflegekräfte entlastet werden können. Ein neues Projekt zum Einsatz von Robotik im Bereich Assisted Living wird in diesem Artikel vorgestellt, das Anfang 2021 in den Laboren von Prof. Dr. Wendt startete. Weiterführend wird dieses Projekt von Prof. Dr. Müller, Prof. Dr. Hoppe und Prof. Dr. Willwacher unterstützt.

Dieses Projekt widmet sich der Unterstützung von ganzkörpergelähmten Personen, die durch Querschnittslähmung und Locked-In-Syndrom auf einen elektrischen Rollstuhl angewiesen sind. Bei diesen Krankheitsbildern wird die Motorik des Körpers durch Verletzungen [3] oder Degeneration der Nervenbahnen [1] eingeschränkt. Bei ALS (Amyotrophe Lateralsklerose) schränkt die Degeneration der Motoneuronen die Steuerung der Muskeln ein und die Motorik versagt zunehmend. Schlussendlich ist die Kontrolle der Muskeln nicht mehr möglich. Rudimentäre Prozesse, wie z. B. das Atmen, der Herzschlag und die Bewegung der Augen bleiben jedoch erhalten. Diesen Zustand nennt man Locked-In Syndrom. Die durchschnittliche Überlebensdauer nach der Diagnose von ALS beträgt im Durchschnitt drei bis fünf Jahre. Der Fall von Stephen Hawking zeigt, dass die Krankheit unter anderem auch sehr langsam voranschreiten kann.

Querschnittslähmungen und Locked-In Syndrom nach einem Schlaganfall verhalten sich in Bezug auf den Genesungsprozess der Motorik ähnlich. In den ersten Wochen der Läsur im Gehirn oder der Wirbelsäule ist eine Besserung der Motorik zu erkennen, die nach einiger Zeit abnimmt. Auf diese unterschiedlichen Verläufe soll in diesem Projekt eingegangen werden und die damit verbundenen Anforderungen durch Befragungen mit Betroffenen festgelegt werden. Organisationen wie LIS (Locked-In-Syndrom e.V.), die Johannes-Diakonie in Lahr und FGQ (Fördergemeinschaft der Querschnittgelähmten) wurden bereits zur

Konzeptionierung nach den ersten Nutzeranforderungen befragt. Durch die Zusammenarbeit soll ein anforderungsoptimiertes System entwickelt werden.

Die allgemeine Meinung zum Projekt ist bisher durchweg positiv. In Bezug auf die Befragungen und die aktuellen Literaturrecherche werden die richtigen Schwerpunkte in der Planung beachtet. Umfragen zur Lebensqualität von ALS- und Locked-In-Patienten ergaben einen höheren Wunsch nach Mobilität, Autonomie und vor allem sozialer Interaktionsmöglichkeiten [2]. Durch die geplanten Komponenten zur Eyetracking-Steuerung des Rollstuhls, dem Einsatz eines Greifarms und einer Sprachausgabe sind diese Wünsche mit einem einzigen System erfüllbar. Im Vergleich zum geplanten Projekt gibt es bereits viele Teillösungen auf dem Markt, welche von Krankenkassen unterstützt werden. Die Synthese zum Einsatz im täglichen Leben wird deshalb in diesem Projekt fokussiert.

Es wurden zudem wichtige Herausforderungen in der Mensch-Maschinen-Kollaboration aufgedeckt. So muss zum Beispiel die Individualität des Menschen sehr genau betrachtet werden. Jeder Krankheitsverlauf ist unterschiedlich. Rehabilitations- und Physiotherapieansätze müssen in die Planung einbezogen werden, sodass ein Einsatz des Rollstuhls nicht kontraproduktiv auf eine Genesung bzw. Verbesserung des Gesundheitszustands wirkt. Weiterführend müssen auf kognitive Beeinträchtigungen und Mehrfachbehinderungen eingegangen werden, da dies weitere Herausforderungen für das System birgt. Obwohl also klassische Robotikthemen zur Lösung des Problems eingesetzt werden, kann man die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit weiteren Fakultäten der Hochschule, sowie Industriepartnern und gemeinnützigen Organisationen nicht wegdenken.

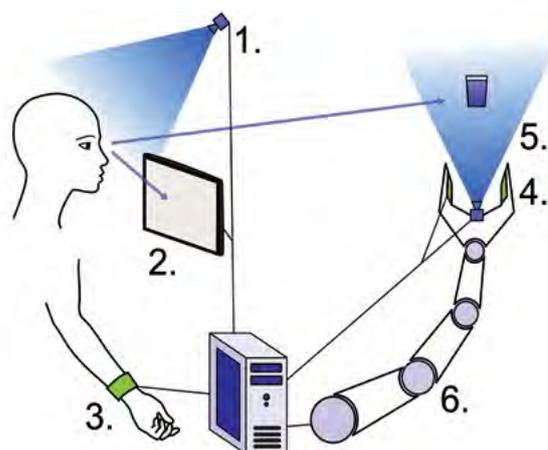


Abb. 3:
Systemfunktion -Komponenten:
1. Eyetracking, 2. Interface-Tool,
3. Wearable für sensorisches
Feedback, 4. Drucksensoren an
Greifarm, 5. Kamera zur Erkennung
von Objekten im Raum,
6. Greifarm zur Interaktion mit
Objekten

Es folgt eine Beschreibung des geplanten Setups, Technologien und deren Nutzen im Projekt. Locked-In Patienten sind durch ihre körperlichen Einschränkungen auf ein System angewiesen, das ohne den Einsatz von Händen oder der Zunge gesteuert werden kann. Dementsprechend wird in diesem Projekt auf das Eyetracking (Abbildung 3,1) zurückgegriffen. Aufgaben des täglichen Lebens, wie das Abwehren einer Wespe oder das Herausmanövrieren des Rollstuhls aus Sackgassen, stellen aktuelle Herausforderungen für Betroffene dar, die in handelsüblichen Systemen bisher kaum berücksichtigt werden. Dementsprechend soll dies durch ein Interface zur Aktionsauswahl ermöglicht werden (Abbildung 3,2). Spezielle Aktionen, wie das Manövrieren des Rollstuhls, eine Sprachausgabe, das Anreichen von Getränken und Hilfe anfordern, sollen in Zukunft auswählbar sein. Anschließend sollen weitere priorisierte Anforderungen durch ausstehende Befragungen von Betroffenen in die Entwicklung eingebunden werden. Die Prozesse werden durch KI (Künstliche Intelligenz: Machine Learning-Methoden) in den unterschiedlichen Situationen unterstützt.

Zudem wird der elektrische Rollstuhl mit einem Greifarm (Abbildung 3,6) erweitert, sodass Objekte autonom gegriffen und mit ihnen interagiert werden kann. Durch Bildverarbeitung wird es möglich, die Blickrichtung des Nutzers zu bestimmen und dadurch Objekte sicher im Raum zu lokalisieren. Eine weitere Einsatzmöglichkeit für die KI stellt das graduelle Lernen von Alltagssituationen dar. Dadurch soll die KI an die individuellen Tagesabläufe der Nutzer angepasst und Aktionen schneller und präziser durchgeführt werden.

Da die Augen zur Steuerung des Systems benötigt werden, kann kein visuelles Feedback in Gefahrensituationen oder zur Bestätigung von Aktionen gegeben werden. Dementsprechend werden Tests mit künstlichem taktilem Feedback (Abbildung 3,3) durchgeführt, um den Lernerfolg und die Akzeptanz des Systems zu steigern. Im Laufe des Sommersemesters 2021 soll ein erster Prototyp für ein vibrotaktiler Feedback-System entwickelt werden. Es arbeitet mit Drucksensoren am Greifer (Abbildung 3,4) und soll ein erfolgreiches Greifen sowie die Bestätigung von Aktionen anzeigen.

Existierende Teillösungen sollen im Rahmen des Projekts miteinander verknüpft werden, sodass eine effiziente Lösung für die Nutzer entsteht.

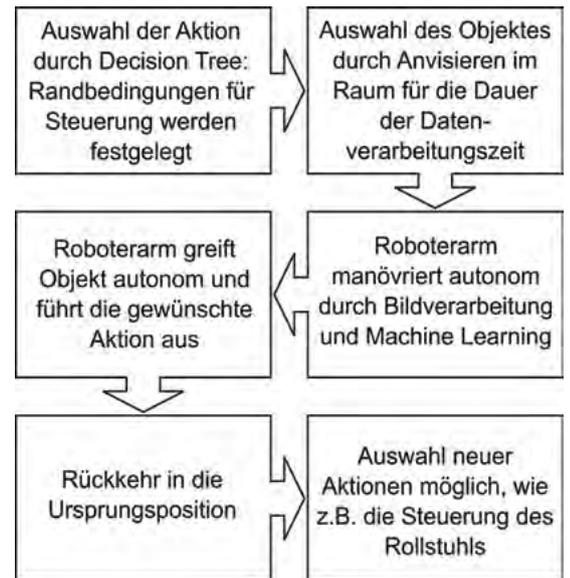


Abb. 4: Zusammenarbeit der Teilkomponenten im geplanten Vorgehen am Beispiel eines Greifprozesses

Referenzen/References:
 [1] Lui, A. J. and Byl, N. N. 2009. A systematic review of the effect of moderate intensity exercise on function and disease progression in amyotrophic lateral sclerosis. *Journal of neurologic physical therapy* : JNPT 33, 2, 68–87
 [2] Lulé, D., Häcker, S., Ludolph, A., Birbaumer, N., and Kübler, A. 2008. Depression und Lebensqualität bei Patienten mit amyotropher Lateralsklerose. *Deutsches Arzteblatt international* 105, 23, 397–403
 [3] Strubreither, W., Neikes, M., Stirmimann, D., Eisenhuth, J., Schulz, B., and Lude, P. 2015. *Klinische Psychologie bei Querschnittlähmung*. Springer Vienna, Vienna

AUTOREN	
	Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt Fakultät B + W, Ltg. Labor Work Life Robotics und 3D-gedruckte Elektronik, Forschung im Bereich Robotik, 3D-gedruckte Elektronik und Funktechnologien thomas.wendt@hs-offenburg.de
	Anke Fischer M.Sc. Akademische Mitarbeiterin Fakultät B+W, Labor Work Life Robotics, Projektleitung Assisted Living anke.fischer@hs-offenburg.de
<p>Prof. Dr. rer. oec. Andrea Müller: Studiendekanin MBA-Studiengang Dig. Management / E-Commerce (Black Forest Business School), Wissenschaftl. Ltg. Labor Customer Experience Tracking, andrea.mueller@hs-offenburg.de</p> <p>Prof. Dr. Sportwiss Steffen Willwacher: Labor Biomechanik, Forschung im Bereich Biomechanik, Sportwissenschaft, steffen.willwacher@hs-offenburg.de</p> <p>Philipp Gawron M.Eng.: Akad. MA., Lab. Work Life Robotics, Lab. 3D-gedruckte Elektronik, PL Energy Harvesting philipp.gawron@hs-offenburg.de</p> <p>Nikolai Hangst M.Eng.: Akad. MA.Fakultät B+W, Labor Work Life Robotics, Labor 3D-gedruckte Elektronik, Projektleiter 3D-gedruckte Sensorik, techn. Projektleiter O'Barro, nikolai.hangst@hs-offenburg.de</p> <p>Lukas Stiglmeier B.Eng.: Akad. MA.Fakultät B+W, Verantwortlicher Labor Work Life Robotics, Verantwortlicher Labor 3D-gedruckte Elektronik, lukas.stiglmeier@hs-offenburg.de</p> <p>Björn Teufel B. cand. B.A.: Stud. Hilfskraft, Teilprojektleitung Flitzmo-Marketing, flitzmo@hs-offenburg.de</p>	

Jederzeit den Blick für das Wesentliche: VR-/ AR-/ MR-Technologien

Prof. Dr.-Ing. Steffen Rietz, Dipl.-Ing. Falk Steinhoff

VR, Virtual Reality ist inzwischen eine gereifte und akzeptierte Technologie. Die stetige Weiterentwicklung hat AR (Augmented Reality) und MR (Mixed Reality) hervorgebracht. Mit der Arbeit unter Pandemiebedingungen haben sich der VR/ AR/ MR viele neue Einsatzfelder erschlossen. Dadurch wird aus dem einst innovativen und experimentellen Ansatz ein anerkannter Problemlöser im betrieblichen Alltag und eine Investitionsüberlegung auch für Klein- und mittelständische Unternehmen.

VR, Virtual Reality is now a mature and accepted technology. The continuous development and improvement has brought AR (Augmented Reality) and MR (Mixed Reality). Working under pandemic conditions, VR/ AR/ MR have gained many new business fields of application. As a result, what was once an innovative and experimental approach has become a recognized problem solver in daily operational business and an investment case for small and medium-sized companies as well.

2020 war in vielerlei Hinsicht ein besonderes Jahr und es hat auch unseren Blick auf IT-Tools deutlich und nachhaltig geprägt. Neue Arbeitsumgebungen für das Homeoffice und die Telearbeit¹ sind in den Mittelpunkt gerückt. Schulen haben sich IT-basierte Lernumgebungen geschaffen. Unternehmen haben Webmeeting- und Conferencingtools, d. h. neue IT-Lösungen für Information, Kommunikation, Dokumentation und Kollaboration mit erweitertem Funktionsumfang und höherer Implementierungstiefe bereitgestellt. Darüber hinaus wird im Rahmen zahlreicher Digitalisierungsprogramme in Unternehmen die benutzerspezifische Entwicklung von konfigurierbaren Softwarewerkzeugen mittels Low-Code-Plattformen vorangetrieben.

Die pandemiebedingten Einschränkungen haben zusätzlich die Erkenntnis gestärkt, dass IT-basierte Soziale Netzwerke die real existierenden 'analogen' sozialen Netzwerke nicht ersetzen können. Der soziale Kontakt fehlt. Zahlreiche registrierte „Freunde“ und Follower können wirkliche Freunde und den persönlichen Kontakt zu Arbeitskollegen nicht ersetzen.

In den Phasen der punktuellen oder weitreichenden Betriebsstättenschließung durch Kurzarbeit, Zwangsurlaub und Homeoffice ist es umso wichtiger, sich aus der Entfernung den

Blick für das Wesentliche zu bewahren. Das ist einerseits eine Frage der Sensibilität für die Situation, bei der entsprechende Methoden aus dem Managementbereich, das Relevante zu fokussieren, zum Tragen kommen. Andererseits ist es auch eine Frage der richtigen Hilfsmittel, d. h. durch Auswahl, Einsatz und Kombination der richtigen Technologien, den Begriff der 'Sichtbarkeit' künstlich sehr fein zu skalieren.

Auch nach der Corona-Pandemie werden Mitarbeitende regelmäßig, wenn auch nicht dauerhaft, räumlich vom bevorzugten Erfüllungsort ihrer Arbeitsaufgabe entfernt sein. Die neuen und deutlich professionalisierten Arbeitsweisen werden die Pandemie in weiten Bereichen überdauern. So gibt es z. B. bei Siemens, Knorr-Bremse, Adidas u. a. betriebliche Regelungen, die auch nach der Corona-Pandemie 20-40 % Homeoffice, Telearbeit und mobiles Arbeiten ermöglichen. (Der inzwischen signifikante Leerstand innerstädtischer Bürofläche ist Indiz dafür, dass auch kleinere Unternehmen, Dienstleister und Handelsgesellschaften ähnliche Wege bestreiten.) In diesen neuen Arbeitsweisen fällt neben der intensiveren Nutzung von Computern, Laptops, Tablets und Smartphones vor allem die verstärkte Nutzung von Brillensystemen auf. Dabei sind die in nachfolgender Übersicht dargestellten Grundprinzipien zu unterscheiden.

¹ Die Begriffe Homeoffice und Telearbeit werden umgangssprachlich häufig synonym verwendet, unterscheiden sich wirtschaftlich und rechtlich aber deutlich. In diesem Beitrag sollen die technische Ausstattung und organisatorische Anbindung im Mittelpunkt stehen, sodass die weitere Unterscheidung – zumindest in diesem Kontext – vernachlässigt wird.

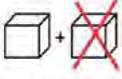
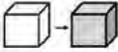
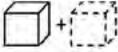
Partielle Realitätsreduktion (Ungewolltes rausfiltern)	Partielle Realitätsfokussierung (Wesentliches Betonen)	Partielle Realitätserweiterung (Nichtvorhandenes erzeugen)
		
<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Schutzbrillen <ul style="list-style-type: none"> ○ Sonnenbrille (UV-Filter) ○ Schweißbrille (Filter für Infrarot- und Ultraviolettstrahlung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Klassische Sehhilfe (Kurz- oder Weitsichtigkeit) • Videobrillen (Überbrückung räumlicher Distanz) • Infrarotbrille (Temperaturunterschiede sichtbar machen) • Nachtsichtgeräte (Restlichtverstärkung) • Laserbrille (Erkennung von Laserstrahlen) 	<ul style="list-style-type: none"> • VR (Virtual Reality = virtuelle Realität) • AR (Augmented Reality = erweiterte Realität) • MR (Mixed Reality = Kombination aus Realität und Virtualität)
→ einen Teil der Realität herausfiltern (i.d.R. als Schutzfunktion)	→ einen Teil der Realität verstärken und fokussieren (Sichtspektrum vergrößern)	→ die Realität punktuell ergänzen oder gänzlich ersetzen durch virtuell erzeugte Objekte

Abb. 1: Brillensysteme - Grundprinzipien und Beispieltechnologien, die den Blick auf das Wesentliche lenken helfen

Die Nutzung webbasierter Kommunikationsplattformen zur Sprachübertragung (Telefonie) und kombinierter Sprach-/Bildübertragung (Videokonferenzen) ist seit vielen Jahren gelebte Praxis (z. B. MS Communicator, Circuit, Skype u. a.). Diese wurden seit Pandemiebeginn durch die sprunghaft verstärkte Arbeitszeit im Homeoffice ergänzt und vielerorts auch durch IT-Umgebungen mit deutlichen Feature-Erweiterungen ersetzt. Ermöglicht die Anwendung von Kommunikationsplattformen über den Audiokanal und zugeschalteter Webcam ein einfaches Substitut bekannter Besprechungen von Projektgruppen und Abteilungen bis hin zu Großveranstaltungen von bis zu 1000 Teilnehmenden (z. B. über MSTeams oder Zoom), so kann es ein immersives Erlebnis nicht ersetzen.

Ein deutlicher Schub kam ergänzend von VR-, AR- und MR-Technologien, die das unternehmerische Experimentierstadium zunehmend verlassen. Neben der Bereitstellung immer leistungsfähigerer Softwarelösungen für Tablets und Smartphones etabliert sich neue Hardware für unterschiedliche Anwendungsfälle – Brillensysteme, HMDs (Head-Mounted-Displays, kopfgetragene Anzeigen), Headsets bis hin zu VR-Helmen. Bevorzugte Anwendungsfälle für die VR-/AR-Funktionen sind Remote Assistance und situationsgerechte Handlungsanweisungen durch die Schaffung mehrerer Ebenen für den Wissenstransfer. Das Anwendungsspektrum erweitert sich stetig. Was lange Technology Cases waren, sind heute Business Cases.

Produktabnahmen und Instandhaltungsarbeiten können mit einer geeigneten Kombination aus Video- bzw. Datenbrille und Software remote durchgeführt bzw. unterstützt werden. Es ist nicht mehr notwendig, die benötigten Fachexperten vor Ort einzusetzen. Die Siemens Mobility GmbH hat bereits im letzten Jahr vier

Lokomotiven vom Typ Vectron mit dem Kunden SBB Cargo International mit dem Einsatz von Datenbrillen remote abgenommen. [1] Weitere digitale Abnahmen sind bereits geplant.

Vorteile beim Einsatz von Datenbrillen:

- Steigerung der Produktivität durch
 - erhöhte Expertenverfügbarkeit durch schnellen Zugriff auf Backoffice-Ressourcen und Support
 - kürzere Service-Ausfallzeiten durch kollaboratives und paralleles Ausführen von Tätigkeiten
 - Bereitstellung von multidisziplinärem Experten-Support ohne Reiseaufwand
- Optimierte Lifecycle Kosten durch
 - Personelle Verschlanung – Nutzung von Fachwissen auf Abruf
 - Hohe Servicequalität mit vielfältigen Serviceangeboten
 - Optimierte Geräteleistung durch OEM-Betriebserfahrung
- Gesteigerte Nachhaltigkeit durch
 - Reduzierte Reisetätigkeiten (zeitlich, finanziell) und Optimierung des CO₂-Fußabdrucks
 - Frühzeitige Adaption modernster digitaler Technologie für den digitalen Fußabdruck
- Risikoreduzierung durch
 - Einhaltung des Industrie-Cybersicherheitsstandards
 - Kompetenz des OEMs zu jeder Zeit



Abb. 2: Dank Datenbrille auf die Schiene: Die auf der Datenbrille installierte Software ermöglicht das Teilen von Informationen durch Übermittlung von Daten in einer Videokonferenz-Umgebung.

Eine noch stärkere Einbeziehung kann mit dem Einsatz von VR-/ AR-Lösungen in Kombination mit speziellem VR-/ AR-Equipment erreicht werden. Dabei wird entweder eine digitale Ebene der physischen Welt überlagert, die virtuelle Details in die physische, reale Umgebung integriert und so das Erleben der physischen Welt erweitert (= Augmented Reality). Das kann mit den i.d.R. verfügbaren Laptops, Tablets oder Smartphones umgesetzt werden, aber auch mit Smart Glasses und anderen HMDs. Oder es wird eine interaktive, vollständig digitale Umgebung geschaffen, die ein vollständig geschlossenes, synthetisches Erlebnis mit visuellem und auditivem Feedback ermöglicht, die durch die Verwendung eines HMD erlebt wird (= Virtual Reality).

VR/ AR ist in der Lage, aktuell bestehende Prozesse neu zu definieren und die gesamte Wertschöpfungskette zu verändern. Es lassen sich folgende übergeordnete Anwendungsgebiete unterscheiden – mindestens, da fortlaufend neue Anwendungsfälle entstehen.

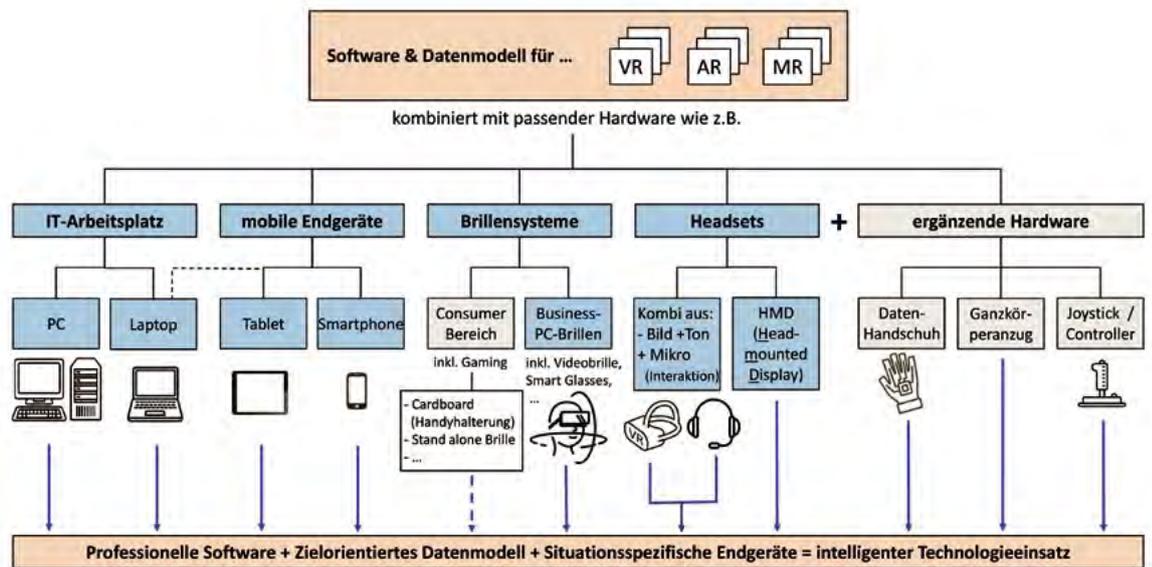
- **Design, Fertigung und Montage:** Modellieren und Testen einer Entwicklungslösung vor deren Umsetzung, Digitales Erleben eines Konstruktionsentwurfs.
So lassen sich Komponenten, Module, Produkte und ganze Anlagen präsentieren und simulieren. Das beginnt mit Einbau- und Raumuntersuchungen, umfasst auch die Prüfung der Montagefähigkeit und Kompatibilität bei Baukastensystemen und hoher Variantenvielfalt im Produktspektrum, bis hin zu Performanceuntersuchungen und Belastungstests in Extremsituationen zur Identifikation konstruktiver Schwachstellen vor der (Serien-) Fertigung. Auch Infrastrukturprojekte können im Vorfeld virtuell begangen und dabei funktional und ästhetisch bewertet werden. Für Entscheider und Investoren sind das oft ebenso wichtige Kriterien, wie die Belastungstests und Sicherheitsaspekte in den Händen der ausführenden Fachkräfte.
- **Alle Facetten der Instandhaltung:** Jede Tätigkeit im Rahmen einer Inspektion, Wartung, Instandsetzung oder Verbesserung (ausgenommen die Sonderfälle von Embedded Systems und Fernwartung) bedeutet, dass ein Instandhalter an technischen Systemen aktiv wird. Zum Einsatz kommen häufig Echtzeit-Visualisierungen und -Informationen in Form von digitalen Handbüchern oder Referenzvideos. Ggf. wird auf Teilekataloge und Lagerbestände zugegriffen inkl. dem Variantenvergleich alternativer

Lösungsmöglichkeiten. Wachsende Bedeutung hat die interdisziplinäre Hinzuziehung weiteren Expertenwissens – remote, orts- und zeitunabhängig. Zeit-, Kosten- und Qualitätspotenziale werden gleichzeitig erschlossen.

- **Überwachungs- und Qualitätssicherungsmaßnahmen:** Zyklische oder permanente Überwachung durch Informationen und deren Visualisierung (analog der Instandhaltung). Dabei können auch spezifische Komponenten, Funktionen und Echtzeitdaten hinter physikalischen Barrieren dargestellt und der realen Umgebung überlagert werden, die sonst nicht sichtbar wären (z. B. Maschinen- und Betriebsdaten einer Werkzeugmaschine während ihres Einsatzes).
- **Immersives Training & Kollaboration:** Eintauchen von Mitarbeitern in eine Umgebung, um die Handlungsabläufe und Entscheidungsfindung, z. B. als Maschinenbediener in einer sicheren und/oder digital geführten Umgebung zu trainieren. Interaktive Arbeits- und Trainingssitzungen mit mehreren Mitarbeitern werden über eine große räumliche Distanz hinweg ohne Fokusverlust durchführbar. So lässt sich z. B. die HoloLens 2 in Kombination mit Spatial.io nutzen, um mit mehreren Teilnehmern gemeinsam einen Arbeitsworkshop durchzuführen (Abbildung 3).



Abb. 3:
Ein virtueller Arbeitsworkshop mit HoloLens und Spatial.io.
(Bildquelle2/3: Siemens Mobility GmbH)



* Die hohe Varianz in der Begrifflichkeit (basierend auf mehrsprachigem und anbieterspezifischem Vokabular) ist schwer zu vereinheitlichen

Abb. 4:

Die Technologieentstehung war einst begleitet von der VR-Brille. Die Schnittstelle der Technologie zum Anwender ist heute sehr vielfältig gestaltbar.

- Emotionen in Marketing & Vertrieb: Produkte werden über ihre Funktionalität und ihren Mehrwert, ihren Preis oder über Emotionen verkauft. Lange bekannt sind VR-unterstützte Verkaufsgespräche z. B. von Häusern oder Einbauküchen. Kunden erwarten eine detailgetreue und realistische Präsentation ihrer Lösung – mindestens vor deren Realisierung, oft sogar vor der Beauftragung. Branchenübergreifend sind inzwischen viele Akquisegespräche, besonders im höherpreisigen Bereich, B2C und B2B gleichermaßen, VR-unterstützt. Zielgruppe sind nicht nur Kunden mit schlechtem räumlichem Vorstellungsvermögen, sondern jeder potenzielle Kunde. VR-Unterstützung schafft neben dem funktionalen Mehrwert einen emotionalen Zugang zu Systemen und Prozessen.

Generell sind neben dem erweiterten Funktionsumfang als Treiber für den Einsatz von VR-/ AR-Technologien Potenziale zu Sicherheits-, sowie Produktivitäts- und Effizienzsteigerung zu nennen. [2] Über die stetig steigende Zahl der Einsatzmöglichkeiten und die parallele Kostensenkung der notwendigen Hard- und Software sind VR-/AR-/MR-Technologien inzwischen nicht mehr technologieorientierten Konzernen vorbehalten. Auch für Mittelständler und Kleinunternehmen entstehen Investitionsszenarien, die von der Optimierung und Erweiterung ihres Geschäftsmodells bis zur Qualitäts- und Effizienzsteigerung in Projektsitzungen reichen.

Referenzen/References:

[1] Siemens Mobility GmbH „Dank Datenbrille auf die Schiene“, <https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/stories/dank-datenbrille-auf-die-schiene.html>

[2] Capgemini Research Institute, “Augmented and Virtual Reality in Operations” Capgemini, 2018

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Steffen Rietz
Fakultät B+W, Studiendekan für das MBA-Programm General Management
steffen.rietz@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. Falk Steinhoff
Fakultät B+W, Honorar-dozent und Forschungspartner, Senior Lean Expert Siemens Mobility GmbH
falk.steinhoff@siemens.com

Entwicklung eines digitalen, echtzeitfähigen Fabrikmodells

Michael Schlecht M.Eng., Tim Harder M.A., Prof. Dr.-Ing. Jürgen Köbler

Der digitale Zwilling dringt immer tiefer in den Fokus von Produktionsunternehmen vor und wird als zukünftige Schlüsseltechnologie in der Produktion betrachtet [1]. Er ist fester Bestandteil der Digitalisierung in der Produktion im Bereich der KMU. In diesem Kontext forscht die Hochschule Offenburg an der Entwicklung eines flexiblen Referenzmodells. Ziel ist der Einsatz des digitalen Zwillings für die Planung und Optimierung von Produktions- und Logistiksystemen.

The digital twin is penetrating ever deeper into the focus of production companies and is viewed as one of the future key technologies in production [1]. VW is planning a digital twin in the cloud together with Amazon in order to digitally plan and optimize all production locations worldwide [2]. The digital twin is also an integral part of digitization in production in the SME sector. In this context, the Offenburg University is researching the development of a flexible reference model. The aim is to use the digital twin for planning and optimizing production and logistics systems.

Einführung

Die voranschreitende Digitalisierung ermöglicht Unternehmen neue Formen der Optimierung und Verbesserung. Insbesondere digitale Technologien verändern etablierte Geschäftsmodelle und sind wiederum die Grundlage gänzlich neuer Geschäftsmodelle [3]. Der digitale Zwilling ermöglicht die Generierung digitaler Modelle für die Simulation von Produktion und Logistik nahezu auf Knopfdruck. Diese Modelle sind dann die Grundlage für die Planung und Optimierung von statischen Materialflüssen und Fabriklayouts sowie der dynamischen Prozesse und zeitlichen Organisation.

An dieser Stelle setzt das Forschungsprojekt VIRTFac an, an welchem die Hochschule Offenburg neben dem INSA Straßburg und der Universität Straßburg maßgeblich beteiligt ist. Gefördert mit einem Gesamtbudget von einer Million Euro durch die europäische Gemeinschaftsinitiative Interreg und der Wissenschaftsoffensive am Oberrhein und in Zusammenarbeit mit zwei assoziierten Instituten und elf Firmen entwickelt das Konsortium eine webbasierte Plattform für virtuelle Fabriken. Dabei wirft das Ziel, Firmen ein kostengünstiges Tool zur Planung und Optimierung zur Verfügung zu stellen, drei Forschungsfragen auf. Diese Fragen betreffen die Prozesse der automatisierten Datenerfassung, der Modellgenerierung und Simulation sowie der Optimierung durch den digitalen Zwilling.

Der Forschungsschwerpunkt der Hochschule Offenburg ist die Entwicklung eines generischen, flexiblen Referenzmodells für die Planung und Optimierung von Produktions- und Logistiksystemen. Das Referenzmodell organisiert die betrieblichen Informationssysteme und die digitalen Planungstools in einem digitalen Zwilling. Kern des Zwillings ist ein Datenmodell, das die Daten aus den betrieblichen Informationssystemen strukturiert und in einer Datenbank verwaltet. Ein datengetriebener Ansatz generiert digitale Fabrikmodelle für Planung und Optimierung in den Planungstools.

Methodik

Der digitale Zwilling entsteht durch die Integration von betrieblichen Informationssystemen, der Datenbank und den digitalen Fabrikplanungstools. Abbildung 1 zeigt die angestrebte Systemlandschaft. Die Implementierung der Systeme erfolgt in einer Datenbank. Daten werden mittels Datenbankabfragen direkt zwischen den Quellsystemen und der Datenbank ausgetauscht. Dabei sind das Datenmodell und die Datenbank das Herz des digitalen Zwillings. Automatisierte Modellierung erzeugt aus den gespeicherten Daten digitale Modelle in den Fabrikplanungstools.

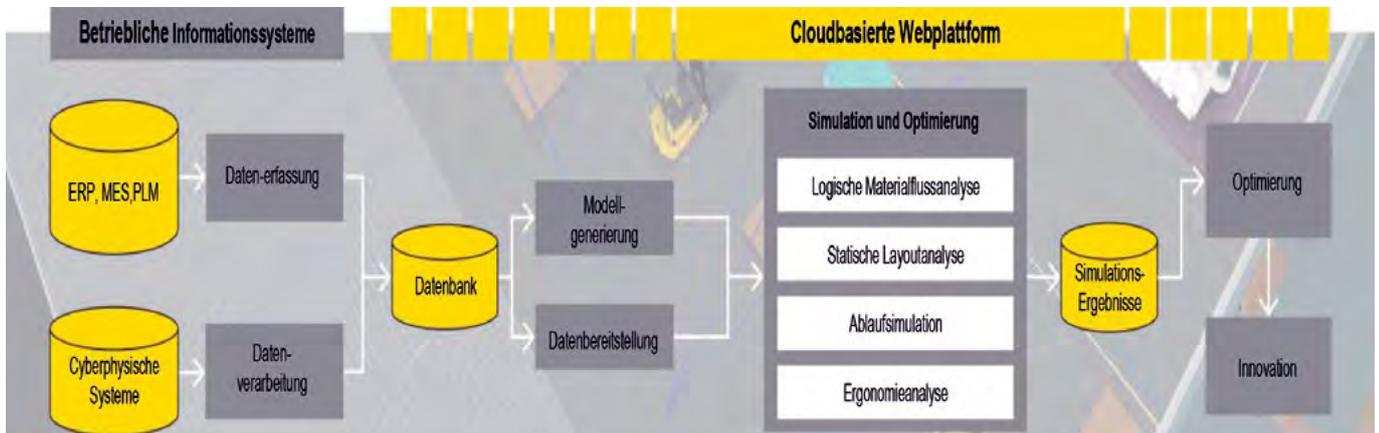


Abb. 1:
Integrierte Plattform
für Forschung, Lehre
und Service

Für Visualisierung, Analyse und Optimierung von Produktionssystemen beinhaltet die Methodik die digitalen Analyse- und Simulationstools visTABLE und Plant Simulation. Fokus von visTABLE liegt auf der statischen Analyse von Layouts und Materialflüssen. Ziel ist die Reduktion von Transportwegen und Transporthäufigkeiten durch die Verbesserung von Fabriklayouts und Behältersystemen. Plant Simulation ist das eingesetzte Werkzeug für die dynamische Simulation von Produktion und Logistik. Der Fokus liegt auf der Verbesserung des zeitlichen Ablaufs von Produktion und Logistik, z. B. durch die Optimierung der Austaktung. Beide Domänen erfordern automatisiert erzeugte Modelle, die geeignet sind, den realen Fabrikbetrieb mit ausreichender Genauigkeit abzubilden.

Die erforderlichen Daten stammen aus den Quellsystemen von Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Namentlich sind das PLM mit der Sicht der Konstruktion, ERP mit den Sichten der Auftrags- und Bestandsplanung sowie MES mit der Sicht der Produktion. Die strukturierte Erfassung, Speicherung und Verknüpfung von Daten aus teilweise noch isolierten Inputsystemen erzeugt den Gesamtkontext des Produktionssystems und macht die Daten im digitalen Zwilling verfügbar. Die Überführung des digitalen Zwillings der Datenbank in die digitalen Planungstools erzeugt vom Menschen interpretierbare und für die Optimierung geeignete Simulationsmodelle.

Als Output ist die Implementierung des Referenzmodells in einer frei verfügbaren Webplattform vorgesehen. Insbesondere bei Unternehmen im Bereich der KMU sind Expertise in

der Simulation sowie Ressourcen in Form von Zeit und Software nur eingeschränkt vorhanden. Eine Randbedingung für die Implementierung ist deshalb der bevorzugte Einsatz von Open-Source Lösungen. KMUs sind in der Lage die Webplattform einzusetzen, um ihre Produktions- und Logistiksysteme mit neuen, digitalen Technologien auszuwerten und Optimierungsansätze zu erhalten.

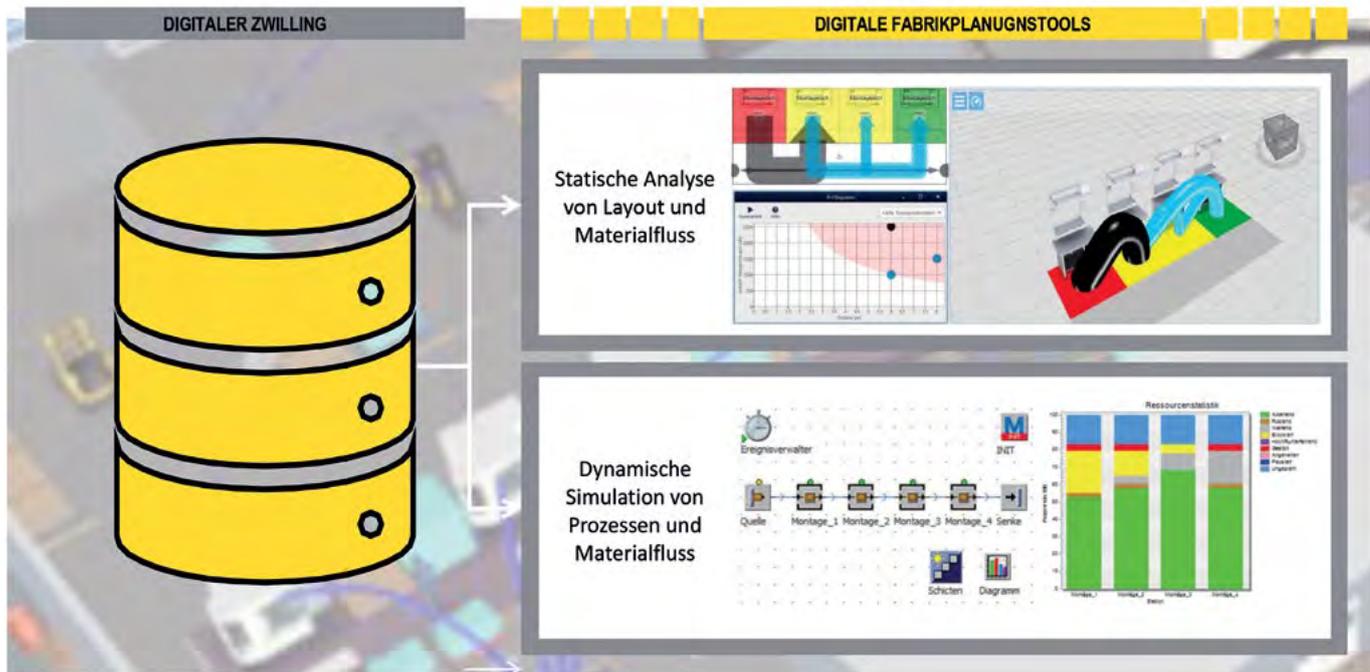
Demonstrator

Die Implementierung der Methodik findet gegenwärtig in einem Demonstrator statt, der zurzeit jedoch nur offline verfügbar ist. Der Demonstrator umfasst die Datenakquise aus dem ERP-System SIVAS. Eine im BI-Tool KNIME entworfene Methodik erfasst, verdichtet und verwaltet die Daten des digitalen Zwillings in einer SQLite-Datenbank. Ebenfalls aus der SQLite-Datenbank stellt die Methodik Simulationsdaten für die datengetriebene Modellgenerierung in den digitalen Fabrikplanungstools wie visTABLE und Plant Simulation bereit.

Das Ergebnis sind experimentierbare Simulationsmodelle in den beiden Fabrikplanungstools. Abbildung 2 zeigt links schematisch die Datenbank des Zwillings und rechts die erzeugten Modelle in visTABLE und Plant Simulation. Das dargestellte Fallbeispiel entspricht einem Validierungsszenario mit Anlehnung an die Scooter-Montage im Labor Lean Manufacturing. Erzeugte Modelle und Simulationsergebnisse können simulationsfremde Experten zur Analyse und Optimierung heranziehen.

Referenzen/References:

- [1] Gartner, Inc., „Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2019“, Gartner. //www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2019/ (zugegriffen Okt. 13, 2020)
- [2] „Volkswagen and Amazon Web Services to develop Industrial Cloud“. <https://www.volkswagenag.com/en/news/2019/03/volkswagen-and-amazon-web-services-to-develop-industrial-cloud.html> (zugegriffen Jan. 18, 2021)
- [3] Hochschule Offenburg u. a., „Industrie 4.0 - Der Weg zu einem digitalisierten Produktionsunternehmen“, I40M, Bd. 2020, Nr. 3, S. 57–60, Juni 2020, doi: 10.30844/I40M_20-3_S57-60



Der gegenwärtige Stand des Demonstrators entspricht einem Prototyp. Dieser wurde in Teilprojekten verwirklicht und umfasst aktuell die Datenbank, die Schnittstellen zum ERP-System SIVAS und den Fabrikplanungstools sowie die Modellgenerierung. Nächste Schritte umfassen die Implementierung der Schnittstellen zu PLM- und MES-Systemen zur Erfassung weiterer Simulationsdaten. Beispiele für weitere Daten sind CAD-Daten und Störverhalten von Anlagen. Fehlende Daten wurden im Prototyp direkt in der Datenbank angelegt. Weiter folgt die Integration der Teilprojekte zu einer durchgängigen Methodik. Der Prototyp validiert die Forschungsidee und ist Basis für die weitere Forschung.

Technologien aus diesen Bereichen können eingesetzt werden, um Simulationsparameter zu untersuchen und fehlende Größen zu prognostizieren. So kann die Simulation künftig nicht nur auf Basis von Plandaten stattfinden, sondern kann historische Werte heranziehen und so die Qualität der Simulationsergebnisse verbessern. Weiter können durch künstliche Intelligenz Zusammenhänge von Simulationsparametern und Simulationsergebnissen erkannt und für Analyse und Optimierung von Produktion und Logistik herangezogen werden. Ziel ist es, dieses Wissen auf einer frei verfügbaren Webplattform zugänglich zu machen, und so die Simulation im Bereich der KMU besser zu etablieren.

Abb. 2: Modelle des digitalen Zwillings

Ausblick

Gemeinsam mit den Projektpartnern INSA Straßburg und der Universität Straßburg ist die bereits genannte Weiterentwicklung des Demonstrators zu einem frei verfügbaren Webtool geplant. Weiter wird eine horizontale und vertikale Erweiterung angestrebt: horizontal durch Einbindung weiterer Quellsysteme wie PLM und MES, vertikal durch eine erweiterte Integration der Tools. Die automatisierte Durchführung von Experimentreihen in der Simulation erzeugt große Datenmengen. Durch die Rückführung der Simulationsergebnisse in die Datenbank stehen diese Daten für Auswertung durch die Tools der künstlichen Intelligenz bereit.

AUTOREN



Michael Schlecht M.Eng.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Labor Virtual Engineering, VIRTFac
michael.schlecht@hs-offenburg.de



Tim Harder M.A.
Projektmanager, Hochschule Offenburg,
Labor Virtual Engineering, VIRTFac
tim.harder@insa-strasbourg.fr



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Köbler
Professor an der Fakultät B+W,
Leiter des Labors Virtual Engineering,
VIRTFac
juergen.koebler@hs-offenburg.de

Koordination des Personalmanagements

Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann

In den meisten Unternehmen sind die Aufgaben des Personalmanagements auf eine zentrale Personalabteilung und dezentrale Fachabteilungen verteilt. Die dadurch entstehenden Interdependenzen erfordern eine Koordination zwischen den Beteiligten. Die Koordination wird umso wichtiger, je größer der Beitrag ist, den die Mitarbeiter für den Erfolg des Unternehmens leisten müssen. Im Forschungsprojekt wird untersucht, unter welchen Bedingungen welche Art der Koordination erfolgversprechend ist.

Competencies for personnel management are usually divided between a central personnel department and operative units. This leads to interdependencies which require coordination. The more relevant the corporations' employees are for the corporations' success, the more relevant is the coordination. In the research project favourable means of coordination are to be identified by taking alternative scenarios into consideration.

Fragestellung

Im Forschungsprojekt erarbeiten wir Empfehlungen zur organisatorischen Gestaltung des Personalmanagements. Wir schließen damit an eine laufende Diskussion an, die unter dem Eindruck neuer informationstechnischer Möglichkeiten in den 1990er Jahren begann. Hierbei wurden vielfältige und zum Teil durchaus radikale Organisationsvorschläge erarbeitet. Sie reichten von einem digital-gestützten Ausbau des stark zentralisierten Personalmanagements über eine verstärkte Dezentralisierung der Aktivitäten bis zur völligen Virtualisierung und Abschaffung der traditionellen Personalabteilung (vgl. etwa Daul 1990; Domsch/Gerpott 1992; Schirmer 2004; Watson 2007). Letzteres ist in der Praxis allerdings noch die Ausnahme geblieben. Bislang überwiegen Organisationen, die neben den sogenannten Fachabteilungen einen eigenständigen Personalbereich aufweisen. Die Gründe hierfür liegen vor allem in höherer Professionalität und reduzierten Betriebskosten (vgl. Krüger/v. Werder 1995, 16). Im Forschungsprojekt akzeptieren wir diesen Sachverhalt als Prämisse und beschäftigen uns mit der Frage, welche Zuständigkeitsverteilung zwischen Personalbereich und Fachabteilungen als geeignet einzustufen ist. Hierfür unterscheiden wir die Zuständigkeiten – wie allgemein üblich – in spezialisierungs- und koordinationsbezogenen Zuständigkeiten (vgl. nur Graumann 2020, 21 ff., 49 ff.).

Schirmer (2004, 1277 f.) und Domsch/Gerpott (1992, 1938 f.) haben nun darauf hingewiesen, dass die Verteilung spezialisierungsbezogener Zuständigkeiten auf Personalbereich und Fachabteilungen als variabel zu begreifen ist und für jede Aufgabe des Personalmanagements speziell bestimmt werden muss. Zu fragen ist, mit anderen Worten, welche Aufgaben nur vom Personalbereich, nur von den Fachabteilungen oder von beiden zugleich bearbeitet werden sollen. Diese Fragestellung wirkt eingängig, ist aber komplexer, als es auf den ersten Blick scheint, da die Vor- und Nachteile der drei organisatorischen Alternativen nur in Verbindung mit geeigneten Koordinationsmaßnahmen begründet werden können. Es gibt also nicht nur drei alternative Handlungsmöglichkeiten, sondern eine ganze Fülle davon. Darüber hinaus ist jede dieser Handlungsmöglichkeiten für alle Aufgaben des Personalmanagements in ihren Auswirkungen auf organisatorische Ziele zu prognostizieren und zu bewerten.

Um vor dem Hintergrund dieser Komplexität überhaupt zu einer handhabbaren Fragestellung zu gelangen, beschränkt sich die Untersuchung auf den Fall, dass sowohl der Personalbereich als auch die Fachabteilungen über Zuständigkeiten zur Bearbeitung von Aufgaben des Personalmanagements verfügen. Dies ist auch die interessanteste Konstellation, denn nicht umsonst gilt das Personalmanage-

ment als Querschnittsfunktion im Unternehmen (vgl. nur Wunderer/Arx 2002, 120). Damit sind die spezialisierungsbezogenen Zuständigkeiten vorgegeben, und die Frage nach der geeigneten Organisation des Personalmanagements lässt sich fokussieren auf die Frage nach der geeigneten Koordination von Personalbereich und Fachabteilungen.

Entscheidungstheoretische Grundstruktur

Da diese Frage nur mit einer Entscheidung für bzw. gegen bestimmte Koordinationsmaßnahmen beantwortet werden kann, muss für jede wissenschaftliche Untersuchung, die entscheidungsunterstützend ausgerichtet ist, die Grundstruktur der präskriptiven Entscheidungslehre das methodische Fundament bilden. Dies bedeutet aus methodischer Sicht aber nichts anderes, als dass die Untersuchung diese Grundstruktur organisationsspezifisch zu konkretisieren hat – ein bei organisatorischen Entscheidungen bekannter Sachverhalt (vgl. nur Graumann 2020, 14). Daraus folgen zwei Aufgaben für das Forschungsprojekt:

- Zunächst muss eine organisatorische Zielfunktion $H \times B \rightarrow Z$ konstruiert werden, mit der alle möglichen Kombinationen einer Menge organisatorischer Handlungsmöglichkeiten H und einer Bedingungsmenge B auf die Zielmenge Z abgebildet werden.
- Danach ist die Einführung einer Bewertungsfunktion $Z \rightarrow U$ erforderlich, die den Elementen der Zielmenge gewisse Nutzenwerte U zuordnet, um die Elemente der Handlungsmenge in eine Rangordnung zu bringen und eine nachvollziehbare Auswahl zu ermöglichen.

Im umfangreichen Schrifttum zur Organisation des Personalmanagements gibt es bislang keine Untersuchung, die beide Aufgaben in vollem Umfang bearbeitet. Der Grund liegt vermutlich darin, dass die Bearbeitung schon bei wenigen Handlungsmöglichkeiten und Bedingungen innerhalb der Zielfunktion zu einer hohen Komplexität der Thematisierung führt, die den Umfang eines Aufsatzes schnell sprengt. Aus diesem Grund konzentrieren sich die im Schrifttum bislang vorliegenden Arbeiten auf die Darstellung wichtiger Einzelaspekte.

Ein solches Vorgehen ist zwar legitim, es bleibt aber unbefriedigend, weil jede daraus resultierende Empfehlung unter einer verdeckten Selektivität – das heißt unter einer unvollständig thematisierten Ziel- und Bewertungsfunktion –

leidet. Aus diesem Grund wollen wir anders vorgehen und treten mit dem Anspruch an, den entscheidungstheoretischen Anforderungen voll zu genügen. Um die Komplexität in den Griff zu bekommen, orientieren wir uns streng an einer einzigen Organisationstheorie und bedienen uns der Unterscheidung von allgemeinen und besonderen Entscheidungsmodellen, der Denkfigur der rekursiven Modellierung sowie einer redundanzfreien Darstellungstechnik der Kombinationen von Handlungsmöglichkeiten und Bedingungen in der Zielfunktion. Auf diese Weise soll es gelingen, alle zentralen Einflussgrößen der hinzugezogenen Organisationstheorie zu berücksichtigen und ein Ergebnis auszuweisen, das Unternehmen zeigt, wie sie für Querschnittsaufgaben des Personalmanagements geeignete Koordinationsmaßnahmen identifizieren können.

Allgemeine und besondere Entscheidungsmodelle

Für die wissenschaftliche Unterstützung des Treffens von Entscheidungen hat es sich bewährt, die Aussagen zur Ziel- und Bewertungsfunktion in einem sogenannten ‚Entscheidungsmodell‘ zu integrieren und zwischen einem allgemeinen und einem besonderen Modell zu unterscheiden (vgl. Bretzke 1980, 10 f.; Watson/Buede 1987, 168 ff.):

- Das allgemeine Modell ist noch nicht auf die individuelle Situation der zu unterstützenden Entscheider zugeschnitten, um eine vorschnelle Einengung der Fragestellung und des damit verbundenen, als problemrelevant eingestuften Wissens zu vermeiden. Vielmehr dient die allgemeine Zielfunktion dazu, für eine Klasse ähnlicher Probleme die Lösung vorzustrukturieren und den Entscheidern hinsichtlich der Bewertungsfunktion alternative Präferenzmessverfahren und logische Schlussregeln zur Verfügung zu stellen. Dabei ist darauf zu achten, dass die innerhalb der allgemeinen Zielfunktion modellierten Bedingungs- und Handlungsmengen die individuellen Bedingungen und Handlungsalternativen der zu unterstützenden Entscheidungsträger umfassen und, dass die Elemente der allgemeinen Zielmenge bei den Entscheidungsträgern auf Akzeptanz stoßen.
- Sind diese Voraussetzungen erfüllt, erfolgt die Lösung eines individuellen Entscheidungsproblems in einem besonderen Entscheidungsmodell, in dem die Bedingungs-situation B eines individuellen Entscheiders bestimmt und unter die Bedingungs-menge

des allgemeinen Modells subsumiert wird. Jetzt kann für den Tupel, der dem Entscheider zur Verfügung stehenden Handlungsalternativen aus dem allgemeinen Modell, ein Tupel von Entscheidungsträger-individuellen Zielausprägungen für die alternativen Handlungsmöglichkeiten deduziert werden, formal: $(H_1, H_2, H_3, \dots, H_s) \rightarrow (Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_t)$ mit $s, t \in \mathbb{N}$ für jedes ausgewählte B . Ist des Weiteren bekannt, welches Präferenzmessverfahren und welche Schlussregel der Entscheidungsträger bevorzugt, kann nach Ermittlung seiner Präferenzen die optimale Handlungsalternative identifiziert werden.

Organisationstheoretischer Ausgangspunkt

Damit die formalen Bestandteile der Zielfunktionen des allgemeinen und besonderen Modells inhaltlich konkreter bestimmt werden können, ist die Auswahl einer Organisationstheorie erforderlich. Hier konkurrieren unterschiedlichste Ansätze miteinander, die beispielsweise in Kieser/Ebers (2019) und Williamson (1995) referiert werden. Sie lassen sich nach Frese (1992, 109 ff.) in Abhängigkeit der ihnen zugrunde gelegten Erkenntnisziele grob in zwei Gruppen gliedern: (a) in Theorien, die das Ziel haben, die Entstehung und Veränderung von Zuständigkeitsverteilungen zu erklären, und (b) in Theorien, die mit der Produktion technologischen Wissens darauf abzielen, durch geeignete Zuständigkeitsverteilungen, entweder (b1) die ökonomische Effizienz arbeitsteiliger Systeme zu verbessern, oder aber (b2) die Selbstentfaltung von in solchen Systemen arbeitenden Menschen zu unterstützen.

Da wir mit unserem Forschungsprojekt die Unternehmen bei der Bewältigung praktischer Probleme unterstützen wollen, entscheiden wir uns für Gruppe (b1), in der nun aber wiederum zahlreiche theoretische Alternativen zur Wahl stehen. Ohne anderen Ansätzen eine grundsätzliche Leistungsfähigkeit abzusprechen, ist hier für die Verwendung der Entscheidungsorientierten Organisationstheorie optiert worden. Sie wurde in ihren Grundzügen von March/Simon (1958) sowie von Cyert/March (1963) ausgearbeitet, von Thompson (1967) und Galbraith (1977; 1994; 2002) erweitert und im deutschen Sprachraum vor allem von Frese et al. (2019), Laux/Liermann (2005) und v. Werder (2008) fortentwickelt. Dieser Ansatz bietet sich für die Bearbeitung der Fragestellung an, weil er auf die entscheidungstheoretische Grundstruktur abgestimmt ist und die Generierung nachvollziehbarer technologischer Aussagen ermöglicht (vgl. auch Osterloh/Frost 2000, 489 ff.).

Entscheidungsorientierte Organisationstheorie

Das charakteristische Merkmal der Entscheidungsorientierten Organisationstheorie besteht darin, in die skizzierte entscheidungstheoretische Grundstruktur die Annahme der interpersonellen Arbeitsteilung nach Aufgabenarten (Spezialisierung) einzuführen, was sich mit dem in Unternehmen üblicherweise herrschenden „Rationalitätsdruck“ (Wiswede 2007, 27) begründen lässt. Die einzelnen Entscheidungen werden im Zuge des methodologischen Individualismus' auf einzelne Stelleninhaber zugerechnet und nicht auf Stelleninhaber-übergreifende Sozialsysteme, wie etwa Luhmann (2000) dies tut. Hierbei wird realistischere davon ausgegangen, dass die kognitiven Kapazitäten der Stelleninhaber begrenzt sind (vgl. nur Galbraith 2002, 6).

Vor diesem Hintergrund entsteht das Koordinationserfordernis, dass jede Spezialisierung Interdependenzen zwischen organisatorischen Einheiten (Stellen, Gruppen, Abteilungen) nach sich zieht (vgl. bereits Thompson 1967, 54 ff.). Diese Interdependenzen begründen bei den betroffenen Einheiten ein Prognoseproblem, was zu erhöhter Entscheidungsunsicherheit führt und eine tendenzielle Verschlechterung der Entscheidungsqualität bewirkt (siehe näher Frese et al. 2019, 88 ff.). Dies wiederum zieht negative ökonomische Auswirkungen nach sich, die man Interdependenzkosten nennen kann. Wenn nun gleiche spezialisierungsbezogene Zuständigkeiten an mehrere Abteilungen vergeben werden, wie das in der hier untersuchten Fragestellung der Fall ist, treten solche Interdependenzkosten unter zwei Voraussetzungen auf:

- Es kommt zu Konkurrenz zwischen den interdependenten Abteilungen oder aber
- zu einer mangelnden Ausnutzung möglicher Synergien (vgl. Graumann 2020, 44).

Ob und inwieweit dies zwischen Personalbereich und den Fachabteilungen vorliegt, ist im Forschungsprojekt zu prüfen. Hierfür wird die Konstruktion eines allgemeinen Entscheidungsmodells mit vollständiger Ziel- und Bewertungsfunktion erforderlich. Hierfür ist im Einzelnen zu klären, wie die organisatorische Spezifizierung der beiden Funktionen erfolgen soll. Obwohl diese Frage noch zu beantworten ist, lässt sich für die Zielfunktion $H \times B \rightarrow Z$ jetzt schon absehen, dass die Bedingungskomponente Begriff vermutlich als Eigenschaften der zu bearbeitenden Aufgaben des Personalmanagements spezifiziert werden wird, um An-

schluss an ein anerkanntes Vorgehen bei der organisatorischen Gestaltung herzustellen (vgl. etwa Ebers/Maurer/Graumann 2011, 182). Allerdings gibt es bei der Spezifizierung dieser Eigenschaften im Schrifttum immer wieder Unterschiede. So werden neben der Komplexität einer Aufgabe auch ihre Veränderlichkeit, die Häufigkeit ihres Auftretens, die Divergenz der Interessen sowie die Asymmetrie der Informationsstände von Stelleninhabern analysiert. Ob alle oder einige dieser Aufgabeneigenschaften im Forschungsprojekt berücksichtigt werden, steht noch nicht fest.

Offene Menge an Elementaraufgaben des Personalmanagements

Um Missverständnisse zu vermeiden, ist darauf hinzuweisen, dass die inhaltliche Bestimmung der vom Personalmanagement zu bearbeitenden Aufgaben offenbleibt, obwohl durchaus Überlegungen hinsichtlich der Koordinationsrelevanz von Aufgabeneigenschaften angestellt werden. Eine inhaltliche Bestimmung, welche Aufgaben konkret zu bearbeiten sind, darf im Forschungsprojekt nicht erfolgen, weil die Zerlegung einer Gesamtaufgabe in Teilaufgaben eine individuelle Entscheidung jedes Unternehmens bleibt (vgl. Laßmann 1992, 30 f.). Obwohl man also durchaus die Gesamtaufgabe „Personalmanagement“ grob in die Teilaufgaben wie „Personalauswahl“, „Personalverwaltung“, „Fortbildung“, „Freisetzung“ usw. gliedern kann, gibt es doch keinen eindeutigen Bestand an „Elementaraufgaben“, wie das noch Kosiol (1962, 48) vermutete. Teile der Personalauswahl und der Personalverwaltung können beispielsweise outsourcet werden, die Fortbildung kann unterschiedlich intensiv betrieben werden, und die Freisetzung mag gar kein Thema für ein bestimmtes Unternehmen sein. Die Elementaraufgaben des Personalmanagements eines bestimmten Unternehmens sind somit stets als Ergebnis einer bestimmten Aufgabenzerlegung zu begreifen, die auch anders hätte erfolgen können und in anderen Unternehmen vermutlich auch anders erfolgt. Aus diesem Grund kann das Ziel des Forschungsprojekts nur erreicht werden, indem für eine nicht abschließend definierte Menge möglicher Elementaraufgaben des Personalmanagements vorteilhafte Koordinationsmaßnahmen ausgewiesen werden.

Rekursive Modellierung

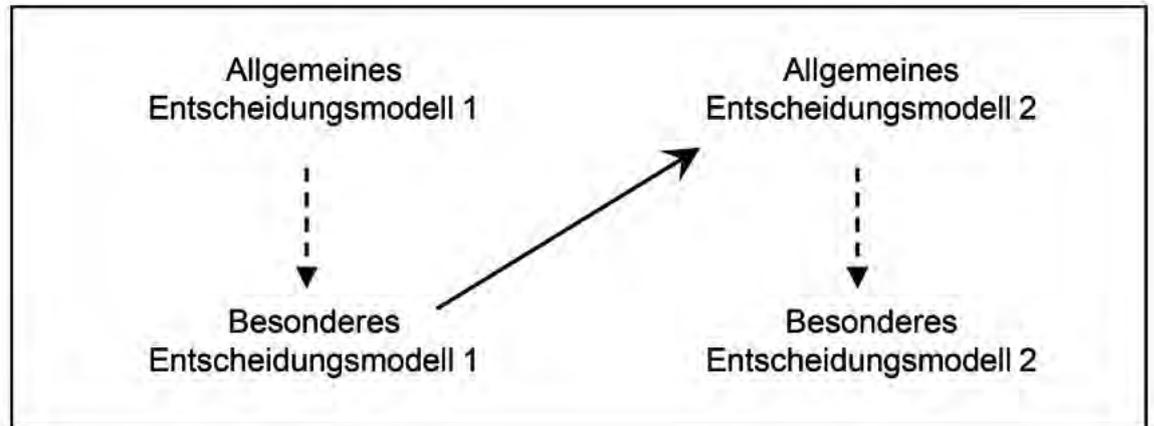
Für den Ausweis vorteilhafter Koordinationsmaßnahmen ist – wie oben ausgeführt – ein allgemeines Entscheidungsmodell erforder-

lich, unter dessen Bedingungskomponente ein Unternehmen seine individuell ermittelten Elementaraufgaben subsumieren kann. Erfolgt die Subsumtion, entsteht ein besonderes Entscheidungsmodell, das den erhofften Unterstützungsbeitrag für ein bestimmtes Unternehmen leistet, indem es die beste Koordinationsmaßnahme zeigt. Das ist der gewünschte Normalfall.

Es kann nun allerdings auch der Fall auftreten, dass das allgemeine Entscheidungsmodell für bestimmte Aufgabeneigenschaften keine geeignete Koordinationsvariante ausweist, weil sich aus wissenschaftlicher Sicht keine Argumente dafür finden. In diesem Fall ist zu prüfen, ob mittels rekursiver Modellierung eine geeignete Koordinationsmaßnahme ausgewiesen werden kann.

Die Denkfigur der Rekursion hat in der Entscheidungstheorie mittlerweile die Auffassung verdrängt, dass das Durchlaufen idealisierter Phasen des Entscheidungsprozesses am besten in einer starren Reihenfolge zu bewerkstelligen sei. Stattdessen wird nun dezidiert ein Vorgehen empfohlen, bei dem Output wieder zu Input werden kann: Subentscheidungen über die Existenz von Komponenten der Ziel- und Bewertungsfunktion sind zu allen Zeitpunkten im Entscheidungsprozess zulässig und dürfen bereits getroffene Subentscheidungen jederzeit revidieren – zum Beispiel wenn neue Informationen aufkommen (vgl. Keeney 1996, 268 ff.).

Wird in der Entscheidungstheorie die Idee der rekursiven Modellierung traditionell auf die Konstruktionsschritte innerhalb eines Entscheidungsmodells bezogen (vgl. noch einmal Keeney 1996, 268 ff.), soll sie hier auf die Beziehung zwischen Entscheidungsmodellen ausgedehnt werden: Den Unternehmen wird – wie in Abbildung 1 dargestellt – vorgeschlagen, auf der Grundlage des besonderen Entscheidungsmodells ein zweites allgemeines Entscheidungsmodell zu erzeugen. In diesem zweiten Modell wird die bislang ausschließlich aus Koordinationsmaßnahmen bestehende Handlungsmenge um Maßnahmen erweitert, mit denen die Ausprägungen von Aufgabeneigenschaften gezielt verändert werden können. Gelingt es, mit solchen Transformationsmaßnahmen bei den noch in Frage stehenden Elementaraufgaben solche Eigenschaftsausprägungen herbeizuführen, für die im ersten allgemeinen Entscheidungsmodell bereits optimale Koordinationsmaßnahmen identifiziert wurden, können diese Lösungen per Deduktionsschluss in ein zweites besonderes Entscheidungsmodell übertragen werden.



→ Rekursive Schrittfolge
 - - - - - Nicht-rekursive Schrittfolge

Abb. 1:
 Rekursive Modellierung

AUTOR



Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann
 Fakultät B+W, Forschungsschwerpunkte:
 organisatorische Gestaltung,
 Managerhaftung
 matthias.graumann@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

Bretzke, W.-R. (1980): Der Problembezug von Entscheidungsmodellen. Tübingen
 Cyert, R. M./March, J. G. (1963): A Behavioral Theory of the Firm. Englewood Cliffs
 Daul, H. (1990): Dezentrale Organisation der Personalarbeit. In: Zeitschrift Führung + Organisation 59, 87-92, 197-200
 Domsch, M./Gerpott, T. J. (1992): Personalwesen(s), Organisation des. In: Frese, E. (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation. 3. Aufl. Stuttgart, 1934-1949
 Ebers, M./Maurer, I./Graumann, M. (2011): Organisation. In: Busse von Colbe, W. u.a. (Hrsg.): Betriebswirtschaft für Führungskräfte. 4. Aufl., Stuttgart, 170-205
 Frese, E. (1992): Organisationstheorie. 2. Aufl. Wiesbaden
 Frese, E./Graumann, M./Talaulicar, T./Theuvsen, L. (2019): Grundlagen der Organisation – Entscheidungstheoretisches Konzept der Organisationsgestaltung. 11. Aufl., Wiesbaden
 Galbraith, J. R. (1977): Organization Design. Reading
 Galbraith, J. R. (1994): Competing with Flexible Lateral Organizations. 2. Aufl. Reading
 Galbraith, J. R. (2002): Designing Organizations. San Francisco
 Graumann, M. (2020): Organisatorische Entscheidungen treffen! Herne
 Keeney, R. L. (1996): Value-Focused Thinking. Cambridge u. a.
 Kieser, A./Ebers, M. (2019): Organisationstheorien. 8. Aufl., Stuttgart

Kosiol, E. (1962): Organisation der Unternehmung. Wiesbaden
 Krüger, W./Werder, A. von (1995): Zentralbereiche als Auslaufmodell? In: Zeitschrift Führung + Organisation 64, 6-17
 Laßmann, A. (1992): Organisatorische Koordination. Wiesbaden.
 Laux, H./Liemann, F. (2005): Grundlagen der Organisation. 6. Aufl., Berlin u. a.
 Luhmann, N. (2000): Organisation und Entscheidung. Opladen u. a.
 March, J. G./Simon, H. A. (1958): Organizations. New York u. a.
 Osterloh, M./Frost, J. (2000): Der schwere Weg von der Organisationstheorie zum Organisationsdesign. In: Die Betriebswirtschaft, 60. Jg., 485-511
 Schirmer, F. (2004): Organisation und Träger der Personalarbeit. In: Gaugler, E./Oechsler, W. A./Weber, W. (Hrsg.): Handwörterbuch des Personalwesens. 3. Aufl. Stuttgart, 1271-1279
 Thompson, J. D. (1967): Organizations in Action. New York u. a.
 Watson, S. R./Buede, D. M. (1987): Decision Synthesis. Cambridge u. a.
 Watson, T. (2007): Organization Theory and HRM. In: Boxall, P./Purcell, J./Wright, P. (Hrsg.): Human Resource Management. Oxford, 108-127.
 Werder, A. von (2008): Führungsorganisation. 2. Aufl., Wiesbaden
 Williamson, O. E. (1995): Organization Theory. New York u. a.
 Wiswede, G. (2007): Einführung in die Wirtschaftspsychologie. 4. Aufl., München u. a.
 Wunderer, R./Arx, S. von (2002): Personalmanagement als Wertschöpfungscenter. 3. Aufl., Wiesbaden

ARBEITEN IN EINEM DER MODERNSTEN STAHLWERKE EUROPAS

LIEBER HIGHTECH STATT STAUB UND HITZE!

 **BSW**

Dein Job unter: www.bsw-kehl.de
BADISCHE STAHLWERKE. MEHR ALS NUR STAHL.

Maximilian Kalbfleisch
Betriebsleiter Walzwerk, seit 13 Jahren bei BSW

Du kannst vieles und willst noch mehr? Super! Denn bei uns bist du nicht nur Ingenieur, sondern immer auch Praktiker. Du musst dir nicht die Hände schmutzig machen. Aber du kannst. Denn wir haben Kehls heißeste Jobs. Garantiert.



Enabling Engineering Breakthroughs that Lead to a Better Tomorrow

Ausgefeilte Kundenlösungen und innovatives Engineering machen uns zum Global Player. Als führender Hersteller in der Antriebs- und Steuerungstechnologie ist Parker in nahezu allen Anwendungsbereichen zu finden. Unsere Produktpalette am Offenburger Standort umfasst Servosteuerungen, Motoren, Linearachsen, mechatronische Systeme und Textilmaschinen.

Zukünftigen Ingenieuren eröffnen sich damit vielfältige Möglichkeiten an Praktika und Abschlussarbeiten. Bei Parker haben Sie den individuellen Freiraum eigene Ideen umzusetzen. Auf Augenhöhe und im Zusammenspiel mit einem Team, das Sie willkommen heißt.

Entdecken Sie noch heute Parker für sich und senden Ihre Unterlagen an youngtalents@parker.com



www.parker.com





ELEKTROTECHNIK, MEDIZINTECHNIK UND INFORMATIK

Kleine Studierenden-
gruppen steigern den
Lehrerfolg

Die vielfältigen und intensiven Forschungsaktivitäten spiegeln die breite fachliche Aufstellung der Fakultät Elektrotechnik, Medizintechnik und Informatik (EMI) wider. Die verschiedenen Projekte beschäftigen sich u. a. mit der Optimierung der Hörsystemversorgung durch Cochlea-Implantate, der Entwicklung einer Technologieplattform für radartransparente Radom-Heizfolien, dem Einsatz von LoRa-Technologien sowie der Verbesserung des Antriebsstrang von Elektrofahrzeugen. In 2020 konnte die Fakultät EMI insgesamt 2,3 Millionen Euro für ihre Forschungsaktivitäten einwerben.

Das Projekt „KI Labor Baden“ steht exemplarisch dafür, wie die Hochschule Forschung und Transfer zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Hochschule gestaltet, um die Innovationsfähigkeit von Unternehmen zu stärken und um den konstruktiven Diskurs zu neuen Technologien zu fördern. Das KI Labor unterstützt insbesondere kleine und mittlere Unternehmen bei der Konzeption und Entwicklung von KI-Anwendungen, damit diese das Potenzial von Künstlicher Intelligenz anhand von konkreten Einsatzmöglichkeiten beurteilen können. Durch Weiterbildungen zu Machine Learning im Rahmen von grenzüberschreitenden Summer Schools sowie Vorträgen und Diskussionen zu gesellschaftlichen Auswirkungen der Digitalisierung und zur digitalen Ethik fördert die Hochschule den Kompetenzerwerb und den gesellschaftlichen Diskurs zu neuen Technologien.

Nachdem die Robotica und die RoboCup Weltmeisterschaften wegen der Corona-Pandemie ausfallen mussten, nutzten das Team MagmaOffenburg unter der Leitung von Prof. Dr. Klaus Dorer erstmals die Möglichkeit, aus der Ferne an den offenen brasilianischen Meisterschaften im Roboterfußball in der Liga „Brazil Open Simulation 3D“ teilzunehmen. Mit 4:0 hat das Team MagmaOffenburg im Finale gegen das Team ITAndroids aus Brasilien das Turnier gewonnen. „Wir haben dieses Jahr einen großen Schritt vorwärts gemacht“, ist Dorer zufrieden. Seit diesem Jahr nutzt die Mannschaft mit Deep Reinforcement Learning ein relativ neues Verfahren der Künstlichen Intelligenz, um ihre Roboter selbst das Kicken lernen zu lassen. Insgesamt kann sich die Bilanz über das gesamte Turnier sehen lassen: in 16 Spielen wurden 48:0 Punkte und 92:0 Tore erzielt.

Verstärkt wurde das Kollegium der Fakultät EMI im zurückliegenden Jahr durch Prof. Dr. Daniela Oelke, Professur für Machine Learning, und Prof. Dr. Stefan Wehr, Professur für Programmierung sowie Algorithmen und Datenstrukturen. Auszüge der vielfältigen Forschungsarbeiten in der Fakultät EMI werden in den folgenden Beiträgen vorgestellt.

Dekan Prof. Dr. rer. nat. Stephan Trahasch

Fahringsimulator für den Test anspruchsvoller Antriebsregelungen

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß, Andreas Huber M.Eng.

Für Fahrzeugprüfstände wird zur Nachbildung von realen Fahrsituationen eine immer höhere Dynamik gefordert. Im Rahmen eines ZIM-Projekts wurden hierzu hochschuleigene Antriebsregelalgorithmen in einem FPGA implementiert. Dadurch konnten die Verzugszeiten der miteinander kommunizierenden Tasks entscheidend reduziert werden. Zur besseren Visualisierung der Arbeitsweise von solchen Prüfständen wurde außerdem ein Fahringsimulator angeschafft, mit dem interaktiv Sollwertprofile für die Prüfstandmotoren erzeugt werden.

For vehicle test benches, increasingly higher dynamics are required to simulate real driving situations. Within the scope of a ZIM project, the university's own drive control algorithms were implemented in an FPGA. Thus, the delay times of the communicating tasks could be reduced significantly. For a better visualization of the operation of such test benches, a driving simulator was also purchased, which interactively generates setpoint profiles for the test bench engines.

Integration in das Labor für elektrische Antriebe und Leistungselektronik

Im Jahr 2005 wurde im Labor für elektrische Antriebe und Leistungselektronik der Grundstein für eine eigene Regelelektronik für die hochdynamische Regelung elektrischer Antriebe gelegt. In mehreren Entwicklungsschritten entstand hierbei bis zum Jahr 2009 die Reglerplatine HDR3, mit der es im Zusammenspiel mit selbstentwickelter Antriebssoftware gelang, Drehmomenteinregelzeiten von weniger als 1 ms zu realisieren. Mit dieser Kenngröße war man uneingeschränkt konkurrenzfähig mit allen namhaften Herstellern für elektrische Antriebe. Darauf basierend wurde in den Jahren 2012 bis 2015 der kundenspezifische Ableger ASD für einen taiwanesischen Kooperationspartner entwickelt. Beide Plattformen setzen den Signalprozessor TMS320 F28335 von Texas Instruments ein. Der Nachteil einer signalprozessorbasierten Antriebsregelung ist jedoch, dass die vom Regler ermittelten Stellgrößen, die sogenannten Steuerspannungen, erst ein ganzes Abtastintervall nach der Erfassung der in den frequenzumrichter gespeisten Drehstrommotoren fließenden Statorströme eingepreßt werden können [1]. Durch diese sogenannte Rechentzeit steht das angeforderte Drehmoment bei einer typischen Abtastzeit von 50 µs erst um diese Zeitspanne später zur Verfügung, als wenn auf eine Rechentzeit verzichtet werden könnte.

Werden für die Stromregelung der Antriebsmotoren FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) eingesetzt, kann der Stromregelalgorithmus in weniger als 1 µs ausgeführt werden, d. h. die Steuerspannungen stehen spätestens 1 µs nach der Stromerfassung zur Verfügung. Die Rechentzeit spielt somit nahezu keine Rolle. Deshalb wurde in den Jahren 2016 bis 2019 das bereits genannte ZIM-Projekt durchgeführt, in dem u. a. die ursprünglich für den Signalprozessor entwickelten Regelalgorithmen an die FPGA-basierte Regelung angepasst wurden. Allerdings hat die Beschäftigung mit FPGA-Regelungen gezeigt, dass hierfür deutlich mehr Entwicklungsaufwand erforderlich ist als bei signalprozessorbasierten Lösungen. Deshalb laufen im Labor für elektrische Antriebe und Leistungselektronik derzeit auch Arbeiten, die sich zwecks vergleichender Untersuchungen wieder mit Reglerhard- und -software befassen, die auf den neuesten Signalprozessoren fußen. Eingesetzt wird hierfür der Signalprozessor TMS320 F28388D von Texas Instruments. Mit einem Evaluationboard für diesen Prozessor gelang es bereits, die Ausführungszeit der Regelalgorithmen auf ca. 20 µs zu reduzieren [2]. Parallel dazu wird derzeit für den genannten Prozessor eine laboreigene Reglerplatine entwickelt. Es ist geplant, sie im Laufe des Jahres 2021 in Betrieb zu nehmen.

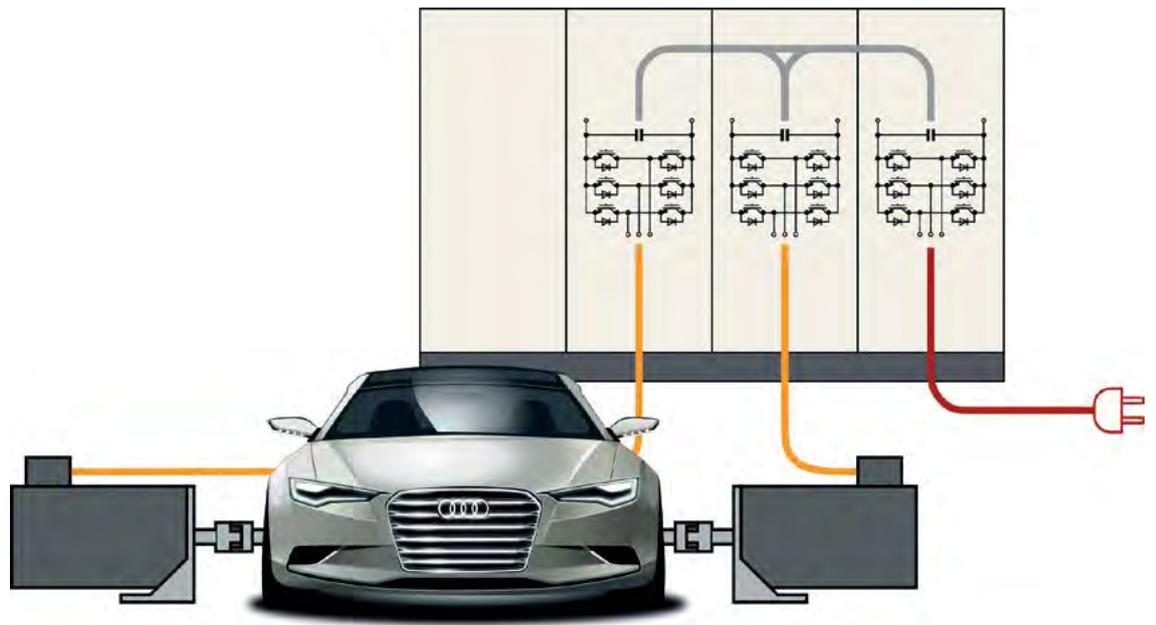


Abb. 1:
Schematischer Aufbau
eines typischen Gesamt-
fahrzeugprüfstands

ZIM-Projekt zur Prüfstand- regelung für HiL-Anwendungen

Im Unterschied zu klassischen Prüfständen für die Durchführung von Belastungstests, wie einer in Abbildung 1 exemplarisch skizziert ist, werden moderne Prüfstände zunehmend auch in Hardware-in-the-Loop-Tests (HiL-Tests) eingesetzt. Dort interagiert ein Prüfling, typischerweise ein Elektro- oder Verbrennungsmotor, je nachdem aber auch ein Getriebe oder ein ganzer Antriebsstrang, physikalisch mit einem komplexen simulierten System. Dies wird ermöglicht, indem Prüfstandsantriebe an der An- oder Abtriebsseite des Prüflings angeflanscht werden und ein gewünschtes Systemverhalten nachbilden.

Die dem bearbeiteten ZIM-Projekt zugrunde liegende echtzeitrechnerbasierte Simulationsumgebung „CarMaker“ bildet ab Werk den Antriebsstrang sowie die Fahrdynamik von Fahrzeugen detailgetreu ab. Soll eine Antriebskomponente in-the-loop getestet werden, muss lediglich das zugehörige Modell aus der Simulation herausgelöst und die realen Komponenten angekoppelt werden. Anstatt aufwendige Tests auf der Straße durchzuführen, können so Tests von Antriebskomponenten in einem sicheren Prüfumfeld vorgenommen werden. In diesem Umfeld können durch Sensoren unzählige Messdaten aufgenommen werden, die aus Platzgründen im Realbetrieb auf der Straße gar nicht verfügbar wären. Auch können zahlreiche Betriebsfälle untersucht werden, die in der Realität überhaupt nicht vorherrschen oder nur mit extrem hohem Aufwand herbeigeführt werden könnten. So lässt sich beispielsweise die Leistungsfähigkeit eines Prüflings bei arktischer Kälte auf einer Rennstrecke durch den Test in einer Thermokammer untersuchen.

Bei HiL-Tests in Verbindung mit einer Gesamtfahrzeugsimulation, für welche die Regelalgorithmen konzipiert wurden, werden die Prüflinge – oft zusammen mit einem zugehörigen Steuergerät – direkt mit internen Größen aus der Fahrzeugsimulation gespeist. Ein Drehmomentstoß am Prüfling muss sich dann anhand von mathematischen Modellen idealerweise unmittelbar in Form einer definierten Drehzahländerung niederschlagen. Hierbei hängt der Realitätsgrad einer solchen Simulation sehr stark mit den Latenzzeiten zwischen der Signalerfassung und der Reaktion des Prüfstandmotors bzw. der Prüfstandmotoren zusammen.

Systemarchitektur

Das für allgemeine HiL-Anwendung konzipierte und bereits zu Projektbeginn existierende Simulationssystem der kooperierenden Firmen besteht im Wesentlichen aus einem Echtzeitrechner mit CPU für die mit einer Zyklusfrequenz von ca. 5 kHz ablaufende Fahrzeugsimulation sowie aus Ein- und Ausgangsmodulen, die als Schnittstellen zur realen Welt dienen. Letztere sind über einen CompactPCI-Bus direkt und hinreichend schnell an die Haupt-CPU angebunden. Die Abbildung 2 zeigt den im Schaltschrank eingebauten Echtzeitrechner.



Abb. 2:
Echtzeitrechner, eingebaut
im Schaltschrank

Prüfstandsmotoren hingegen wurden bisher mit zugekauften Antriebsreglern über Industriebusse in das Gesamtsystem integriert. Diese Schnittstellen können allerdings systembedingt nur mit hohen Latenzzeiten, Jitter und hohen Zykluszeiten bedient werden. Hinzu kommen Verarbeitungszeiten in den Antriebsreglern, auf die man keinen direkten Einfluss hat. Um das Zusammenwirken von Antriebsregelung und HiL-Simulation zu optimieren, wurde im vorliegenden Projekt eine möglichst hochintegrierte Anbindung der Antriebsregelung entworfen. Die in Kooperation entstandene Lösung eliminiert nun weitgehend alle vermeidbaren Verzögerungen bei der Ansteuerung von Prüfstandsmotoren. Zum einen erfolgt dies durch die Integration der Antriebsregelung in das Echtzeitsystem der Projektpartner mit Anbindung an deren internen CompactPCI-Bus, zum anderen durch die reine Verwendung von FPAG-Logik im gesamten Signalpfad von der Sollwertverarbeitung bis hin zur Ansteuerung der Leistungshalbleiter.

Reglerarchitektur und -implementierung im FPGA

Die Implementierung und der Test von FPGA-Code ist ein zeitaufwendiges Unterfangen. Selbst um kleine Änderungen testen zu können, muss der Code synthetisiert werden – ein Vorgang, der im vorliegenden Projekt jedes Mal gut eine Stunde dauerte. Des Weiteren ist verfügbarer Platz im FPGA ein rares Gut, sodass von Anfang an dazu übergegangen wurde, zeitlich weniger kritische Komponenten der Regelung abzuspalten, in Software zu verarbeiten und nur die elementaren Pfade der Regelung im FPGA umzusetzen.

Diejenigen Regelalgorithmen, für die eine Software-basierte Realisierung vorgesehen war, wurden in sogenannte Soft-Cores integriert. Dies sind maßgeschneiderte Prozessorkerne, die Teile des FPGA-Platzes einnehmen, aber wie physikalische Prozessorkerne agieren. Funktionen wie die Feldschwächkennlinie mit Spannungsregler oder die Maschinenmodelle laufen darin und können schnell und unkompliziert weiterentwickelt werden. Aber auch der FPGA-Kern der Regelung ist so anpassbar gestaltet, dass sich zum Beispiel der Drehzahlregler sowohl als Zustandsregler als auch als PI-Regler konfigurieren lässt. Der Stromregler ist ausschließlich als Zustandsregler konfiguriert. Für überlagerte Regelungsaufgaben steht einem potenziellen Nutzer des Systems zudem die Haupt-CPU des Echtzeitrechners zur Verfügung, auf dem auch die Fahrzeugsimulation läuft.

Die logischen Elemente „Haupt-CPU“ (Fahrzeugsimulation), „NIOS II Soft-Cores“ (zeitunkritische Reglertasks) und „FPGA-Regler“ (zeitkritische Reglertasks) kommunizieren untereinander sowohl über Dual-Port-RAMs (DPRAM) als auch über spezielle Register, die über den Reglertakt miteinander synchronisiert sind. RAM und Register bilden dabei einen einheitlichen Speicherbereich, auf den die einzelnen Funktionsblöcke je nach Art der Daten schreibend oder lesend zugreifen können.

Die Flexibilität und Stärken des FPGAs konnten u. a. bei der Peripherieentwicklung der Antriebsregelung voll ausgespielt werden. Durch eine hohe Abtastrate der Analog-Digital-Wandler werden sowohl Ströme als auch Drehgebersignale nahezu zeitkontinuierlich gefiltert. Im Zusammenhang mit den geringen Latenzzeiten der Regelung wird Signalrauschen auch bei sehr hoher Regelungsdynamik nicht zum Problem. Die Abbildung 3 zeigt die verwendete Reglerhardware als Einsteckmodul mit FPGA und CompactPCI-Anbindung sowie einer Drehgebererfassung als Erweiterungskarte.



Abb. 3: Reglerhardware als Einsteckmodul mit FPGA, Compact PCI-Anbindung und Drehgebererfassung

Einbindung des Fahrsimulators

Ein an den Echtzeitrechner per TCP (Transmission Control Protocol) angebundener Bedien-PC wird generell für die Systemkonfiguration, Steuerung sowie für die Datenauswertung eingesetzt. Anzeigefenster visualisieren zudem mit 3D-Grafik den Fahrverlauf des virtuellen Fahrzeugs während einer Simulation aus beliebigen Kameraperspektiven.

Normalerweise werden Testläufe abgefahren, bei denen ein virtuelles Fahrzeug von einem automatisierten Fahrer bewegt wird. Die Simulationsumgebung ist allerdings so flexibel aufgebaut, dass sich beliebige Teile durch reale Komponenten ersetzen lassen. Gas, Bremse und Lenkung können so auch

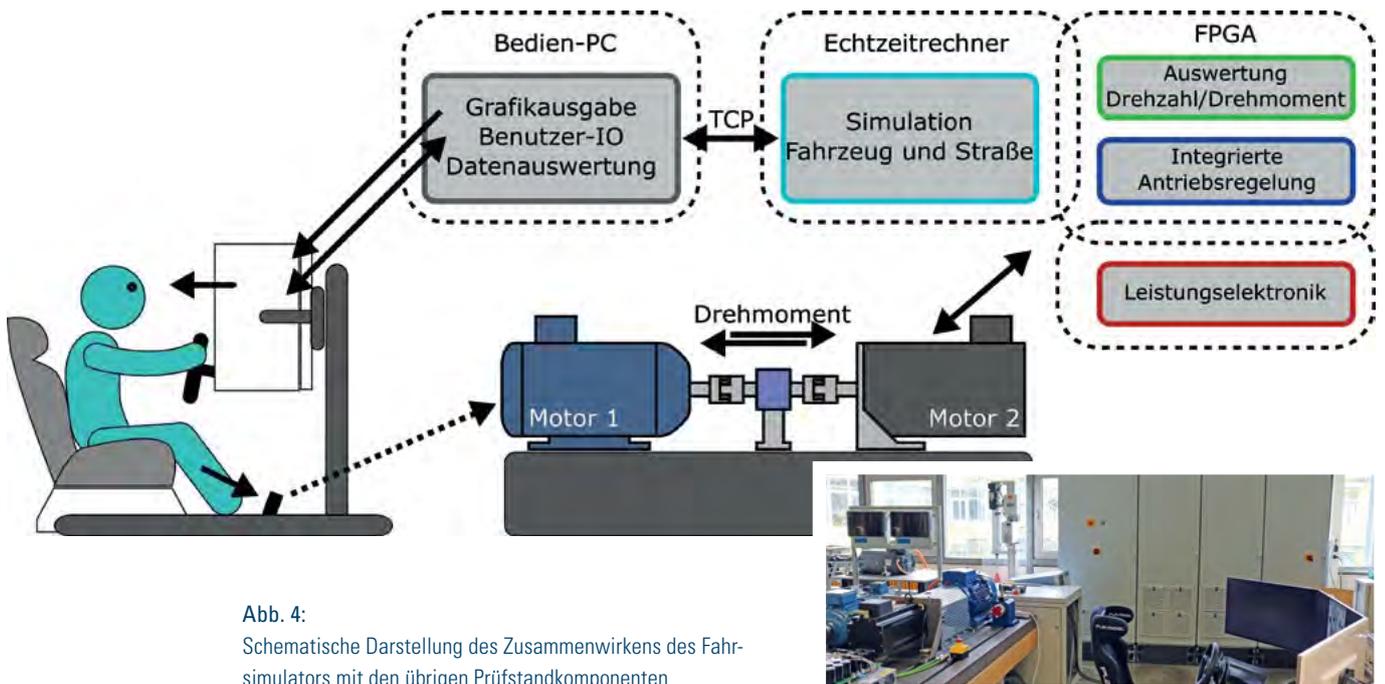


Abb. 4:
Schematische Darstellung des Zusammenwirkens des Fahr-simulators mit den übrigen Prüfstandkomponenten

physisch ausgeführt und von Aktoren betätigt werden. Bei Gesamtfahrzeugtests auf Rollenprüfständen werden hierzu unter anderem Lenkroboter eingesetzt.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, wenn die Fahrzeugkontrolle nicht mehr über einen automatisierten Fahrer, sondern einen menschlichen vorgenommen wird. So lässt sich auch subjektiv beurteilen, wie sich eine bestimmte Antriebskomponente im Betrieb verhält und wie diese weiter optimiert werden kann. Basierend auf PC-Hardware aus dem Computerspielbereich und Vierkantprofilen wurde hierzu an der Hochschule ein Fahrzeugcockpit in Form eines Fahr-simulators nachgebildet. Damit kann auch für Schüler- und Studierendengruppen sowie anderweitig Interessierte die Leistungsfähigkeit der Antriebsregelung und das Funktionsprinzip des Gesamtsystems demonstriert werden. Das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten ist in Abbildung 4 skizziert.

Der Fahr-simulator interagiert hierbei direkt mit dem Bedien-PC und gibt sämtliche Benutzereingaben wie Lenkwinkel und Gaspedalstellung an den Echtzeitrechner weiter. Dieser sorgt beim Drücken des Gaspedals mit Hilfe der neuen Antriebsregelungen direkt für eine Erzeugung eines Drehmoments an Motor 1, welcher einen fiktiven Antriebsmotor repräsentiert. Motor 2 ist der Prüfstandsmotor, der direkt mit der Simulation im Echtzeitrechner gekoppelt ist, wo der restliche Antriebsstrang, Reifen und sogar die Straße nachgebildet werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Am Prüfstands-demonstrator, der im Zuge eines ZIM-Projekts aufgebaut und um einen Fahr-simulator ergänzt wurde, sind inzwischen sehr leistungsfähige Antriebsregelalgorithmen implementiert. Ebenso wie ihre Funktionalität bei Bedarf erweitert werden kann, ist es auch möglich, auf der vorhandenen Hardware ganz neue Ideen auf ihre Praxistauglichkeit zu überprüfen. Durch die implementierte FPGA-basierte Regelung wurde das erzielbare Verbesserungspotenzial der Antriebsregelgüte aufgezeigt. Zugleich wurde der damit einhergehende erhöhte Entwicklungsaufwand vor Augen geführt. In einem zukünftigen, vergleichenden Projekt soll ergründet werden, wie weit mit modernen Signalprozessoren ein ähnlicher Leistungsstand erzielt werden kann.

Referenzen/References:

[1] Nuß, U.: "Hochdynamische Regelung elektrischer Antriebe", 2. Auflage, ISBN 978-3-8007-4412-1, VDE Verlag, Berlin, Offenbach, 2017

[2] Wittenbeck, K.: "Inbetriebnahme eines Evaluation-Boards für die elektrische Antriebstechnik und Code-Portierung auf einen Floating-Point-Microcontroller mit Control Law Accelerator", Bachelor-Thesis Hochschule Offenburg, 2020

AUTOREN



Andreas Huber, M.Eng.
Doktorand und Akad. Mitarbeiter im Labor für elektrische Antriebe und Leistungselektronik
andreas.huber@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß
Leiter Labor Elektrische Antriebe und Leistungselektronik, Lehrgebiete: Elektrische Antriebstechnik, Leistungselektronik, Regelungstechnik
uwe.nuss@hs-offenburg.de

Energiesparende elektronische Türschilder basierend auf E-Ink-Displays

Prof. Dr.-Ing. Elke Mackensen, Prof. Dr.-Ing. Jan Münchenberg, Andreas Angermayr B.Eng., Roland Kessler

Elektronische Türschilder zur Darstellung von Information sind insbesondere in öffentlichen Gebäuden weit verbreitet. Die zumeist Panel-PC-basierten Türschilder werden mit 230 V betrieben, was bei vielen Türschildern zu einem großen Energieumsatz führt. Alternativen stellen elektronische Türschilder dar, die auf E-Ink-Displays basieren und damit neue Möglichkeiten, wie energieautarkes Arbeiten und ein einfaches sowie kostengünstiges Hardwaredesign, bieten.

Electronic door signs for displaying information are widely used, especially in public buildings. Mostly the PC-Panel based door signs are operated with 230 V, which results in a high energy consumption for many door signs. Electronic door signs based on E-Ink displays offer alternatives with new possibilities such as energy-self-sufficient working and a simple and cost-effective hardware design.

Einleitung

In öffentlichen Gebäuden wie an Hochschulen, Ämtern oder beispielsweise Museen, aber auch in Firmen- und Bürogebäuden oder Einkaufsläden setzen sich zunehmend elektronische Türschilder zur Informationsdarstellung durch. Die Vorteile elektronischer Türschilder bzw. Displays liegen auf der Hand:

- Elektronische Türschilder lassen sich dynamisch und flexibel beschriften, d. h. gegenüber papierbasierten Türschildern können anzuzeigende Informationen schnell ausgetauscht werden und stets auf dem neuesten Stand gehalten werden.
- Die elektronischen Türschilder können mit anderen Software-basierten Systemen, z. B. Kalender-, Raumplanungssystemen etc., verknüpft werden, um aktuelle Informationen automatisiert darzustellen.
- Der Zeitaufwand für die Aktualisierung eines elektronischen Türschildes ist wesentlich geringer als die Wartung von Papiertürschildern.

Die Varianz elektronischer Türschilder reicht vom Tablet- bis hin zum Panel-PC-basierten Türschild mit integriertem Bildschirm. Eine Konfiguration der Türschilder ist über WLAN oder Ethernet möglich. Diese Systeme werden zumeist mit 230 V betrieben. Oftmals führt dies in Gebäuden mit einer großen Anzahl derartiger elektronischer Türschilder zu einem signifikanten Energieumsatz. Erfahrungen aus dem Betrieb elektronischer Türschilder an der Hochschule Offenburg zeigen einen weiteren Nachteil dieser Art der elektronischen Türschilder auf: Das Betriebssystem ist oftmals Windows,

was leider zu häufigen Updates und Ausfällen der Türschilder führt.

Alternativen zu Tablet- oder Panel-PC-basierten elektronischen Türschildern bietet die Verwendung von E-Ink- bzw. E-Paper-Displays [1-5]. Die Entwicklung und Untersuchung verschiedener Varianten solch eines elektronischen Türschildes an der Hochschule Offenburg zeigen deutlich auf, dass sich damit vollkommen neue Möglichkeiten wie energieautarkes Arbeiten und ein einfaches sowie kostengünstiges Hardwaredesign eröffnen.

E-Ink-Displaytechnologie

E-Ink- bzw. E-Paper-Displays (EPDs) sind Displays, deren Betrachtungseindruck jenem von bedrucktem Papier nachempfunden ist und die im statischen Betrieb keine Leistung benötigen. E-Ink-Displays basieren auf dem Effekt der Elektrophorese [5, 6]. Die Abbildung 1 zeigt den Querschnitt durch ein E-Ink-Display. Dieses besteht aus transparenten Mikrokapseln, die ein zähflüssiges Polymer sowie schwarze, weiße oder zwischenzeitlich auch farbige Pigmente enthalten, die entgegengesetzt geladen sind. Auf und unter dem Panel befindet sich eine Matrix aus transparenten Ansteuerelektroden, deren Anordnung letztlich die Bildpunkte definiert. Die Diffusion der Pigmente ist durch das Polymer stark eingeschränkt, sodass das Display ein Bild über Wochen und Monate anzeigt. Selbst dann, wenn die Spannungsversorgung unterbrochen wird.

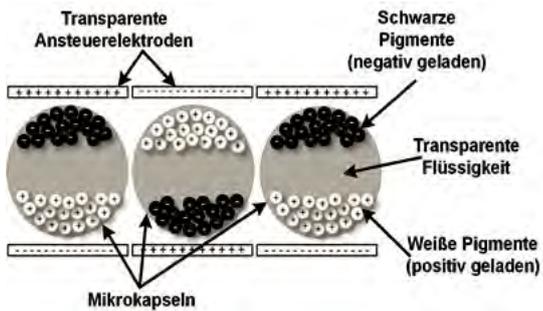


Abb. 1:
Querschnitt durch ein EPD-Panel (angelehnt an [6])

Durch Anlegen eines E-Feldes über den entsprechenden Bildpunkten lässt sich das Bild verändern, indem die Pigmente je nach Richtung des Feldes nach oben oder unten wandern. Dieser Vorgang wird als Refresh bezeichnet. Das E-Feld muss dabei im Zeitverlauf besonderen Anforderungen genügen, wofür ein Timing-Controller benötigt wird [6]. Moderne EPD-Controller sind so in der Lage, nur einen bestimmten Anteil der Pigmente zu bewegen, wodurch die Darstellung von Graustufen ermöglicht wird. Im Gegensatz zum statischen Betrieb ist die Leistungsaufnahme des Panels bei einem Refresh deutlich höher. Dies ist dadurch begründet, dass die Partikel gegen den Strömungswiderstand des Polymers durch die Kapseln bewegt werden müssen, d. h. mit steigender Panelgröße steigt auch die Leistungsaufnahme beim Refresh.

Marktanalyse vergleichbarer Türschilder

Zunächst wurde eine Marktanalyse durchgeführt, um herauszufinden, ob bereits elektronische Türschilder, die auf E-Paper-Displays basieren, kommerziell verfügbar sind. Tatsächlich gibt es kommerzielle Lösungen, diese lassen jedoch kein energieautarkes Arbeiten zu, sondern werden immer mit Batterien betrieben. Zudem sind die Benutzerschnittstellen zur Konfiguration zumeist WLAN oder USB, was zumindest im Falle von USB recht unkomfortabel ist. WLAN lässt zwar eine einfache Konfiguration unabhängig vom Ort zu, ist jedoch für größere und umfangreichere Gebäude, wie das z. B. bei einer Hochschule der Fall ist, nicht die optimale Lösung.

Untersuchte Systemarchitekturen

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die untersuchten und entwickelten Systemarchitekturen des auf E-Ink-Displays basierenden Türschildes an der Hochschule Offenburg. Im Gegensatz zu den in der Praxis gängigen elektronischen Türschildern, kommt hier kein Rechner mit

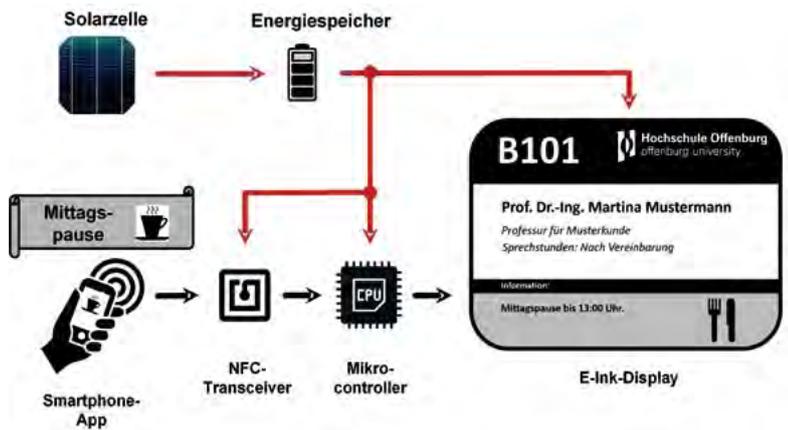


Abb. 2:
Systemarchitektur eines energieautark arbeitenden elektronischen Türschildes

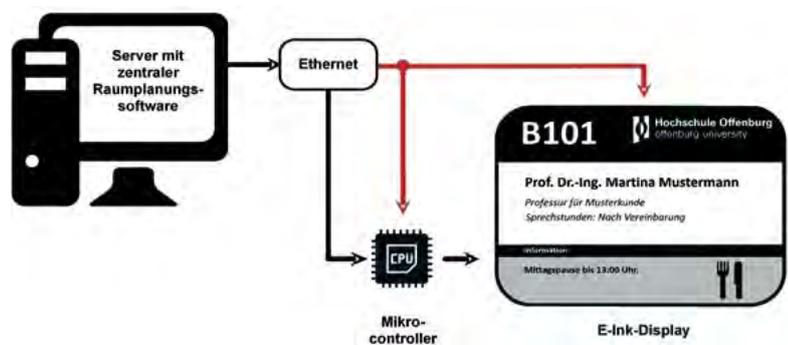


Abb. 3:
Systemarchitektur eines elektronischen Türschildes, das über ein zentrales Veranstaltungsmagementsystem gesteuert wird

Windows oder Linux zum Einsatz, sondern ein Mikrocontroller ohne jegliches Betriebssystem. In der ersten Variante (Abbildung 2) wird die notwendige Energie für den laufenden Betrieb des Türschildes per Energy-Harvesting, in diesem Fall Solarzellen, aus der Umgebung gewonnen. Die Konfiguration des Türschildes (Angezeigter Text, Grafiken usw.) wird über eine Smartphone-App vorgenommen. Als physische Schicht der Benutzerschnittstelle kommt NFC (Near Field Communication) zum Einsatz. Diese Variante ermöglicht in Bezug auf die Energieversorgung und Konfiguration des Türschildes eine große Flexibilität für den Anwender. Die zweite Variante, die untersucht wurde (Abbildung 3), ist insbesondere für den Einsatz in Gebäuden gedacht, bei denen die Konfiguration des Displays über ein Netzwerk geschehen soll. Das eigentliche Türschild verfügt in diesem Fall über einen Ethernet-Anschluss, da oftmals in den Gebäuden, in denen elektronische Türschilder vorgesehen sind, bereits ein Ethernet-Anschluss an der Stelle des Anbringungsorts vorhanden ist. Für jede Änderung der Anzeige auf dem Türschild muss das jeweilige Türschild neue Daten vom Server erhalten. Die Logik zur Steuerung aller im Netzwerk vorhandenen Türschilder ist auf dem Server implementiert. Die Anzeige auf einem Türschild kann nur durch eine Aktion des Servers verändert werden. Die Energieversorgung des Türschildes bei dieser Variante geschieht über Power-over-Ethernet.



Abb. 4: E-Ink-basiertes Türschild für Vorlesungsräume mit Edelstahl-Frontplatte

Ergebnisse

Die Abbildung 4 stellt das elektronische Türschild der Variante 2 im verbauten Zustand an einem Vorlesungssaal der Hochschule dar. Sowohl bei Variante 1 als auch bei Variante 2 kommt ein 7,8“-E-Ink-Display zum Einsatz. Dieses hat eine Größe von etwa 174 mm × 128 mm bei einer sehr guten Auflösung von 1872 px × 1404 px und bis zu 16 Graustufen.

Die Türschild-Variante 1 diene insbesondere zur Klärung der Frage, ob ein energieautarkes Arbeiten ohne externe Energieversorgung oder einen Batteriewechsel bzw. ein zusätzliches Aufladen der Batterien ermöglicht werden kann. Für das Energy-Harvesting kommen hier amorphe Siliziumzellen mit einer Gesamtfläche von 220 cm² zum Einsatz. In Abbildung 5 ist die Messung der Leistungsaufnahme und des Energieumsatzes während eines Displayupdates mit einer neuen Konfiguration des Textes und der Grafik dargestellt. Zum Zeitpunkt $t = 1$ s wird der EPD-Controller angeschaltet und es erfolgen verschiedene Phasen für das Update des Displays. Das eigentliche Refresh des Displays ist an den hohen Leistungsaufnahmen von 2,5 W zu erkennen. Der Refresh dauert jedoch weniger als 500 ms. Das gesamte Update ist bei $t = 11,8$ Sekunden beendet. Weiterhin wird deutlich, dass das Türschild im Ruhemodus vor und nach dem Update eine Leistungsaufnahme von nur wenigen Milliwatt hat. Dies ist um drei Größenordnungen kleiner als der Verbrauch eines Panel-PC-basierten Türschildes. Ein Panel-PC als Alternative für ein elektronisches Türdisplay verbraucht beispielsweise dauerhaft mehr als 20 W. Aus dem Energieumsatz pro Update und der durch die Solarzellen bereitgestellten Leistung in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke wurde die Anzahl der

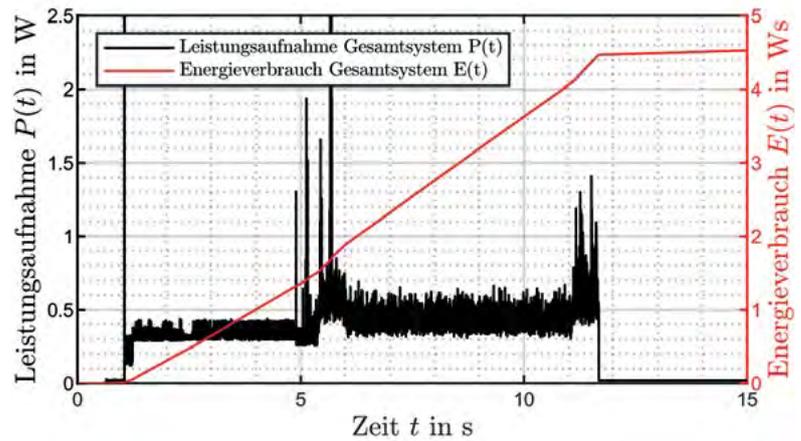


Abb. 5: Leistungsaufnahme und Energieumsatz des Türschildes während eines Displayupdates

pro Tag möglichen Updates berechnet. Das Ergebnis ist in Abbildung 6 zu sehen. Die Messungen zeigten, dass mit den amorphen Solarzellen selbst bei einer schlechten Beleuchtung von nur 10 lx im Mittel bereits drei Display-Updates pro Tag möglich sind. Damit zeigt sich auch, dass die relativ große Solarzellfläche durchaus notwendig ist, denn weitere Messungen zeigten zudem, dass beispielsweise die Beleuchtungsstärken vor den Räumen in der Hochschule Offenburg selten über 20 lx liegen.

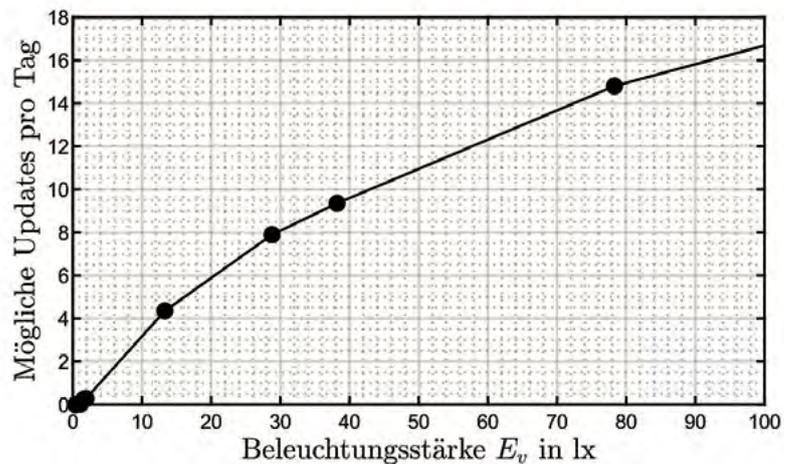
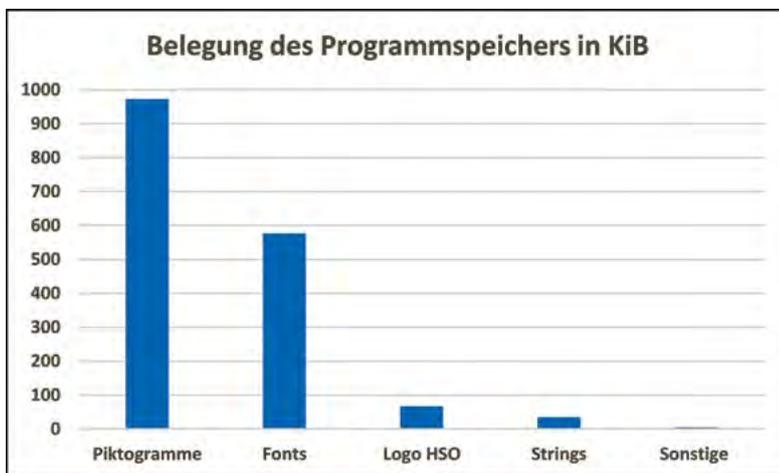


Abb. 6: Anzahl möglicher Updates pro Tag in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke

Mit der Türschild-Variante 2 wurde am Beispiel der Hochschule Offenburg nachgewiesen, dass eine campusweite Raumbeschilderung mittels eines zentralen Veranstaltungssystems möglich ist. An der Hochschule wird hierfür das Produkt Davinci eingesetzt. Durch eine einfache auf dem Davinci-Server implementierte Webservice-Schnittstelle, die aber auch für jedes andere Produkt eingesetzt werden kann, können unterschiedlichste Anzeigen vorgenommen werden: Darstellung der aktuellen Vorlesungen für den spezifischen Raum, individuelle Darstellung von Informationen/Notizen z. B. an Büroschildern, Darstellung wichtiger und/oder zusätzlicher Informationen, z. B. freie PCs in PC-Pools, Hinweise zu Prüfungen usw..

Durch die Einbindung von Piktogrammen oder Bildern können bei beiden Türschildvarianten signifikante Mehrwerte erreicht werden, die eine schnelle Erkennung der aktuellen Raumsituation zulassen. Schriftarten und Bilder müssen im Programmspeicher als Bitmap-Arrays hinterlegt sein. In Abbildung 7 ist die Belegung des Programmspeichers durch Piktogramme, Fonts etc. dargestellt. Momentan sind 19 Piktogramme hinterlegt (320 px×320 px Auflösung, 4 b Graustufen). Diese belegen bereits 973 KiB des Speichers. Weitere 577 KiB kommen durch drei Schriftarten (133 px, 64 px und 36 px hoch) hinzu. Bei dem Mikrocontroller-basierten System ist der Programmspeicher des Mikrocontrollers der limitierende Faktor für das, was auf dem Türschild dargestellt werden kann.

Abb. 7: Programmspeicherbedarf für hinterlegte Piktogramme, Fonts etc., die auf dem Türschild angezeigt werden sollen



Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass mit E-Ink-Displays komfortable elektronische Türschilder mit einer sehr geringen durchschnittlichen Leistungsaufnahme von wenigen Milliwatt im Ruhemodus und von ca. 600 mW pro Informationsupdate des Displays realisiert werden können. Bei einer geringen Update-Rate können damit komplett energieautarke elektronische Türschilder realisiert werden. Bei höherer Update-Rate, wie in Firmen- oder öffentlichen Gebäuden für die Türbeschilderung zumeist notwendig, ist eine Versorgung auch ohne Batterien dank Power-over-Ethernet-Anbindung möglich. Durch das einfache und schlanke Hardware- und Software-Design des Türschilds, sind die Türschilder zudem wartungsarm. Die Türschilder sind sehr gut lesbar, sogar selbst unter Sonnenlichteinstrahlung oder verschiedenen Blickwinkeln.

Dadurch soll eine Ansteuerung der Türschilder unabhängig vom Ort des Nutzers möglich sein. Zudem wird das Hardware-design optimiert, um auch bei höheren Updateraten ein energieautarkes Arbeiten des Türschilds zu ermöglichen.

Referenzen/References:

- [1] J. Heikenfeld: The electronic Display of the Future. In IEEE SPECTRUM, 26.02.2010. URL: <https://spectrum.ieee.org/computing/hardware/the-electronic-display-of-the-future> - Eingesehen: 22.04.2020
- [2] A. Hellwig: Warum sich der Einsatz eines E-Ink-Displays lohnen kann. In ELEKTRONIK PRAXIS Nr. 8, 21.04.2016, S. 88–90
- [3] G. Schryen, J. Karla: Elektronisches Papier Displaytechnologie mit weitem Anwendungsspektrum. In WIRTSCHAFTSINFORMATIK 44/6, 2002, S. 567–574
- [4] M. R. Fernandez, E. Z. Casanova, I. G. Alonso: Review of Display Technologies Focusing on Power Consumption. In SUSTAINABILITY, 7, 2015, S. 10854–10875, DOI:10.3390/su70810854
- [5] J. Heikenfeld, P. Drzaic, J.-S. Yeo, T. Koch: Review Paper: A critical review of the present and future prospects for electronic paper. In JOURNAL OF THE SID 19/2, 2011, S. 129–156, DOI:10.1889/JSID19.2.129
- [6] P. F. Bai, R.A. Hayes, M. Jin, L. Shui, Z. C. Yi, L. Wang, X. Zhang, G. Zhou: Review of Paper-Like Display Technologies (Invited Review). In PROGRESS IN ELECTROMAGNETIC RESEARCH 147, 2014, S. 95–116. DOI: 10.2528/PIER13120405

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Elke Mackensen
Fakultät EMI, Wissenschaftliche Leiterin
des Microelectronic Systems Design Lab
elke.mackensen@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Jan Münchenberg
Fakultät EMI, Chief Information Officer
(CIO) der Hochschule Offenburg
jan.muenchenberg@hs-offenburg.de



Andreas Angermayr B.Eng.
Akademischer Mitarbeiter im Microelec-
tronic Systems Design Lab
andreas.angermayr@hs-offenburg.de



Roland Kessler
Mitarbeiter der Campus IT, Programmierer
roland.kessler@hs-offenburg.de

Prystine – 360° Umfelderkennung für das automatisierte Fahren

Prof. Dr.-Ing. Marlene Harter, Alua Musralina M.Sc., Joseena Memadathil Jose M.Eng.

Ziel des Projekts PRYSTINE ist es, eine fehlertolerante 360°-Rundumwahrnehmung für das hochautomatisierte Fahren zu realisieren. Dabei steht im Teilvorhaben „Entwurf der Systemarchitektur von Radarsensoren auf Grundlage identifizierter Szenarien“, die Entwicklung eines zukunftsfähigen RF-CMOS basierten Radarsystems im Fokus, das sich durch eine hohe Robustheit und Fehlertoleranz bei gleichzeitiger Reduktion der Kosten, Chipfläche und Leistungsaufnahme auszeichnet. Innerhalb des Projekts ist die Hochschule Offenburg sowohl an der Spezifizierung und am Entwurf einer Systemarchitektur für einen neuartigen RF-CMOS basierten Radarchip als auch an der anschließenden Untersuchung und Validierung des im Projekt realisierten Radarsystems beteiligt.

The aim of the PRYSTINE project is to realize a fault-tolerant 360° surround perception for highly automated driving. The sub-project "Radar Sensor System Architecture Design Based on Identified Scenarios" focuses on developing a future-proof RF-CMOS based radar system that is characterized by high robustness and fault tolerance while reducing costs, chip area and power consumption. Within the project, Offenburg University of Applied Sciences is involved in the specification and design of the system architecture for a novel RF-CMOS based radar chip as well as the subsequent evaluation and validation of the radar system realized in the project.

Einleitung

Das Verbundprojekt Programmable Systems for Intelligence in Automobiles (PRYSTINE), das durch das Electronic Components and Systems for European Leadership Joint Undertaking (ECSEL) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, hat das Ziel eine fehlertolerante 360°-Rundumwahrnehmung für das hochautomatisierte Fahren zu realisieren. Eine der wesentlichen Herausforderungen, hochautomatisiertes Fahren umzusetzen, ist der Schritt von SAE-Level 2 (Teilautomatisierung) hin zu SAE-Level 3 (hochautomatisiertes Fahren) und höher. Beim Level 3 bleibt der Fahrer als Rückfalloption verfügbar für den Fall, dass in der Automatisierungskette ein Fehler auftritt oder die automatisierte Fahrfunktion an ihre Grenzen stößt. Bei dieser Ebene muss der Fahrer mit ausreichend zeitlichem Vorlauf auf die bevorstehende Übernahme der Fahrfunktion hingewiesen werden.

Bei noch höheren Automatisierungsgraden (Level 4 und insbesondere Level 5) steht der Fahrer nicht mehr als Rückfalloption zur Verfügung, sodass die Automatisierung in der Lage sein muss, sicherheitsrelevante Situationen selbstständig bewältigen zu können. Bei diesen Automatisierungsstufen ist die Fehlertoleranz

entlang der gesamten Automatisierungskette, angefangen vom Sensieren über das Planen bis hin zur Ausführung, entscheidend. Hier setzt das Projekt PRYSTINE an, mit dem Ziel, für die Automatisierungsstufen 3 bis 5 eine fehlertolerante Rundumwahrnehmung zu realisieren, die auf robuster Radar- und Lidar-Sensorfusion basiert.

Systemarchitektur

In dem Teilvorhaben „Entwurf der Systemarchitektur von Radarsensoren auf Grundlage identifizierter Szenarien“ hat die Hochschule Offenburg innerhalb des Projekts PRYSTINE an der Spezifizierung und dem Entwurf einer Systemarchitektur für einen neuartigen RF-CMOS basierten Radarchip mitgewirkt. Anhand der Anforderungen und Spezifikationen wurden mögliche Chip-Architekturformen erarbeitet und analysiert. Es hat sich als zielführend erwiesen, die geforderte Winkelauflösung über eine erhöhte Anzahl von Sende- und Empfangskanälen zu realisieren. In diesem Zusammenhang wurde die Möglichkeit der Kaskadierung mehrerer Radarchips betrachtet, die einen flexiblen Einsatz des Radarchips sowohl in preiswerten als auch in hochperformanten Systemen ermöglicht.





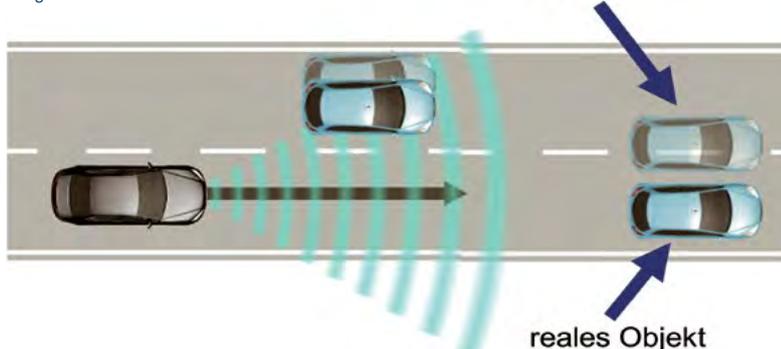
Fehler in Radarsensoren mit digitaler Strahlformung

Die Architekturen wurden hinsichtlich Sicherheit, Performanz und Robustheit bewertet. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Winkelmessung gelegt. Typischerweise werden bei Automotive Radarsensoren mehrere Sende- und Empfangsantennen (engl. Multiple-Input-Multiple-Output, MIMO) eingesetzt, um die Richtung zu bestimmen, aus der das Radarsignal zurückreflektiert wird. Die Antennen können dabei in äquidistanten oder auch nicht-äquidistanten Abständen innerhalb der Antennengruppe angeordnet sein. Über das Prinzip der digitalen Strahlformung (engl. Digital Beamforming, kurz: DBF) erfolgt die Richtungs- bzw. Winkelbestimmung mittels digitaler Signalverarbeitung.

Im Hinblick auf die dreidimensionale Erfassung der Umgebung gewinnt neben der Winkelmessung in Azimut die Bestimmung des Elevationswinkels zunehmend an Bedeutung. Die Kenntnis des Elevationswinkels ermöglicht eine Höhenschätzung, sodass z. B. überfahrbare von nicht überfahrbaren Objekten unterschieden werden können.

Toleranzen in der Hardware, Alterungseffekte und nicht ausreichend kompensierte Temperaturabhängigkeiten von Bauteilen sowie der Ausfall von einem oder mehreren Sende- und Empfangskanälen können nicht nur zu einer Performanzminderung, sondern auch zu einer Fehlinterpretation der Daten führen. Dies ist für das autonome Fahren in besonderem Maße kritisch, da hier eine Fehlinterpretation unmittelbar zu gefährlichen Situationen führen kann, siehe Abbildung 1.

Abb. 1:
Fehlerhafte Positionsschätzung



Die Winkelmessfähigkeit des Radars, die zur Positionsschätzung von Objekten benötigt wird, kann insbesondere durch Amplituden- und Phasenfehler der Sende- und Empfangskanäle bzw. Antennen beeinflusst werden. Für eine Bewertung der möglichen Fehler wurden verschiedene Monte-Carlo Simulationen durchgeführt. Anhand dieser Simulationen konnten die Auswirkungen in Abhängigkeit der Fehlergrößen innerhalb einer Antennengruppe analysiert und die mittlere und maximal zu erwartende Performanzdegradation abgeschätzt werden.

Die Abbildung 2 zeigt das Ergebnis einer Monte-Carlo Simulation mit 100.000 Durchläufen, bei der die Amplituden- und Phasenfehler im Bereich von ± 1 dB bzw. $\pm 30^\circ$ gewählt wurden. Die Darstellung zeigt im Vergleich zum idealen Wert die Mittel- und Maximalwerte des aus der Monte-Carlo Analyse resultierenden Gruppenfaktors aus vier Antennen.

Es ist ein deutlicher Anstieg der Nebenkeulen zu erkennen. Dieser kann zur Detektion von sogenannten Geisterzielen und damit zur Missinterpretation der Daten führen. Die maximale Fehlausrichtung der Antennenhauptkeule wurde zu $0,7^\circ$ bestimmt. Dies kann wie in Abbildung 1 gezeigt, z. B. zu einer fehlerhaften Positionsbestimmung vorausfahrender Fahrzeuge führen. Eine Reduktion dieser Winkelfehler kann durch geeignete Kalibrierungsverfahren erzielt werden. Hierzu wurden im Projekt Verfahren zur Selbstkalibrierung des Radars untersucht und getestet.

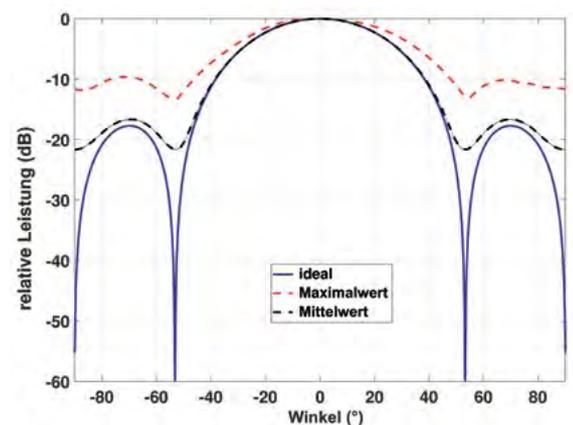


Abb. 2:
Ergebnis des durch die Monte-Carlo Simulation erhaltenen Winkelspektrums

Die Abbildung 3 zeigt die Vorderansicht des im Projekt realisierten hochauflösenden Radarsystems, das der Hochschule Offenburg für Untersuchungs- und Validierungszwecke von ihrem Projektpartner Infineon Technologies AG dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurde. Das hochauflösende 77 GHz Radarsystem verfügt über acht Sende- und sechzehn Empfangskanäle, dessen Antennen über die Mikrostreifenleitungstechnik als sogenannte Patch-Antennen ausgeführt sind. Anhand dieses dargestellten Radarsystems werden die Degradationsuntersuchungen durchgeführt.

Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projekts wird die Fehlertoleranz gegenüber Interferenzen betrachtet, die durch andere Radarsensoren verursacht werden, die im selbigen Frequenzband senden, siehe hierzu auch Abbildung 4. Diese Störungen können sowohl Falschziele hervorrufen als auch zu einer geringeren Empfindlichkeit für schwach reflektierende Objekte führen, was bei der steigenden Anzahl von Radarsensoren im Straßenverkehr eine gewisse Brisanz darstellt. Im Hinblick auf eine fehlertolerante Funktionalität, die für das autonome Fahren notwendig ist, bedarf es der Entwicklung intelligenter Interferenzvermeidungsstrategien.

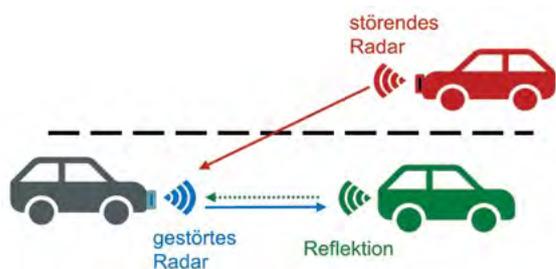


Abb. 4: Szenario für Radarinterferenz

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Förderung des Projekts im Rahmen von H2020 durch das Electronic Components and Systems for European Leadership Joint Undertaking (ECSEL) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit den Förderkennzeichen 783190 und 16ESE0426.

Ein weiterer Dank gilt unserem Projektpartner Infineon Technologies AG für die Zurverfügungstellung des hochauflösenden Radarsystems.

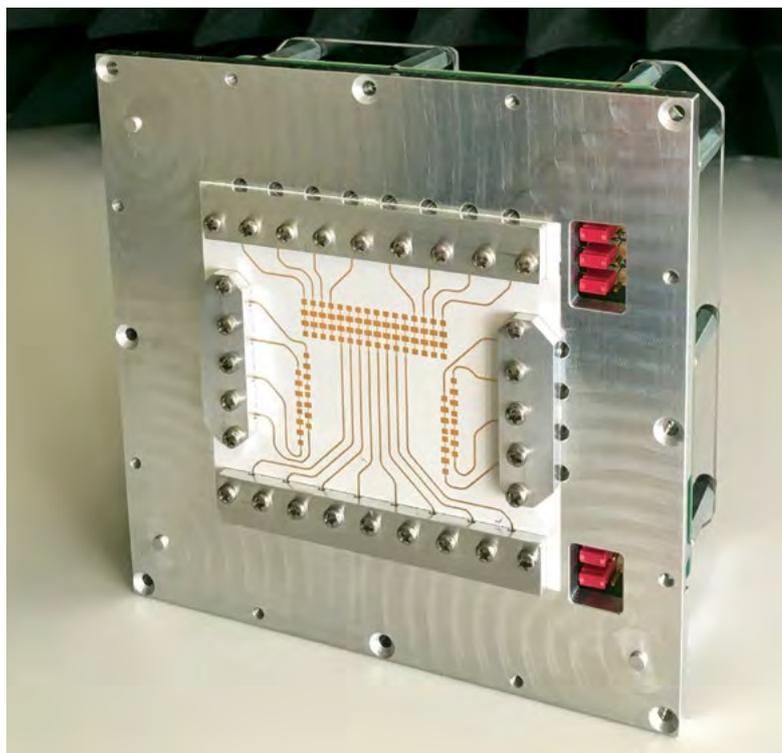


Abb. 3: Hochauflösendes Radarsystem

Referenzen/References:

- [1] R. Y. Kodari, M. Rösch and M. Harter, „Analysis of Amplitude and Phase Errors in Digital-Beamforming Radars for Automotive Applications“, 2020 21st International Radar Symposium (IRS), Warsaw, Poland, 2020, pp. 391-395
- [2] A. Musralina, R. Y. Kodari and M. Harter, „Investigation of the Angle Dependency of Self-Calibration in Multiple-Input-Multiple-Output Radars,“ 2020 IEEE Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), Hong Kong, Hong Kong, 2020, pp. 576-578
- [3] M. Harter, J. Hildebrandt, A. Ziroff and T. Zwick, „Self-calibration of a 3-D-Digital Beamforming Radar System for Automotive Applications with Installation Behind Automotive Covers,“ in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 64, no. 9, pp. 2994-3000, Sept. 2016

AUTOREN	
	Prof. Dr.-Ing. Marlene Harter Fakultät EMI, Stellvertretende Institutsleiterin IUAS, Hochfrequenz- und Radartechnik marlene.harter@hs-offenburg.de
	Alua Musralina M.Sc. Fakultät EMI, wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin IUAS, Labor Hochfrequenztechnik und EMV alua.musralina@hs-offenburg.de
	Joseena Memadathil Jose M.Eng. Fakultät EMI, wissenschaftliche Mitarbeiterin IUAS, Labor Hochfrequenztechnik und EMV joseena.mjose@hs-offenburg.de

Physical Distancing mit Spatial Anchors

Prof. Dr.-Ing. Hartwig Grabowski

Es wird ein neuer Ansatz zur Bestimmung des Abstands zweier oder mehrerer Smartphones zueinander vorgestellt. Dabei wird die Position des jeweiligen Smartphones im Raum bzw. im Gelände bezüglich eines Referenzpunkts (Spatial Anchor Point) ermittelt. Über einen zentralen Server tauschen die Smartphones ihre Position relativ zum Referenzpunkt aus und können daraus die Abstände zueinander berechnen. Unterschreitet der Abstand zweier Smartphones einen Schwellwert ($< 2\text{ m}$), erfolgt eine entsprechende Signalisierung auf den Smartphones.

A new approach for determining the distance between two or more smartphones is presented. The location of the smartphones in the terrain is determined with respect to a reference point (spatial anchor point). The smartphones send their position relative to the reference point to a centralized server which calculates the distances between them. If the distance between two smartphones falls below a limit ($< 2\text{ m}$), a corresponding alert is sent to the involved smartphones.

Motivation

Als Maßnahmen gegen die Ausbreitung des Coronavirus wird neben der Mund-Nasen-Bedeckung, einem Hygienekonzept, Lüften und weiteren Maßnahmen die Einhaltung von Mindestabständen („Physical Distancing“) empfohlen [1]. Die Umsetzung des „Physical Distancing“ kann mit technischen Hilfsmitteln unterstützt werden [2]. Im Rahmen dieser Arbeit soll ein neuer Ansatz vorgestellt werden, der mittels Smartphones ein auf Visual Simultaneous Localisation and Mapping (vSLAM) basierendes Verfahren [3,4,5] verwendet. Das Verfahren wird durch das Microsoft Azure Spatial Anchors-Framework [6] implementiert, das wiederum Google ARCore [7] für das eigentliche Tracking nutzt.

Spatial Anchors

Mit Azure Spatial Anchors können virtuelle Referenzpunkte (Spatial Anchors) im Raum gesetzt und verwaltet werden. Dazu muss der Nutzer, in der Rolle des Administrators, mit der Kamera diejenige Szene des Raumes erfassen, in der der virtuelle Raum-Referenzpunkt liegen soll. Aus den Kamerabildern wird eine Punktwolke im Raum berechnet, die dann den virtuellen Raum-Referenzpunkt repräsentiert (Abbildung 1). Sie wird für einen späteren Abgleich in einer zentralen Datenbank gespeichert.



Abb. 1:

Berechnung einer Punktwolke aus den Kamerabildern

(Quelle: <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/spatial-anchors/spatial-anchor-faq>)

Startet ein Nutzer nun das Tracking, muss er zunächst den virtuellen Raum-Referenzpunkt erfassen. Analog zum Erstellen des Referenzpunkts durch den Administrator muss nun der Nutzer mit seiner Kamera diejenige Szene des Raumes erfassen, in der der virtuelle Raum-Referenzpunkt liegt. Ist die Position jedes Nutzers relativ zum Referenzpunkt bekannt, können die Abstände aller Nutzer zueinander leicht berechnet werden.

Azure Spatial Anchors ermöglicht die Verwendung mehrerer Raum-Referenzpunkte, deren relative Lage durch ein Trackingvorgang ermittelt und zusätzlich in einer Datenbank gespeichert werden können. Die Verwendung mehrerer virtueller Raum-Referenzpunkte hat zum einen den Vorteil, dass die Nutzer an unterschiedlichen Positionen mit dem Tracking beginnen können und zum anderen kann das Tracking bei einer Unterbrechung oder Störung wieder fortgesetzt werden, sofern ein Raum-Referenzpunkt in Sichtweite ist. Diese Eigenschaft macht sich die hier vorgestellte Anwendung zunutze: Bei einer Störung des Trackings scannt der Nutzer quasi „im Vorbeigehen“ einen der Referenzpunkte und das Tracking kann fortgesetzt werden.

Implementierung

Jedes Smartphone bestimmt mit Azure Spatial Anchors seine Position und sendet diese an einen zentralen Server (Abbildung 2). Da der Aufwand für die Abstandberechnung quadratisch $O(n^2)$ mit der Anzahl der getrackten Smartphones wächst, wird hierfür ein Kubernetes-Cluster verwendet, das sich dynamisch der Last anpasst [8]. Für die Abstandsberechnung müssen natürlich nicht die Abstände aller Smartphones weltweit zueinander ermittelt werden, sondern nur diejenigen, die sich innerhalb eines Raumes bzw. Gebietes befinden. Der Nutzer muss also zunächst angeben, welchen Raum er betritt. Dies kann auf drei Arten erfolgen: per GPS- oder WiFi-Ortung, per QR-Code oder aus der Historie (letzter Raum). Die Abbildung 3 zeigt die Verwendung eines QR-Codes zur Bestimmung des jeweiligen Raums.

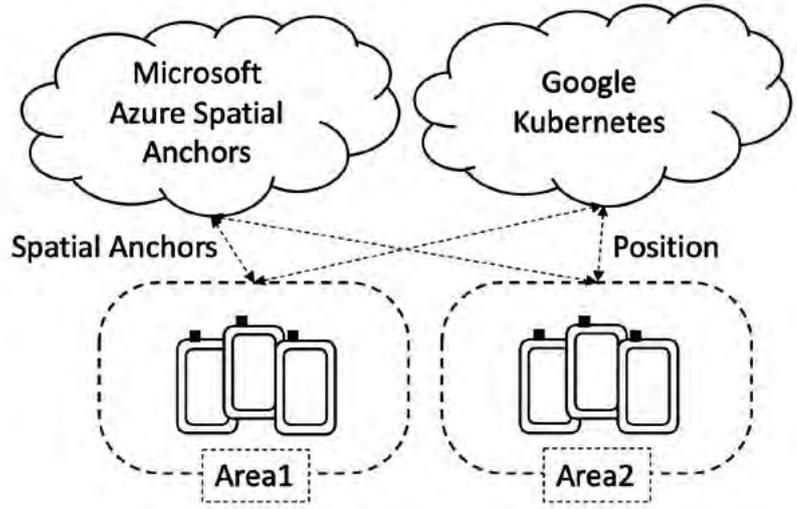


Abb. 2:

Die Kommunikation mit der Google Cloud erfolgt im 500ms Takt, die Kommunikation mit der Azure Spatial Cloud nach Bedarf. Der Nutzer muss zu Beginn einen Raum (Area) auswählen.

Abb. 3:

Der Administrator scannt eine Szene im Raum (a) und platziert einen Referenzpunkt (b). Die jeweilige Raum-ID wird in einem QR-Code encodiert und auf Papier bereitgestellt (c). Die Nutzer identifizieren durch den QR-Code den Raum. Wurde ein Referenzpunkt detektiert (grüne Kugel) beginnt umgehend das Tracking (d).



Ergebnisse

Serverseitig können die ermittelten Tracking-Punkte der Nutzer in einem Bild dargestellt werden. Die Abbildung 4a) zeigt die Tracking-Punkte eines Nutzers, der den Grundriss des Gebäudes abgelaufen ist. Der Referenzpunkt (grün) wurde nachträglich eingezeichnet. Im unteren Bereich (grau schattiert) ist deutlich zu sehen, dass das Tracking durch eine Störung unterbrochen wurde und nach erneuter Erfassung des Referenzpunkts wieder fortgesetzt wurde. Die Abbildung 4b) zeigt die Streuung der Tracking-Punkte beim Ablegen des Smartphones am gleichen Endpunkt nach mehrmaligem Ablaufen eines Wegs. Wurde der Referenzpunkt erneut eingescannt, wechselte die Farbe der Trackingpunkte. Die Streuung der gleichfarbigen Tracking-Punkte wird durch die Ungenauigkeit des SLAM-Algorithmus (ARCore) verursacht, wogegen der Abstand der unterschiedlich gefärbten Tracking-Punkte auf die Ungenauigkeit der Erfassung des Referenzpunkts zurückzuführen ist. Auf dem Server kann weiterhin dargestellt werden, an welchen Positionen zwei Nutzer zu eng aneinandergelassen sind ($< 2\text{ m}$) und eine Warnung versendet wurde. Diese Punkte - hier Accident-Points genannt - sind in Abbildung 4c) rot eingezeichnet. Eine Clusterung der Punkte deutet darauf hin, dass an diesen Stellen häufig der Mindestabstand unterschritten wurde.

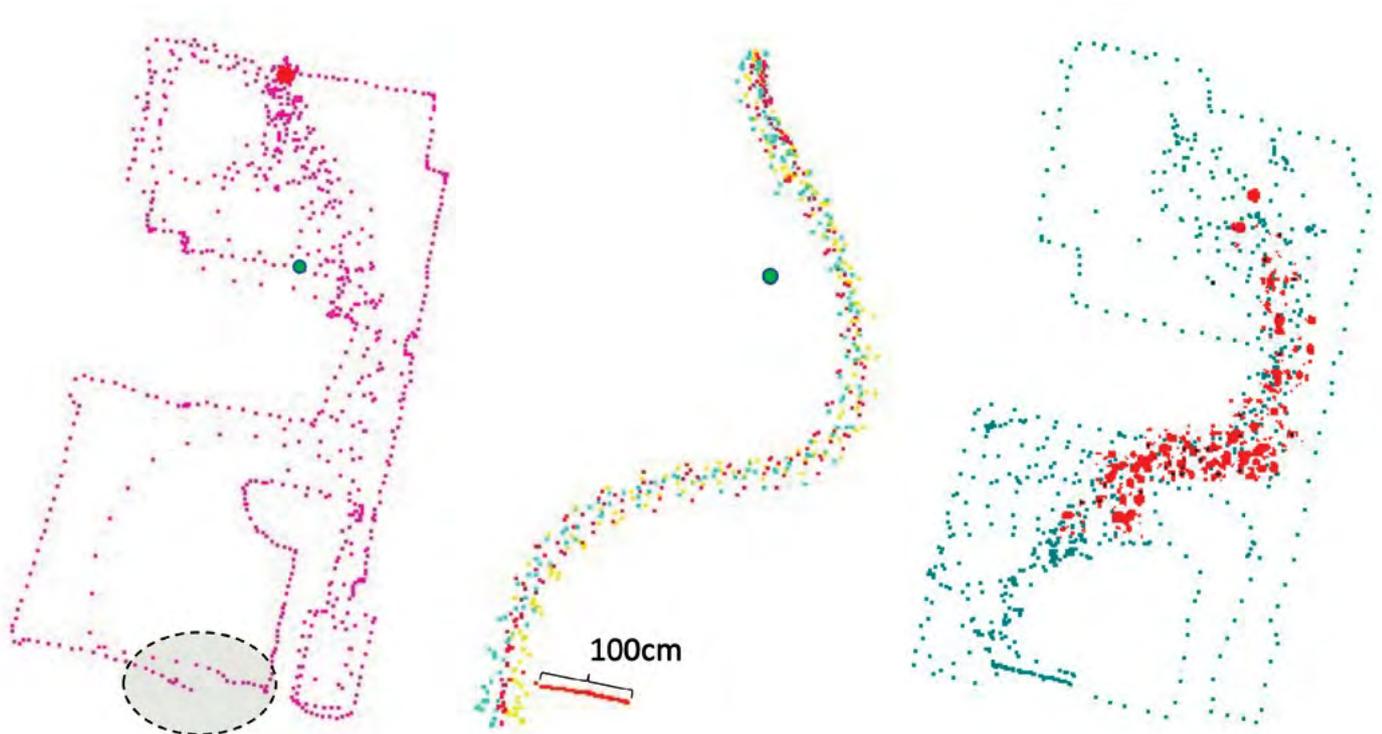


Abb. 4:

(a) Darstellung des abgelaufenen Grundrisses, (b) Streuung der Tracking-Punkte durch das SLAM-Verfahren und (c) Markierung der „Accident“-Points (rot) an denen zwei Smartphones zu eng aneinandergelassen sind

Erkenntnis

Für die Nutzung der Warn-App scheint die Genauigkeit des Verfahrens ($\sim 50\text{ cm}$) ausreichend. Für eine flächendeckende Nutzung zeigen sich jedoch einige Hürden:

1) Handhabung: Für das Tracking muss die Kamera des Smartphones immer freie Sicht haben, also mit einer speziellen Halterung am Körper getragen werden (Abbildung 5). Das Tragen dieser Halterung kann auf Dauer jedoch störend sein.

2) Stromverbrauch: Das SLAM-Verfahren ist rechenintensiv und findet auf dem Smartphone statt. Dies führt zu einem hohen Stromverbrauch, sodass sich die Laufzeit auf etwa zwei Stunden begrenzt.

3) Verfügbarkeit: Gegenwärtig unterstützen nur die modernen Smartphones ARCore [9]. Demnach können viele ältere Geräte nicht verwendet werden.

4) Komplexität: Das Verfahren erfordert einen Administrator, der die Referenzpunkte festlegt und gegebenenfalls den entsprechenden QR-Code erzeugt. Damit ist ein direktes „Loslegen“ ohne Vorbereitung nicht möglich.



Abb. 5:
Zwei mögliche Halterungen, um der Kamera immer freie Sicht auf die Szene zu ermöglichen

5) Robustheit: Das SLAM-Verfahren ist stör anfällig gegenüber „Schüttel-“Bewegungen, versehentlichen Abdeckungen der Kamera, Spiegel im Raum und der Erfassung rein homogener Flächen (z. B. nur weiße Wände ohne Struktur). Bei einer Störung muss eine erneute Erfassung eines Referenzpunkts erfolgen – bis dahin pausiert das Tracking. (Die erneute Erfassung erfolgt automatisch und je mehr Referenzpunkte gesetzt wurden, desto schneller findet sich ein Referenzpunkt nahe beim Nutzer.)

Das vorgestellte Verfahren bietet jedoch Potenzial für spezielle Anwendungen: In einem Betrieb kann ermittelt werden, wo laut Abstandsregel „kritische“ Bereiche sind (Bild 7c). Oder auch bei der Durchführung von Präsenzveranstaltungen können die Teilnehmenden mit geeigneten Smartphones ausgestattet und die Abstandsregel so besser umgesetzt werden.

Die App ist für Interessenten im Google Play Store als Beta-Release frei verfügbar [10]..

Referenzen/References:

- [1] WHO, „Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public“, <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>. Accessed 1st March 2021
- [2] Cong T. Nguyen et al., „Enabling and Emerging Technologies for Social Distancing: A Comprehensive Survey and Open Problems“, <https://arxiv.org/pdf/2005.02816> (v2). Accessed 1st March 2021
- [3] Raúl Mur-Artal, J. M. M. Montiel and Juan D. Tardós, „ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System“. IEEE Transactions on Robotics, vol. 31, no. 5, pp. 1147-1163, 2015.
- [4] C. Cadena et al., „Past, Present, and Future of Simultaneous Localization and Mapping: Toward the Robust-Perception Age“, IEEE Transactions on Robotics, vol. 32, no. 6, pp. 1309-1332, 2016
- [5] Taketomi, T., Uchiyama, H. & Ikeda, S., „Visual SLAM algorithms: a survey from 2010 to 2016“. IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications 9, Article number 16, 2017.
- [6] Microsoft (2020), „Azure Spatial Anchors overview“, <https://docs.microsoft.com/de-de/azure/spatial-anchors/overview>. Accessed 1st March 2021
- [7] Google Inc. (2018a), „ARCore, Fundamental Concepts“, <https://developers.google.com/ar/discover/concepts>. Accessed 1st March 2021
- [8] Google Inc. (2021), „Cloud Run“, <https://cloud.google.com/run>. Accessed 1st March 2021
- [9] Google Inc. (2021), „ARCore supported devices“, <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices>. Accessed 1st March 2021
- [10] Google Play Store, „PhyDis - Physical Distancing & Social Distancing“, <https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.hsog.phydis>. Accessed 1st March 2021

AUTOR



Prof. Dr.-Ing. Hartwig Grabowski
Institute for Machine Learning and Analytics (IMLA), Mobile Computing, Enterprise Applications
hartwig.grabowski@hs-offenburg.de



MEDIEN

Das Mediengebäude
auf dem Hauptcampus
in Offenburg

Ein zentrales Merkmal der Fakultät Medien stellt ihre hohe Interdisziplinarität in Lehre und Forschung dar. Diese Besonderheit wird durch unterschiedliche Schwerpunkte in den Disziplinen der Medieninformatik, der Medienwirtschaft, der Mediengestaltung und der Medientechnik deutlich.

Im Jahr 2020 wurden in den verschiedenen Bereichen einige interessante Drittmittelprojekte bearbeitet. Im Bereich IT-Sicherheit ist zum Beispiel das Projekt „CloudProtect“ zu nennen. In diesem Rahmen werden in Kooperation mit der Wirtschaft neue Ansätze für den Cloud-basierten Schutz und das Lizenzmanagement bei industriellen Softwarelösungen und Infrastrukturen erforscht. Gleichzeitig beschäftigt sich ein weiteres IT-Projekt mit der approximativen Histogramm-Methode für die Aggregation von Zeitreihendaten in Peer-to-Peer-Netzwerken.

Im Bereich der künstlerischen Forschung ist das transdisziplinäre Projekt „JARDIN GLOCAL“ anzuführen, welches sich aus medienökologischer Sicht mit dem Klimawandel und der Globalisierung auseinandersetzt. Darüber hinaus wurde das grenzüberschreitende Interreg-Projekt „Rhlnédits - Amateurfilm am Oberrhein“ zusammen mit der Universität Strasbourg und dem elsässischen Filmarchiv MIRA erfolgreich abgeschlossen. Dadurch wurde eine deutsch-französische „Kinemathek Oberrhein“ mit vielfältigen historischen Amateurfilmen geschaffen und öffentlich zur Verfügung gestellt.

Außerdem ist die Gestaltung von User Interfaces und die Analyse der damit eng verbundenen User Experience ein typisches Forschungsfeld der Fakultät, mit dem sich zahlreiche Kolleginnen und Kollegen aus verschiedenen Perspektiven auseinandersetzen.

Eine weitere Besonderheit der Fakultät Medien sind Ideenwettbewerbe, kulturelle Veranstaltungen, künstlerische Ausstellungen und Performances. Angesichts der Pandemie konnten diese im Jahr 2020 jedoch nur teilweise stattfinden. So musste die jährliche WERKSCHAU bedauerlicherweise ausfallen. Bei diesem besonderen Event werden in der Regel Projekt- und Abschlussarbeiten aus den Bereichen der Mediengestaltung, der Medieninformatik, der Medienwirtschaft und der Medientechnik präsentiert. Darüber hinaus werden in den Räumlichkeiten der Fakultät Installationen, Illustrationen sowie Medienproduktionen ausgestellt und die Filmhighlights aus den vergangenen Semestern gezeigt.

Vor diesem Hintergrund wurden die SHORTS als trinationales Filmfestival zum ersten Mal online veranstaltet, um die mediale und filmgestalterische Kompetenz der Studierenden trotz Corona öffentlichkeitswirksam zu präsentieren. Darüber hinaus existiert an der Fakultät das Innovationsnetzwerk THINK NEW, um verschiedenste Organisationen aus Wirtschaft, Kultur und Gesellschaft mit den Studierenden zu vernetzen. Diese Netzwerkarbeit konnte online ebenso erfolgreich weitergeführt werden.

Daneben zeigt sich die interdisziplinäre Vielfalt der Fakultät aber auch in zahlreichen Publikationen. In diesem Zusammenhang stehen beispielsweise die besonderen Anforderungen an das Management von Organisationen aus Wirtschaft, Kultur und dem Bildungswesen angesichts der Coronakrise im Fokus. Weitere Einblicke in die Forschungsarbeit der Fakultät werden in den nachfolgenden Beiträgen gegeben.

Dekanin Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock

Rhlnédits – Amateurfilm am Oberrhein

Prof. Götz Gruner, Dr. phil. Kay Hoffmann

Dieses französisch-deutsche Interreg-Projekt „Rhlnédits“ der Universität Strasbourg, des elsässischen Filmarchivs MIRA und der Hochschule Offenburg war sehr erfolgreich und ein gutes Beispiel für eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit. Der deutschen Seite kamen dabei die Aufgaben zu, Filme aus der Region Baden auszuwählen und zu kuratieren, sie technisch zu verbessern und zu konfektionieren, Filmprogramme zusammen zu stellen und das Logo für das Projekt zu entwickeln. Als Auftakt gestalteten Dr. Kay Hoffmann und Hochschulmitarbeiter Zaid Ghasib in den AV-Studios der Hochschule Offenburg einen dreiminütigen Trailer.

Prof. Götz Gruner, Leiter und Koordinator des Projekts auf deutscher Seite, machte mit Radio-, Fernsehbeiträgen und Interviews Rhlnédits in der Öffentlichkeit bekannt (Deutschlandradio, SWR-Fernsehen und SWR-Hörfunk etc.). Nach Start des Projekts, konnten weitere Partner wie die Universitäten Mainz und Freiburg oder das Kommunale Kino Freiburg für Rhlnédits gewonnen werden.

This Franco-German Interreg project “Rhlnédits” of the University of Strasbourg, the film archive MIRA and the Offenburg University was successfully completed in February 2021 and is a good example of cross-border cooperation. Scientists, media educators and the general public now have access to a Franco-German „Kinemathek Oberrhein“ with a thousand historical amateur films. Interested parties can now experience the history of the region from the private perspective of the people.

Mediathek Oberrhein

Im Zentrum des Projekts steht die Kinemathek Oberrhein, die unseres Wissens die erste grenzüberschreitende Kinemathek in einer solchen Form darstellt. Neben den Filmen gibt es Hintergrundtexte, die die Filme in einen historischen Zusammenhang stellen. Diese Texte wurden von Mitarbeitenden des Projekts sowie Studierenden aus Strasbourg und Offenburg erstellt, die auch durchaus grenzüberschreitend gearbeitet haben. An der Hochschule Offenburg haben Prof. Robert Gücker und Dr. Kay Hoffmann Seminare angeboten, in denen die Studierenden Texte dafür erstellt haben wie auch an der Universität Strasbourg, wo Studierende von André Gounot in einem Deutschkurs für Historiker ebenfalls Texte dazu erstellten. Die Hausarbeiten waren oft wesentlich umfangreicher und wurden von Kay Hoffmann entsprechend redigiert. Das Rhlnédits-Projekt hat die Studierenden motiviert, sich intensiv mit der Geschichte der Region zu beschäftigen. Zum Teil recherchierten sie intensiv in Archiven, Museen und Vereinen und sprachen mit Zeitzeugen oder Experten. Dadurch wurden das Projekt und die Mediathek in der Region bekannt. Die Studierenden haben durch das Projekt gelernt, wie sie sich Informationen beschaffen und in Texten ausformulieren können.



Insgesamt über 200 Filme aus Baden wurden von Kay Hoffmann nach intensiven Sichtungen in der Landesfilmsammlung Baden-Württemberg dafür ausgewählt. Sie stammen aus der Zeit zwischen 1910 und den 1970er-Jahren und repräsentieren den Alltag, die Kultur und die Geschichte des 20. Jahrhunderts. Insgesamt werden über 400 Filme in der Kinemathek Oberrhein veröffentlicht. Es ist immer wieder überraschend, von welchen Ereignissen Filme gedreht wurden. Sie sind das visuelle Gedächtnis der Region. Für das Projekt gesichert werden konnte der interessante Filmbestand des Freiburger Architekten Curt Balke, der zwischen 1928 und 1955 mit seiner 16mm-Kamera das Leben und die Freizeit seiner Familie dokumentierte, aber ebenso auch zeithistorisch wichtige Ereignisse. Durch eine Filmvorführung im Kommunalen Kino ist sein Enkel auf das Rhnédit-Projekt aufmerksam geworden und hat uns die Kopien angeboten, die in die Landesfilmsammlung aufgenommen wurden. Es wurde im Übrigen auch eine Zusammenarbeit mit dem Freiburger Archiv für soziale Bewegung vereinbart, damit die Filme von Solange Fernex für das Projekt genutzt werden konnten.



Die Mediathek Oberrhein kann zu einer grenzüberschreitenden Identität beitragen, da sie die Menschen rechts und links des Rheins mit ihrer gemeinsamen Geschichte und ihrem Verhältnis beschäftigt, das durchaus nicht einfach war. Letztlich ist es erstaunlich, dass sich Elsässer und Badener nach drei großen Kriegen (1870/71, 1914-1918, 1940-1945), in denen Ressentiments und Hass gesät wurden, nach 1945 so schnell ausgesöhnten. Dies deutlich zu machen, war ein wichtiges Ziel des Projektes.

Öffentliche Veranstaltungen

Neben dem Aufbau der Mediathek Oberrhein organisierte das Projekt zahlreiche öffentliche Veranstaltungen. Beim trinationalen Filmfestival ‚Shorts‘ der Hochschule Offenburg präsentierte sich das Projekt und es wurde der Kompilationsfilm „Rheinbilder“ gezeigt, den Kay Hoffmann und Zaid Ghasib gestalteten. Die beiden kompilierten auch den Film „Deutsche Amateurfilme über Frauen im Sport“, der am 15. Januar 2020 auf dem Symposium „Sportlerinnen im Fokus“ in Strasbourg gezeigt und diskutiert wurde. Bei der Präsentation der Mediathek Oberrhein am 22. März 2019 stellte Kay Hoffmann mehrere Filme vor und stellte sie zudem in ihren historischen Kontext. Am 8. Oktober 2019 fand die Anti-Atom-Tagung Mulhouse statt, bei der von deutscher Seite aus der bekannte Dokumentarfilmregisseur Didi Danquart eingeladen wurde. Auch im Kommunalen Kino Freiburg gab es zwei Vorführungen mit Amateurfilmen, bei denen das Projekt vorgestellt wurde. Eine dritte Vorführung mit Filmen von Curt Balke war für Ende 2020 geplant, musste aber wegen der Schließung des Kinos ausfallen. Ursprünglich geplant war auch eine internationale Tagung zu aktuellen Forschungen zum Thema Amateurfilm, die wegen der Corona-Pandemie leider ausfallen musste.

Bild Seite 46 oben: Adolf-Hitler-Straße in Colmar

Bild Seite 46 unten: provisorische Eisenbahnbrücke über den Rhein nach dem Zweiten Weltkrieg

Bild Seite 47 oben: Übergabe französischer Filme für die Aufarbeitung im Editing-Studio der Hochschule Offenburg (vlnr): Dr. Alexandre Sumpf (Projektleiter Uni Strasbourg), Prof. Götz Gruner (Projektleiter Hochschule Offenburg), Sophie Desgeorge (Mitarbeiterin MIRA Strasbourg), Prof. Dr. Robert Gücker (Hochschule Offenburg), Sven Barleon (Leiter Videostudio Hochschule Offenburg)

Bild Seite 47 unten: Freiburger Bürgermeister und französischer Besatzungsgeneral beim Sackhüpfen in Freiburg 1972

Veröffentlichungen / Pressearbeit

Beim internationalen Orphan Film Symposium der New York University, das 2020 im Filmmuseum Amsterdam stattfinden sollte und dann als Online-Symposium stattfand, präsentierte Kay Hoffmann das RhInédits-Projekt mit einer Filmcollage (<https://vimeo.com/421104115>), die er mit Manuel Laudien vom Haus des Dokumentarfilms zusammengestellt hatte. Eigentlich geplant war auch eine Präsentation des RhInédits Projekts beim Symposium „Bastard Film Encounter“, das vom 15.-16. Mai 2020 von Lichtspiel / Kinemathek Bern in der Schweiz, einem Partner des Projekts, vorbereitet wurde. Wegen der Corona-Krise wurde das Symposium zunächst auf Mai 2021 verschoben und inzwischen ganz abgesagt.

Im Buch „Klang und Didaktik: Lehren und Lernen mit allen Sinnen“, das von Prof. Robert Gücker von der Hochschule Offenburg herausgegeben wurde, wurden Beiträge von André Pörner („Die Rätsel des Paul Spindler oder ‚Fête hitlerienne à Gengenbach‘“) und von Kay Hoffmann („Der Rhein zwischen Romantik und Schwerindustrie – zu Filmen aus der ‚Kinemathek Oberrhein‘“) veröffentlicht, die beide im Zusammenhang mit dem RhInédits-Projekt stehen. In dem filmhistorischen Fachblatt „Filmblatt“ hat Kay Hoffmann das Projekt in dem Artikel „Über den Rhein hinweg. Die Kinemathek Oberrhein präsentiert das visuelle Gedächtnis einer deutsch-französischen Grenzregion“ vorgestellt. In dem Buchbeitrag „Sport im deutschen Südwesten in Amateurfilmen des 20. Jahrhunderts“, der in dem Buch „Sport in der audiovisuellen Medienkultur“ herausgegeben von Dr. Simon Rehbach von der Sporthochschule Köln veröffentlicht werden wird, zeichnet Kay Hoffmann die Geschichte des Sports am Oberrhein in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts nach.

Zum RhInédits-Projekt erschienen auf deutscher Seite zahlreiche Zeitungsartikel, Radiosendungen und Beiträge in den regionalen Fernsehnachrichten des SWR. Kay Hoffmann war 2019 zweimal zu Gast bei „Radio Bleu Alsace“, einem elsässisch-sprachigen Sender in Strasbourg.

Resümee

Das deutsch-französische Projekt „RhInédits. Amateurfilm am Oberrhein“ ist insgesamt wunschgemäß verlaufen und die meisten der angestrebten Ziele konnten erreicht



Deutsch-französische Besprechung (vlnr): Dr. Kay Hoffmann (Haus des Dokumentarfilms Stuttgart), Christiane Sibieude (Präsidentin MIRA Strasbourg), Dr. Alexandre Sumpf (Projektleiter Uni Strasbourg), Prof. Götz Gruner (Projektleiter Hochschule Offenburg), Laura Cassarino (Projektmanagerin Uni Strasbourg), Marion Brun (Mitarbeiterin MIRA Strasbourg)

werden, wobei die Corona-Pandemie die Arbeit 2020 erheblich erschwerte und auch einige geplante Aktivitäten ausfallen mussten. Wichtig waren die regelmäßigen Treffen der Teams in Strasbourg und Offenburg, die leider ab Frühjahr 2020 nicht mehr stattfinden konnten. Deutlich wurden auch unterschiedliche Einschätzungen und Mentalitäten, beispielsweise bei der Organisation von Veranstaltungen. Die Hochschule Offenburg war der minoritäre Partner im Projekt, weshalb viele der Veranstaltungen federführend vom Straßburger-Team durchgeführt wurden. Die gemeinsamen Besprechungen bezogen sich hauptsächlich auf organisatorische Fragen. Dadurch trat der fachliche Diskurs, die inhaltliche Abstimmung und die Transparenz von Entscheidungsabläufen allzu oft in den Hintergrund. Trotz dieser Schwierigkeiten verfolgten und erreichten die deutsch-französischen Partner gemeinsam das Ziel. Die Kinemathek Oberrhein ist im Netz verfügbar: <https://rhinedits.u-strasbg.fr/w/index.php/Accueil>

AUTOREN



Prof. Götz Gruner
Studiendekan mediengestaltung produkti-
on film animation grafik interaktion (mgp),
Animationsfilm, Experimentalfilm, Kunst-
geschichte, Philosophische Ästhetik
goetz.gruner@hs-offenburg.de



Dr. phil. Kay Hoffmann
Filmwissenschaftler am Haus des
Dokumentarfilms Stuttgart, Wiss. MA im
Interreg-Projekt Rhinédits - Amateurfilm
am Oberrhein
kay.hoffmann@hs-offenburg.de

JARDIN GLOCAL

Prof. Dipl.-Ing. Daniel Fetzner, Dr. phil. Dr. med. Martin Dornberg, Jürgen Reuß

Das künstlerische Forschungsprojekt DE/GLOBALIZE ist eine medienökologische Suchbewegung nach dem Terrestrischen. Im abschließenden Kapitel JARDIN GLOCAL schwenkt der Fokus von den Matters of Fact in Indien, über Matters of Concern in Ägypten hin zu Matter of Care am Oberrhein. Von Matter, Materie, über Mater, die Mutter-Erde, hin zum Garten – als eine Welt innerhalb von Welten, in die wir eingebettet sind.

The artistic research DE/GLOBALIZE is a media ecological search movement for the terrestrial. In the concluding chapter JARDIN GLOCAL, the focus turns from matters of fact in India, via matters of concern in Egypt to matters of care on the Upper Rhine Valley. From matter to mater, the mother earth, to the garden - as a world within worlds in which we are embedded.

1. ERDUNG

Während der weltweiten Pandemie schreitet der Klimawandel und die Ausbeutung weiter fort. Die Idee der Globalisierung suggeriert, dass wir Menschen nur einen Planeten bewohnen. Gleichzeitig wird immer deutlicher, dass wir definitiv nicht alle auf demselben Boden stehen. Die Parzellierung der Erde und die Sicherung der Privilegien schreiten voran. Aus der Vielfalt, wie wir an unterschiedlichen Orten leben, resultieren grundverschiedene Arten, die Erde zusammensetzen. Es sind längst verschiedene.

Die mediale Repräsentation dieser Prozesse ist ebenfalls nicht beliebig, sondern extrem folgenreich. Tatsachen sind eben keine reinen *matters of fact*, keine neutralen Objekte, sondern immer auch Projekte und Projektionen, eingebettet in interessegeleitete Relationen und Konstellationen. Die Akteur-Netzwerk-Theorie spricht deshalb von *matters of concern*. Der westlichen Welt ist durch die Pandemie klar geworden, dass vor allem die Sorge um den Planeten Erde und seine Lebewesen zählen muss. Wir sprechen mit vielen Anderen von *matters of care*, davon, dass es in allen Zusammenhängen jetzt vorrangig um Beziehungen von Sorge und Fürsorge gehen muss. Gleichzeitig müssen Chaos, Lust und das Nichthaft-Dunkle weiterhin eine Rolle spielen dürfen. Genau das ist es, was jedes Leben auch ausmacht. Der Fokus wandert aber vom Pol der Freiheit in Richtung Bindung, Bezogenheit und Abhängigkeit. Das Leben in und durch Symbiosen – diese Wirtsverhältnisse müssen wir gestalten. Wir leben nicht mehr auf der Erde, sondern mit, durch und für sie.



Abb. 1:
Start der Raumsonde in einem Steinbruch im Kaiserstuhl



Abb. 2:
Start der Raumsonde am Critical Zone Observatory der Universität Strasbourg in den Vogesen

In diesem Zusammenhang exploriert JARDIN GLOCAL den Oberrheingraben als Garten der Bezüge und Fürsorge. Schwerpunkt sind zwei terrestrische Streifzüge. Der erste fand im September 2020 in einem Steinbruch im Kaiserstuhl statt. Startpunkt der zweiten Sondierung war das Critical Zone Observatory in Aubure/Frankreich. Ein engelhafter Bote flog bestückt mit Sensoren und einem Stück Moos, getrieben vom Wind über den Oberrheingraben. In der kritischen Zone mutierte das Flugobjekt zu einem parasitären Objekt, das am Westrand der Schwäbischen Alb unmittelbar nach dem Überqueren der vierspurigen B27 jäh zu Boden stürzte.

JARDIN GLOCAL ist Teil der beiden Forschungsprojekte Clim'ability Design (Interreg) und Gendering MINT (BMBF). Das Projekt resultiert aus der Zusammenarbeit des Labors für Medienökologie der Hochschule Offenburg mit dem Zentrum für Psychosomatik und Psychotherapie am St. Josefs Krankenhaus Freiburg, dem Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften, dem Lehrstuhl für Physische Geographie der Universität Freiburg, Météo France sowie der INSA Strasbourg.

Die interaktive Dokumentation unter <http://deglobalize.com> dokumentiert die künstlerischen Streifzüge, die ein anderes Verhältnis zur Erde ausloten. Dabei geht es uns bewusst nicht um Eindeutigkeit, sondern um ästhetische und sinnliche Mehrdeutigkeit und um ein spielerisches Experimentieren.

2. LANDUNG

»Die Astronauten-Menschheit schwimmt im Raum wie ein Fötus in der amniotischen Flüssigkeit, mit der Plazenta der Mutter-Erde durch alle Nahrungskanäle verbunden.«

Michel Serres, Der Naturvertrag

Eine Raumsonde wird in den Vogesen mit Nilwasser aus der Performance NILE VODOO¹ getauft. Ein Heliumballon nimmt das Objekt auf die Reise durch die Kritische Zone. In einer Höhe von 37 km ist der Ballon durch den geringen Luftdruck auf 16 m Durchmesser angewachsen. Die Kautschukhaut platzt bei einer Temperatur von -61 °C. Nach dem zweistündigen Flug taumelt das Objekt zu Boden. Auf der Soundspur Koyaanisqatsi, das Hopi-Wort für Leben im Ungleichgewicht. Reinszenierung einer Anthropozänkritik avant la lettre aus den frühen 80ern, die Prophezeiung damals: »Ein Behälter voller Asche wird vom Himmel fallen, der das Land verbrennt und die Ozeane verkocht.«

Auf dem imaginären Höhepunkt seiner Wirkmacht, an dem Punkt, an dem seine Spezies sich geologisch auf Jahrtausende in die Erdkruste einzuschreiben begonnen hat – wenn auch erst im Zentimeterbereich – an dem Punkt, an dem er winzige Geschosse schwerkrafttrotzend durch die final frontier katapultiert und den Raum für biosphärische Begärtnerfantasien geöffnet hat, platzt sein Traum von grenzenloser Weite an der Außenmembran seiner home base. Der extrapolierte Zeitpfeil, auf

Abb. 3: Explosion der Raumsonde in 37 km Höhe in der Stratosphäre bei -61 °C



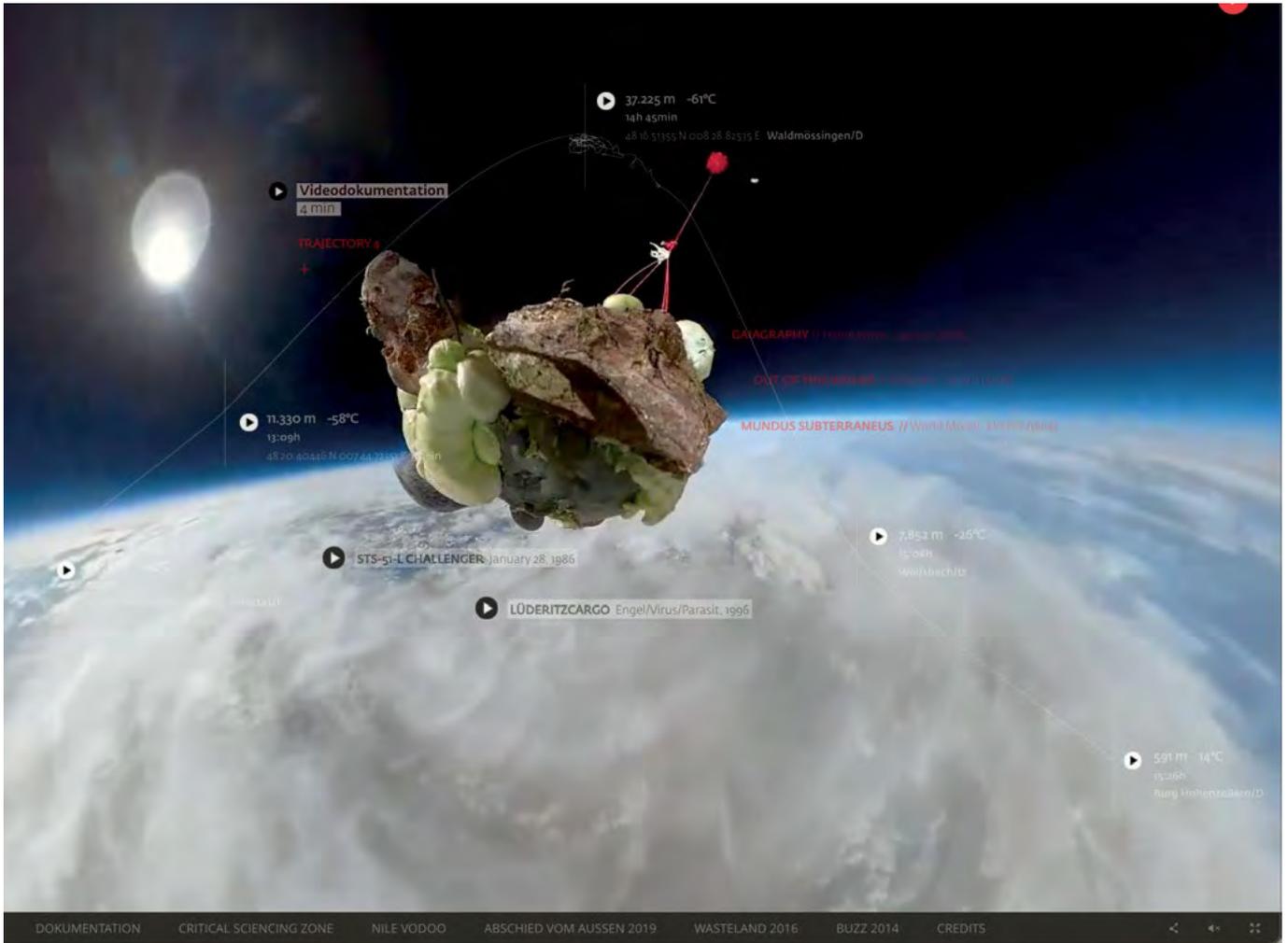


Abb. 4:
Interaktive Website
des Projektes unter
<http://deglobalize.com>

dem sich der Mensch in die Zukunft schießt, schmiert unter dem Ballast seiner Stoffwechselprodukte ab. Die Welt als Hyperbel. Alles hat einen Grenzwert. Der fossile Treibstoff, trinkbares Wasser, die Fische im Wasser, der anthropophile Atem der Pflanzen, beubarer Boden, betonierfähiger Sand, speicherfähiges Lithium. Vom beschwingten Versprechen der *blue marble* als gemeinsam behütete Kostbarkeit bleiben die – anthropozentrisch gesehen – vergeblichen Mühen der Ebene in einer critical zone. Für die eh schon dreimal gekränkte Krone

der Schöpfung ist das der endgültige Schubs in eine depressive Nach-uns-die-Sintflut-Agonie.

DE\GLOBALIZE erzählt die Welt anders. Ließ Koyaanisqatsi eine mit Fatalismus bestückte Rakete die Hyperbel beschreiben, ist es bei JARDIN GLOCAL eine mit Sensoren, Flechten und Moos bestückte Samenkapsel. Neugier, Spieltrieb und keimfreudige Kreativität statt über Koyaanis-, Powaq- und Naqoyqatsi² abwärts spirallende Depression. Hyperbel als Hüpfburg, nicht ballistische Flugbahn. Aber wenn wir tatsächlich wie »ein Wesen, das die Lebenskräfte anderer Wesen aufbraucht, um sein eigenes Leben zu fördern« (Powaqqatsi) auf der Erde eingeschlagen sind – sei es als Auswurf der Ursuppe oder als Ding aus einer anderen Welt? Das entspräche der Definition eines Parasiten. Im 80-er-Film war das ein moralisches Urteil. DE\GLOBALIZE baut nicht an Standpunkten für Urteile, sondern greift als Künstlerische Forschung die These vom Menschen als Parasiten forschend auf, fragt, wie parasitäre Ökologien aussehen und überlegt künstlerisch, wie sich nach Inkubation und Zwischenwirtbesiedlung Eier im Kunstbetrieb legen lassen.



Abb. 5:
Engel, Parasit und
Meteor in einem nach
der Landung

So 2015 geschehen mit *BUZZ 03 – Parasitäre Ökologien*³, dem ersten Anlauf des Langzeitprojekts *DE\GLOBALIZE*. Was vermutet der Mensch, der zu 90 % aus Mikrobenzellen und nur 10 % aus eigenen Zellen besteht, in dessen Darm mehr Bakterien zu Hause sind als Sterne in unserer Galaxis, wie unsere Welt funktioniert, wenn nicht parasitär? Zeit, anzuerkennen, dass Menschen, Tiere, Pflanzen, Mikroben, Dinge, Theorien und Medien sich in unterschiedlicher Weise ineinander falten und parasitieren. Zeit für ein *Parasitäres Manifest*⁴: Wir leben im Parasitozän, sind Bestandteil nicht Chef. Die Einsicht, dass der Mensch nichts als ein Lebewesen unter Lebewesen, ein Symbiont unter Symbionten ist, liest *DE\GLOBALIZE* nicht als Katastrophe, sondern als Kunst des Zusammenlebens, der kleinteiligen Symbiogenesen, des Konvivalismus, der Fürsorge. Wenn etwas moralische Urteile auf sich ziehen und zu Ende gehen kann, dann die grausame, destruktive Geschichte von Kriegen und Ausbeutung. Der Mensch als Parasit, so die politische Hoffnung des Parasitären Manifests, steht für ein Zeitalter der Verteilung, Mitteilung und des Teilens. Das Parasitentum ist der Grund der Beziehung, die Geschichte aller bisherigen Gesellschaft ist die Geschichte von Symbiogenese, Parasitierung und Kohabitation.

Wie veranschaulicht man die Leistung des Erdsymbionten Mensch? Als Ausgangsbild für den nächsten Schritt wählt *DE\GLOBALIZE 2016* mit *WASTELAND* den Ausbruch des Tambora-Vulkans von 1815. Megatonnen von mit Mikroorganismen durchsetzten Staubteilchen werden als Blutregen durch Luftströmungen rund um die Erde verteilt und führen zu Missernten, Hungersnöten, politischen Revolten und grandiosen Abendstimmungen in den -Gemälden von William Turner. Produziert der Mensch nicht ähnliche Partikelströme? Nuklearen Fallout oder globalen Blutregen aus Plastikmüll? Der Mensch saugt so viel Kohle, Gas, und Öl aus der Erde, um es sich auf seinem Wirtskörper gemütlich zu machen, dass heute 100 Eyjafjallajökulls gleichzeitig ausbrechen und rund um die Uhr brennen müssten, um allein den CO₂-Ausstoß der USA zu erzeugen.⁵ Welche Lebensbedingungen möchte der Mensch sich schaffen, indem er das, was pflanzliche Organismen in Jahrmillionen durch Fotosynthese in der Biosphäre eingelagert haben, abfackelt? *DE\GLOBALIZE* parasitiert zwei müllologische Zukunftslabore, in Kairo und in Eschbach, in denen sich der menschliche Symbiont inmitten seiner globalen Stoffwechselprodukte eingenistet hat. Die Dokumentation in 360 °-Video saugt auch die Betrachtenden mit in die parasitäre Anordnung hinein. Der

Parasit kennt kein distanzierendes Außen, nur den intimen Kontakt, verfließende Grenzen, gärende Austauschprozesse. Es gibt kein weg, wohin Müll sich entsorgen ließe. Auch die Feuer der Müllverbrennung sind keine reinigende Kraft, sondern Metabolismus, der in die Atmosphäre verflüchtigt und verdichtet in den Boden verschlackt. Müll ist Atem und Humus. Der Mensch als Auswurf vulkanisch befeuerter Ursuppe ist selbst Vulkan, erbricht seine Stoffwechselprodukte über sich und die eigene Biosphäre. Ständige Symbiogenesen, Konvivalismus. Durch uns, mit uns, in uns und um uns herum, Koevolution bei der Arbeit.

Zeitgleich mit der Entdeckung Amerikas, der endgültigen Rückkrümmung des imaginierten endlosen Horizonts ins Kugellinnere des Terrestrischen, stürzt in Ensisheim ein Meteor vom Himmel und landet 2019 als Gravitationszentrum in der Ausstellung *ABSCHIED VOM AUSSEN*. Sichtbares Zeichen für die gestrandeten high, high hopes, dass irgendwo ein Außen existiert, in dem immer neue Erden warten und in das die verbrauchten sich entsorgen lassen. Physikalisch gesehen mögen wir Sternenstaub sein, vielleicht sogar auf einem Meteor als Ding aus einer anderen Welt gelandet sein, aber als biologische Entitäten sind wir untrennbar mit unserem Wirtskörper verflochten. Der Parasit kennt kein Außen, alles ist ihm Hohlwelt. Menschen sind über nichts erhaben, sondern immer mittendrin. Die Ressourcen, Wirklichkeiten, Gefahren und Möglichkeiten einer Erde, die sich fortlaufend differenziert und faltet, Nischen, Überlappungen, Krümmungen, Bruchkanten und Höhlen bildet, liegen in ihrem Innern. Es geht nicht um grenzenlose Ausdehnung, den Griff nach den Sternen oder die Kolonisierung ferner Galaxien. Grenzenloses Wachstum schon, aber nicht evolutionär, sondern involutionsär. Die Welt wird nur denen eng, die schon im 18. Jahrhundert ihren zukünftigen Superhelden *Orbis non sufficit*⁶ ins Familienwappen hineingelogen haben. Für all das *Stay up on that rise and never come down* ist jetzt tatsächlich *Panic! At the Disco*.⁷ Besser: ein drittes Ohr als achtes Hauptchakra involvieren und auf die Sounds zwischen Strato- und Mikrobensphäre einschwingen. Tune in auf Vielfalt und Pflege von Innen- und Hohlwelten: Landschaften, Dinge, Lebewesen und deren Bedürfnisse, Wahrnehmungen und Verletzlichkeiten, matters of concern. *ABSCHIED VOM AUSSEN* ist keine Trauerfeier, sondern Rausch eines unermesslichen Weltbegegnungsraumes, in dem Prozesse eines umfassenden Stoffwechsels und involutionsärer, artübergreifender Vernetzung erfahrbar werden.

ABSCHIED VOM AUSSEN ist kein Esoterisch. DEGLOBALIZE arbeitet nicht esoterisch, sondern exoterisch. Komplexe Inhalte transparent und nachvollziehbar machen, wo gewohntes Weiter-so am obskurantischen Gedanken klebt, dass sich schon noch eine zweite Erde auftun wird. Dass die Evolution im Menschen ihre Vollendung gefunden hat, und nicht Involution unablässig weiterknüpft, ob mit oder ohne Menschen. DEGLOBALIZE zieht mit JARDIN GLOCAL Zwischenbilanz für das nicht-obskurantisch erkundete Terrain eines parasitären WASTELAND ohne Außen und fragt: Wo landen? Wie lässt sich eine Wirklichkeitskonstruktion veranschaulichen, die die Handlungsmacht des Menschen anerkennt, ohne zu verdrängen, dass er weder alle Fäden in der Hand hält, noch alle auf ihn zulaufen, er aber trotzdem komplett hineinverstrickt ist. Welches Bild lässt sich für einen Ort finden, um den mit Hilfsbegriffen wie das Terrestrische, Gaia, Noosphere, Chthuluzän und anderen um Worte gerungen wird? JARDIN GLOCAL versucht es mit dem Bild eines global-lokalen Gartens.

Kein wildwucherndes Durcheinander der Akteure, sondern ein kooperierendes Ringen, Aushandeln, gegenseitiges Hegen und Pflegen, *maters of care*. Eher symphonisch gedacht, weder vollverkachelter Traum eines Fliesenlegers zwischen Kunstdüngesack und Glyphosat, noch spinerte Garten-Eden-Schmonzette, in der das Lamm den Löwen mit Kohlrabi füttert und der Mensch im Juteleibchen Wissenschaft und Forschung auf dem Komposthaufen eines antiaufklärerischen Spinatökologismus zum Opfer bringt. Gaia ist nicht nur Kräuterernten bei Vollmond, sondern auch Industriepark und Gewächshaus. Technologie und Biologie sind kein Gegensatz. Nachdem Merleau-Ponty den Tastsinn in den Blindenstock wuchern ließ und McLuhan das Nervensystem in die elektronischen Netze gestülpt hatte, evolutionieren die Netzwerkeuphoriker sich davon wieder weg in algorithmisch gepimpte superintelligente Endloshorizonte, um die unausweichliche Kurve der Involution ins Terrestrische doch noch geradezubiegen. Fluchtpunkte auf einer Geraden ergeben in der Critical Zone aber wenig Sinn, oszillieren eher zwischen Landen und Stürzen. Hüpfburgen statt Startrampen.

Der Volltext JARDIN GLOCAL (56 Seiten mit zahlreichen Abbildungen) ist erschienen in der Schriftenreihe der Hochschule Offenburg, Nr. 7, ISBN: 978-3-943301-30-4

Das Projekt wurde gefördert mit Mitteln der Hochschule Offenburg, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sowie des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung.

*Dank an die Forscherkolleg*innen des INTERREG-Projekts Clim'ability Design Benjamin Schnitzer (Hochschule Offenburg), an Sophie Roy und David Pelot (Météo France), an Florence Rudolph (INSA Strasbourg), an Rüdiger Glaser, Nicolas Scholze, Josephine Binder, Ellen Schäffel, Andreas Christen, Markus Sulzer (Universität Freiburg) sowie an die Forscherkolleg*innen des BMBF-Projektes Gendering MINT digital Stefan Salm, Max Seidel, Vincent Schulist und Louis Leininger (Hochschule Offenburg) sowie Sören Schaudel und Marion Mangelsdorf (Universität Freiburg). Herzlichen Dank auch an die Forscherkolleg*innen Marie-Claire Pierret und Solenn Cotel vom Critical Zone Observatory in Aubure und der Université de Strasbourg, an den Forscherkollegen Dragos Saracsan für die umfangreiche Ballonberatung, an den Moosexperten Michael Lüth, an die Studierenden Arvin Nesselhauf, Marvin Kleinhaus, Zoe Niemann und Anton Karwath sowie den Teilnehmer*innen der Seminare Medienkunst und Interaktive Medien an der Hochschule Offenburg. Nicht zu vergessen dem Rhythmusgeber Konrad Wiemann im Steinbruch, den Fahnenträgern Derk Janßen und Till Philip Koltermann, dem Winzer Konrad Salwey, Nicoletta Torcelli von Ökologics sowie der Grafikerin Alexandra Arènes und Antonia Salm.*

Fußnoten:

- ¹ 2018 <http://deglobalize.com/#NILEVODOO>
- ² Zur zivilisationskritischen Qatsi-Trilogie von Godfrey Reggio siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Koyaanisqatsi>
- ³ Fetzner/Dornberg (2015) <http://parasite.metaspacespace.de>
- ⁴ Fetzner/Dornberg (2015) <http://moe.lab.mi.hs-offenburg.de/buzz/manifest.pdf>
- ⁵ Vgl. Andri Snær Magnason: Wasser und Zeit. Eine Geschichte unserer Zukunft. Insel Verlag, Berlin 2020
- ⁶ Familienmotto des 1734 verstorbenen Sir Thomas Bond, Urahn von James ‚007‘ Bond
- ⁷ https://youtu.be/fH_OnJk6QqU

AUTOREN	
	<p>Prof. Dipl.-Ing. Daniel Fetzner Labor für Medienökologie HS Offenburg Künstlerische Forschung daniel.fetzner@hs-offenburg.de</p>
<p>Dr. phil. Dr. med. Martin Dornberg dornberg@mbody.metaspacespace.de Jürgen Reuß juergen.reuss@gmx.de</p>	

Approximate Histograms for Time Series Data Aggregation in Peer to Peer Networks

Saptadi Nugroho M.Sc., Professor Dr.-Ing. Andreas Christ, Professor Dr. rer. nat. Christian Schindelhauer

In Multiagent-basierten Steuerungssystemen benötigt ein Agent eine Peer-to-Peer-Kommunikation, um die Daten mit anderen Agenten auszutauschen. Ein Agent hat einen Sensorknoten, der einen Zeitreihendatenwert erzeugt. Die durch Agenten repräsentierten Knoten schätzen die Anzahl der Knoten im Netzwerk. Ein Knoten interagiert mit anderen Knoten, um den Durchschnittswert bei jedem Zeitschritt der Zeitreihendaten mit einer approximativen Histogramm-Methode zu berechnen. Während des Kommunikationsprozesses verwendet ein Knoten ein aktives Flag, um die Nachricht auszutauschen und den Aggregationsprozess durchzuführen.

In multiagent-based control systems, an agent needs a peer to peer communication to exchange the data with other agents. An agent has a sensor node that produces a time series data value. The nodes represented by agents estimate the number of nodes in the network. A node interacts with other nodes in order to calculate the average value at each time step of time series data by using an approximate histogram method. During the communication process, a node uses an active flag to exchange the message and perform the aggregation process.

A software agent collects data values taken by a sensor. The agents require a peer to peer communication to solve a problem cooperatively. They exchange data and perform the aggregation process. A node can use a grouping algorithm to calculate the average data value.

Related Works

In the rumor-based approach [1], every node exchanges the messages with its neighbors in the communication graph $G_t = (V, E_t \subseteq V \times V)$ of round $t \geq 1$ obtained by the randomized process. In a standard Gossip algorithm [2], the nodes exchange the information asynchronously, compute the average value with their one-hop neighbors, and repeat the process for calculating data using aggregation functions in a time instance in every round. The aggregation functions can be classified into distributive (*count, sum, max, min*), algebraic (*average, variance*). The needs to compute an approximation of aggregate data value is important because of the growing number of agents in the network. The number of nodes in the communication graph can be estimated by using extrema propagation technique [3]. A histogram of the observed data consisting of the interval value of data and the approximate counter to count the number of nodes could be used to get the average estimation of data in a network [4].

We investigate the grouping value technique [4] for averaging time series data of nodes in a peer to peer network. The node data values are updated frequently and mapped into a histogram according to their values. The histogram of data values is illustrated in Figure 1.

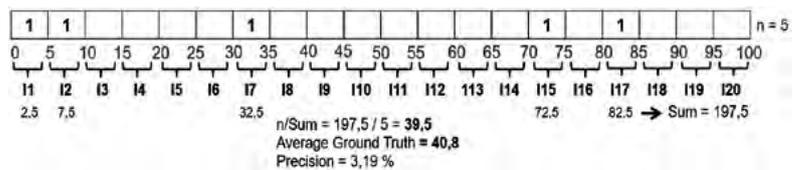


Fig. 1: Critical Zone Forscher im Erdlabor am IISc, Bangalore

Method

A time series data value of $x_t \in \mathbb{R}_0^+$ produced by an agent-based sensor are collected by applying parallel communication in the communication graph of $G_t = (V, E_t \subseteq V \times V)$. Each agent-based sensor may update and change the data value of x_t at each time step t . The nodes compute an aggregation function of f in r rounds using management protocol of peer to peer network. For comparison issues in the simulation an observer will calculate the ground truth of the average value of inputs of all nodes in the network at time t , that is calculated as follows.

$$f_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n x_t(i)}{n}$$

Each node has a collection of L minimum independent random variable [3] distributed exponentially for estimating the number of nodes n in the network [4][5]. The time series data value of nodes has the minimum value of $x_{min} \in \mathbb{R}_0^+$ and the maximum value of $x_{max} \in \mathbb{R}_0^+$. Each subinterval of the histogram has a middle point i_j . The middle point is given by

$$i_j = \frac{Nx_{min} + (x_{max} - x_{min})(j - \frac{1}{2})}{N}$$

where $N \in \mathbb{N}^+$ and $1 \leq j \leq N$. The subinterval saves the number of nodes n_j which is the result of calculating the difference between the number of nodes joining and leaving the subinterval. The approximation of the average value is defined as follows [4]:

$$\hat{f}_{avg} = \frac{\sum_{j=1}^N n_j i_j}{\sum_{j=1}^N n_j}$$

Each node has an active flag $r_{flag} \in \{0,1\}$ and a map message of the histogram [5]. Figure 2 illustrates the communication process between two nodes. The two nodes will perform the aggregation process if both active flags are equal to one [5]. Otherwise, the message of the node that has active flag of one will be copied to the node that has active flag of zero. The active flag of a node will be set to 1 when a node produces a new data value. If both active flags of nodes are equal to one during the communication process, one node will change its flag value to zero after performing the aggregation process.

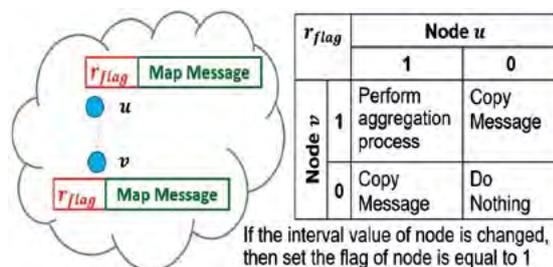


Fig. 2: The Communication Process

Referenzen/References:

[1] R. Karp, C. Schindelhauer, S. Shenker, B. Vöcking: "Randomized Rumor Spreading", Proceedings 41st Annual Symposium on Foundations of Computer Science, IEEE, pp. 565-574, 2000
 [2] D. Shah, "Gossip algorithms", Foundation and Trends in Networking, vol. 3, no. 1, pp. 1-125, 2009
 [3] Baquero, C., Almeida, P.-S., Menezes, R., Jesus, P.: Extrema Propagation: Fast Distributed Estimation of Sums and Network Sizes. Journal of IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems 23(4), 668-675 (April 2012)
 [4] Cichon, J., Gotfryd, K.: Average Counting via Approximate

Future Work

We are currently working on analyzing the time series data aggregation in peer to peer network. The approximate grouping messages algorithm applied in peer to peer network contributes a reasonable approximation of averaging data for time series data values produced by agents. We plan to investigate the complexity of this grouping the message algorithm and report on these results in detail in future work.

Acknowledgments

This work was supported by the Indonesian Endowment Fund for Education (LPDP) under the BUDI-LPDP scholarship program. The authors acknowledge supports from Offenburg University of Applied Sciences and Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

AUTOREN



Saptadi Nugroho M.Sc.
 FPhD Student (Hochschule Offenburg/
 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)
 Forschungsgruppe: Peer-to-peer networks
 saptadi.nugroho@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ,
 Fakultät M, Wiss. Leiter Mobile
 Kommunikation und Wellen, Lehrgebiete:
 Mikrowellentechnik, Mobilkommunikation
 christ@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Christian Schindelhauer
 Institut für Informatik, Rechnernetze und
 Telematik, Lehrgebiete: Rechnernetze und
 Verteilte Algorithmen
 schindel@tf.uni-freiburg.de

Histograms. Journal of ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN) 14(2), 8.1|8.32 (July 2018)
 [5] Nugroho S., Weinmann A., Schindelhauer C., Christ A. (2020) Averaging Emulated Time-Series Data Using Approximate Histograms in Peer to Peer Networks. In: De La Prieta F. et al. (eds) Highlights in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Trust-worthiness. The PAAMS Collection. PAAMS 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1233. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51999-5_28

Corona-Management vom Krisenmodus zum Transformationsmanagement

Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer

Die Corona-Pandemie stellte nicht nur die Gesellschaft und Politik, sondern viele Organisationen aus dem Feld der Unternehmen, der Kultur und des Bildungswesens vor neue Herausforderungen. Branchenunabhängig wurde deutlich, wo etwa im Bereich der digitalen Transformation Nachholbedarf besteht. Dies erfordert von den Verantwortlichen ein klares Transformationsmanagement, das neben dem Krisen- und Risikomanagement unterschiedliche Elemente aus der Organisationsentwicklung und dem Changemanagement kombiniert und in ein Managementsystem integriert.

The pandemic situation in 2020 created new challenges for society and the different organizations and decision makers in business, culture and education. In all segments it was a process which revealed the weakness of current transformation processes, especially in the field of digital transformation. Therefore, risk and crisis management, strategic and transformation management integrated into one management system has to follow an integrative approach including the field of change management and organizational development.

Anfang 2021 sind die kurz-, mittel- und langfristigen Folgen der Corona-Pandemie für viele wirtschaftliche und gesellschaftliche Bereiche noch nicht absehbar. Neben klassischen Wirtschaftsbranchen wie Handel und Gastronomie, die von den Lockdown-Phasen besonders stark betroffen sind, haben die neuen Hygieneanforderungen neben der Tourismusbranche auch viele Einzelselfständige im Umfeld Beratung, Kommunikation und Kultur zum Teil existenziell betroffen. Zugleich gibt es in Verbindung mit dem externen Veränderungsdruck durch die Pandemie auch den bekannten Katalysatoreffekt, der vorhandene Transformationsprozesse und die damit verbundenen Änderungen der Marktstrukturen vor allem beschleunigt hat, jedoch nicht als eigentliche oder gar einzige Ursache gesehen werden kann. Es stellt sich daher die Frage, wie aus Sicht der Managementtheorie und Managementpraxis das Transformationsmanagement definiert und positioniert werden kann, das an die vorausgehenden Entwicklungen der digitalen Transformation und des digitalen Transformationsmanagements andockt und darüber hinaus auch den spezifischen Anforderungen des coronabedingten Transformationsmanagements entspricht. Hier lassen sich die theoriebasierten Definitionen mit den Anforderungen der konkreten Managementsituation abgleichen, die in Einzelfällen auch coronarele-

vante Detailfragen wie die der Kommunikation [1] gesondert dokumentieren.

Transformation

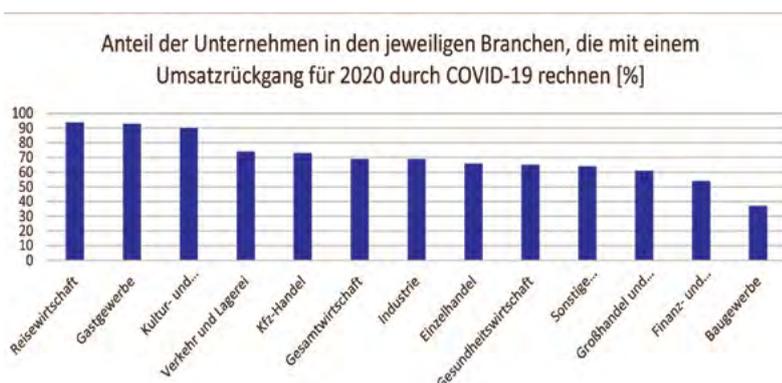
Betrachtet man Institutionen, Unternehmen etc. als soziotechnische Systeme, so wird deutlich, dass Organisationen, aber auch die eingebundenen Akteure, seien es nun Mitarbeitende oder Führungskräfte, sich permanent mit Veränderungen befassen müssen. Dabei haben sich zwei typische Grundmuster herausgebildet, die man sich im Zusammenhang mit den Transformationsprozessen vergegenwärtigen muss.

Das traditionelle Konzept der Organisationsentwicklung fußt auf dem systemtheoretischen Managementansatz und den verhaltenswissenschaftlichen Theorien. Aus diesen eher idealistischen Ansätzen der Gestaltung einer humaneren Arbeitswelt hat sich eine Disziplin entwickelt, die der Optimierung von Wirtschaftsunternehmen und Organisationen dient. Schwerpunkte sind dabei interdisziplinäre Elemente, die mit einer starken Partizipation der Beteiligten durch Coaching, Supervision, Großgruppenveranstaltungen etc. eine Weiterentwicklung der Struktur und Kultur ermöglichen sollen. Es ist ein systemischer Ansatz zur evolutionären Weiterentwicklung des Bestehenden.

Bei grundsätzlichen Veränderungen im Rahmen von Transformationsprozessen, wie sie bei der digitalen Transformation und der coronabedingten Transformation von Branchen und Organisationen auftritt, werden jedoch die bestehenden Standards und Erfahrungen nicht mehr den Erfolg früherer Zeiten bringen. Auch die Vorteile des Bottom-up-Vorgehens der Organisationsentwicklung, bei dem die Mitarbeitenebene sehr stark mit einbezogen werden kann und somit bei den Kriterien der Transparenz und Partizipation gewissermaßen die volle Punktzahl erreicht wird, können dieses Kernproblem nicht minimieren oder gar lösen. Der Gegenentwurf dazu sind daher revolutionäre Veränderungen, wie etwa das Business-Process-Reengineering oder genereller die Methoden des Changemanagements mit grundlegenden Veränderungen, die nicht in schrittweise, sondern sprunghafte Verbesserungen münden. Es geht um ein top-down-induziertes Steuern der Veränderung. Die Ziele von Change-Prozessen liegen im Unterschied zur Organisationsentwicklung außerhalb des bisherigen Systems und gestatten somit eine revolutionäre Veränderung, was auch beim Transformationsmanagement von entscheidender Bedeutung ist.

Transformationsmanagement kann als Synthese aus der Organisationsentwicklung und dem Changemanagement aufgefasst werden. Es geht um die zielgerichtete grundsätzliche Weiterentwicklung einer Organisation vom Punkt A zum Punkt B, bei dem beispielsweise Wandlungen der digitalen Technologie die Geschäftsmodelle, Produkte und Organisationsstrukturen der Unternehmen verändern. Dabei bezieht sich der Begriff der Transformation gerade im Kontext der digitalen Transformation und der coronabedingten Transformation nicht nur auf den unternehmerischen oder gar innerbetrieblichen Wandlungsprozess. Das unternehmerische Transformationsmanagement ist in den allgemeinen Prozess der technologischen und gesellschaftlichen Transformation eingebettet.

Abb. 1:
Umsatzrückgang
wegen Corona 2020
[DIHK-Blitzumfrage
zum Corona-Virus
November 2020, S. 3]



Digitale Transformation

Die digitale Transformation ist eine Aufgabenstellung auf Managementebene (Management des Transformationsprozesses) und auf operativer Ebene (die Transformation in einzelnen Unternehmensbereichen), unabhängig davon, ob es um Prozesse in der Medien- und Kulturwirtschaft wie etwa den digitalen Transformationsprozessen der Zeitungsbranche oder mit Industrie 4.0 oder um das große Transformationsthema der klassischen Fertigungsindustrie geht. Im Kontext mit den äußeren Umwelteinflüssen gelten im Rahmen des Transformationsmanagements erhöhte Anforderungen an die Adaptionfähigkeit im Rahmen des strategischen Managements sowie die Selbstverantwortung, Autonomie und Dezentralität im Rahmen der Führung.

Coronabedingte Transformation

Die Corona-Krise in 2020 hat in vielen Bereichen einen katalytischen Effekt bewirkt. Entwicklungen wie etwa der Rückgang des (inhabergeführten) stationären Handels in Innenstädten wurden verstärkt und beschleunigt. Die Transformationsprozesse, beispielsweise die Digitalisierung vieler Branchen und Lebensbereiche, wurden somit in ihrer Richtung und Dynamik beeinflusst. Die Betroffenheit geht dabei quer durch alle gesellschaftlichen Bereiche und Wirtschaftsbranchen [2].

Bei besonders stark betroffenen Bereichen, etwa der Kreativ- und Kulturwirtschaft, bedeutete 2020 eine akute Existenzgefährdung. Der ohnehin oft prekäre und teilweise zuschussbedürftige Kunst- und Kultursektor erlebte dabei im Sinne des katalytischen Effekts oder des Brennglasprinzips eine Zuspitzung der wirtschaftlichen Situation. Zugleich nutzen einige kulturelle Einrichtungen und Akteure wie beispielsweise Museen die Phase des Lockdowns, die begonnene Digitalisierung und Virtualisierung weiter voranzutreiben und damit die Voraussetzungen für eigene Wirkungen beim Publikum und mitunter auch für eigene Geschäftsmodelle geschaffen.

Auch Bildungseinrichtungen wurden durch die Corona-Krise hart mit der neuen Realität konfrontiert: Die Digitalisierung von Lehrinhalten war vorwiegend ein Ansatz, der bislang zwar als relevant eingeschätzt wurde, aber in der Regel nur als Zusatzangebot vorgesehen war. Von der Schule bis zur Universität mussten Konzepte entwickelt werden, um Lehre aus der Distanz anbieten zu können. Der Einsatz von

Werkzeugen und Plattformen musste in kürzester Zeit von den Lehrenden in allen Bildungsstufen erlernt und in die Praxis umgesetzt werden. Hier zeigte sich als Rahmenbedingung für das coronabedingte Transformationsmanagement mitunter noch die besondere Herausforderung, dass unterschiedliche Stakeholder im Rahmen eines geordneten Kommunikationsmanagements bedient werden mussten, während die Rahmenbedingungen aus Politik und Gesetzgebung auf der Ebene der jeweiligen Rechtsverordnungen mit „auf Sicht fahren“ noch euphemistisch zu beschreiben sind [1]. Auch Handel, Gastronomie und der Dienstleistungsbereich mussten – ausgehend von stationären Locations – sehr rasch auf die Situation der Lockdowns und der damit verbundenen kompletten Einbrüche der Umsätze reagieren: Digitale Kommunikations- und Vertriebskanäle waren plötzlich die einzige Möglichkeit, Waren und Dienstleistungen weiterhin anbieten zu können. Websites und Social-Media-Kanäle wurden zu Online-Shops umfunktioniert, aber für andere Branchen wie Tourismus und der Kernbereich des Gastrosektors war nicht nur der Vertrieb erschwert, da die Produkte schlichtweg nicht angeboten werden konnten.

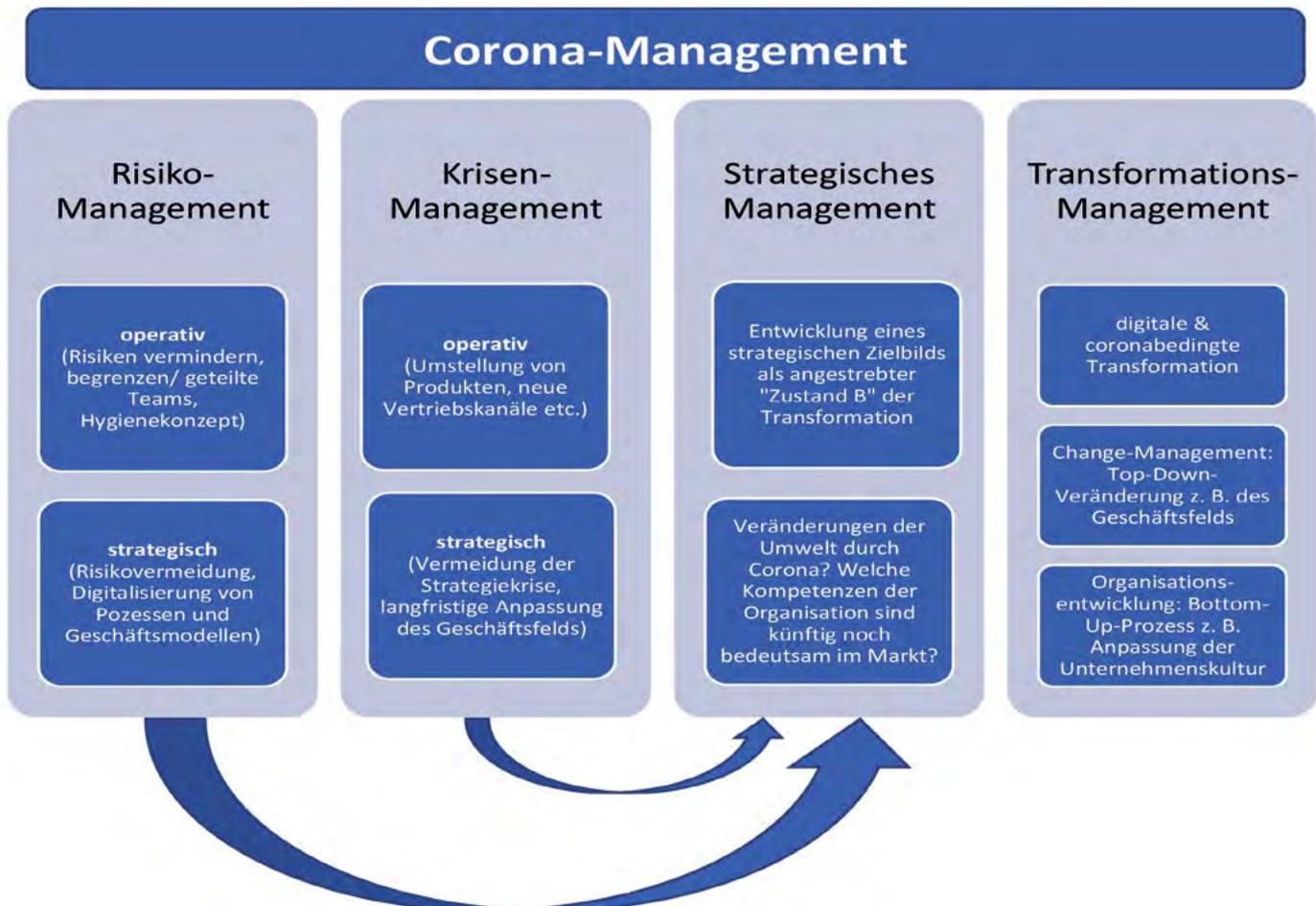
Anforderungen an das Corona-Management [3]

„Welche Anforderungen an das Management lassen sich nun für das Corona-Management insgesamt ableiten? Wie ist es mit dem Ansatz des Transformationsmanagements verbunden?“

Gezieltes Corona-Management in Organisationen muss unter Berücksichtigung unterschiedlicher Stakeholder-Erwartungen den Umbrüchen und Unsicherheiten gerecht werden sowie kurz-, mittel- und langfristige Entwicklungsperspektiven bieten. Am Beispiel der Diskussion über die Möglichkeiten, auch in Phasen mit hohen Inzidenzwerten einen guten Lehrbetrieb an Schulen durchführen zu können, ist dies gut sichtbar, da heterogene Interessen und Einschätzungen bei Eltern, Lehrer*innen, Schüler*innen, Wirtschaft/Arbeitgebern, Virologen, Bildungsökonomern etc. das Bild prägen.

Die erste Stufe des Corona-Managements ist das Risikomanagement mit für Coronabelange typischen Elementen wie Risikobewusstsein, Risikokultur und Frühwarnsystem. Das

Abb. 2: Vom Corona-Krisenmodus zum Transformationsmanagement [2]



operative Risikomanagement im Rahmen des Corona-Managements beschäftigt sich mit der Beherrschung der aktuellen und absehbaren Risiken im Rahmen der Pandemie (Krankheits- und Quarantänerisiken, Hygienekonzepten, aufgeteilte Teams, Telearbeit oder Fernunterricht). Die strategische Ebene beschäftigt sich mit den mittel- und vor allem langfristig erwarteten Veränderungen des Risikoumfelds mit dem Ziel der Steuerung der strategischen Organisationsrisiken (z. B. Abgleich von Wahrscheinlichkeit und Auswirkung in einer Risikomatrix).

Die zweite Anforderung an das Corona-Management bezieht sich auf das klassische Krisenmanagement. Das operative Krisenmanagement sichert die Beherrschung der unmittelbaren Pandemieprobleme im Sinne der Hygienekonzepte etc., aber auch das Krisenmanagement der Organisation, bei dem die unmittelbare Leistungsfähigkeit sichergestellt werden muss, was oftmals dazu führt, dass die Leistungserbringung auf andere Strukturen, Prozesse oder Leistungen (Produkte) umgestellt werden muss. Im Rahmen des Corona-Managements ist es die Aufgabe des strategischen Krisenmanagements abzuschätzen, welche mittel- und langfristigen Folgen die Pandemie mit ihren Auswirkungen auf die eigene Situation haben wird, wenn beispielsweise Märkte sich verlagern, weil Kunden eher Distanzhandel via Internet bevorzugen als das Fachgeschäft, oder Nachfrage ausbleibt oder sich stark verringert, wie es bei Geschäfts- und Dienstreisen absehbar ist. Dies ist eine Verbindung zwischen den strategischen Komponenten des Risiko- und Krisenmanagements und den Aufgaben des strategischen Managements als Teil des übergeordneten Corona-Managements, wenn es darum geht, ein Zukunftsbild zu entwickeln, das im Transformationsmanagement Einsatz finden kann. Die skizzierte gezielte Transformation von A nach B erfordert eine Vorstellung davon, wie unter den Corona-Erfahrungen B beschrieben werden kann, wo es liegt und wann es erreichbar ist. Daher mündet Corona-Management in eine gezielte planvolle Steuerung als Transformationsmanagement, bei dem vor allem der Change-Aspekt, das heißt die grundsätzliche top-down-induzierte Veränderung als vorwärts gerichtetes Krisenmanagement an Bedeutung gewonnen hat. Dies stellt für viele kleinere Einheiten, von der Schule über das KMU bis zur privaten Kleinbühne, eine große Herausforderung dar.

In diesem Segment spielt auch die Digitalstrategie als digitale Transformation eine besondere Rolle. Wenn eine Organisation auch

2021 robust in unterschiedlichen Umwelt- und Umfeldbedingungen agieren möchte, ist es erforderlich, dass die wesentlichen Anforderungen des eigenen Kerngeschäfts und der damit verbundenen Geschäftsmodelle auch unter Lockdown-Bedingungen möglich sind. In der Regel ist hierfür ein (oftmals erheblicher) Anteil an digitalen Transformationsschritten erforderlich, um die unterschiedlichen Produkte (inklusive der darin enthaltenen Dienstleistungen) pandemieunabhängig anbieten zu können.

Das Management einer Organisation umfasst jedoch neben der Unternehmensführung auch den klassischen Führungspart, der sich mit der gezielten Ausrichtung von Menschen an gemeinsamen Werten und Zielen befasst. Diese Menschenführung, die neben der Abstimmung und Kommunikation der unterschiedlichen Ziele vor allem die Motivation und konkrete Führungsarbeit zum Gegenstand hat, kann in einer solchen Krisen- und Transformationssituation nicht unverändert fortbestehen. Die damit verbundene Weiterentwicklung der Unternehmenskultur nutzt im Rahmen des Transformationsmanagements die Mittel der Organisationsentwicklung, um beispielsweise die erforderlichen Strukturen für Selbstverantwortung in den unterschiedlichen Arbeitsfeldern und auf den unterschiedlichen Hierarchieebenen zu stärken.

AUTOR



Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer
 Professor für Medienmanagement,
 Forschungsgebiete: Medienmanagement,
 Führung, Digitale Transformation, Wissen-
 schafts- und Bildungsmanagement
 breyer-maylaender@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Breyer-Mayländer, T.: Interne und externe Schulkommunikation in der Corona-Krise: Erfahrungen und Empfehlungen für Krisenzeiten, in: Schulverwaltung aktuell, 8. Jg. 03/2020, S. 74-77 ISSN: 2195-335X
- [2] Breyer-Mayländer, T./Müller, A. Rahnenführer, K./Zerres, C. (Hrsg.): Die Corona-Transformation – Krisenmanagement und Zukunftsperspektiven in Wirtschaft, Kultur und Bildung, Wiesbaden: Springer Gabler 2021 i. V.
- [3] Breyer-Mayländer, T.: Schulleitung als Krisen- und Transformationsmanagement: Aus der akuten Krisenphase in die gezielte Schulentwicklung, in: Schulverwaltung aktuell, 9. Jg. 2021, i. V.



Lust auf Digitalisierung?

Ob als Student oder Absolvent - hier warten spannende Aufgaben auf Sie!

- Praktika
- Abschlussarbeiten
- Werkstudententätigkeiten
- Jobs für Berufseinsteiger



www.bct-technology.com

Innovative Software aus Willstätt • Siemens Digital Industries Software Partner • Teil der Unternehmensgruppe Badische Stahlwerke GmbH



Seit 1996 betreuen wir Studenten in den Bereichen:

- Automotive Testing Equipment
- Sensorik für Baumaschinen & Tunnelling
- Neigungs-, Kreisel-, Laser-Messtechnik
- Industrielle Bildverarbeitung

GeneSys Elektronik GmbH | In der Spöck 10 | 77656 Offenburg | T 0781 969279-0 | www.genesys-offenburg.de | jobs@genesys-offenburg.de



WIR
SUCHEN
DICH!

Suchen sie ein Thema für Ihre Thesis? Dann sprechen Sie uns an!



SQ-9002BM60005
DIN EN ISO 9001:2008



- Reinschnuppern und die beste Spürnase entwickeln
- Gassmess- und Gasspürgeräte
- Digitale Gasrohrnetzüberprüfung

www.schuetz-messtechnik.de

Der Bereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik ist stets ganz vorn dabei, wenn es um die Herausforderungen für die Zukunft geht. Die Forschenden an der Fakultät M+V beschäftigen sich daher mit zahlreichen aktuellen Fragen, zum Beispiel, wie unsere Mobilität in Zukunft gestaltet wird oder wie autonome Systeme unser Leben positiv beeinflussen können. Weitere zentrale Fragestellungen sind, wie wir wirtschaftlich mit nachhaltigen Ressourcen umgehen und Energienetze intelligent gestalten können.

Im Fokus der Forschung stehen Lösungen für eine klimaneutrale und kostengünstige Energiebereitstellung für Verkehr, Haushalte und Industrie. Am Institut für Energiesystemtechnik (INES) wird an der Entwicklung von Systemen zur nachhaltigen Energienutzung geforscht. Darüber hinaus untersuchen die Professorinnen und Professoren der Fakultät Technologien zurelektrischen und thermischen Energiewandlung und -speicherung, energiewirtschaftlichen Fragestellungen sowie intelligenten Netzen. Moderne Energiewirtschaft bedeutet intelligentes Netzmanagement und Nutzung regenerativer Energiequellen (zum Beispiel Photovoltaik, energetische Biomassenutzung). Verteilnetze und Einspeisungen müssen netzfreundlicher und der Gebäudesektor klimaneutral werden.

Gleichzeitig erfordern die digitale Transformation und der Ausbau cyberphysischer Systeme zunehmend kollaborative Lösungen und Mensch-Maschine-Interaktionen. "Cognitive Computing" erhöht zudem die Autonomie

der Systeme (zum Beispiel autonome Fahrzeuge und Flugobjekte). Damit verbunden sind auch die Herausforderungen der Kommunikation und Schnittstellengestaltung zwischen den Komponenten und Systemen, die Datenerfassung und -analyse mittels Künstlicher Intelligenz (unter anderem Big Data, Maschinelles Lernen) sowie die IT-Sicherheit. Geforscht wird dazu zusammen mit Professorinnen und Professoren benachbarter Fakultäten am Affective and Cognitive Institute (ACI), am Institute for Machine Learning and Analytics (IMLA), am Institute for Unmanned Aerial Systems (IUAS) und am Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK).

Weitere Forschungsfelder, die in der Fakultät M+V bearbeitet werden, sind im Bereich Life Science, Engineering sowie innovative und nachhaltige Produkt- und Prozessentwicklung.

Knapp die Hälfte der Professorenschaft von M+V ist an einem oder mehreren Forschungsprojekten beteiligt. Für diese laufenden Projekte konnte die Fakultät 2020 2,73 Mio. Euro an Fördermitteln verbuchen. Das entspricht 43 Prozent der Forschungsförderung für die gesamte Hochschule. Dieses hohe Niveau kann die Fakultät auch in Zukunft halten: Die 2020 eingeworbenen Mittel für zukünftige Forschungsprojekte belaufen sich auf 2,34 Mio. Euro, das sind 36 Prozent der Einwerbungen der gesamten Hochschule.

Dekan Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kohler

RIZ Energie –
Regionales Innovations-
zentrum für Energie

MASCHINENBAU UND VERFAHRENSTECHNIK



Mechanik für die Gesundheitsdiagnostik von elektrischen Batterien

Dr.-Ing. Steffen Mittag, Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert

Lithium-Ionen Batterien verlieren im Einsatz an Kapazität. Ihr Gesundheitszustand verschlechtert sich, weil Lithium durch Nebenreaktionen verbraucht wird. Diese Nebenreaktionen führen zum Wachstum des Solid-Electrolyte-Interface, einer dünnen Schicht, die infolge von mechanischer Belastung reißen und ausbrechen kann. Durch die Simulation des mechanischen Verhaltens der Schicht wird der Lithiumverlust und der Gesundheitszustand der Batterie beschreibbar.

Lithium-ion batteries, the state of the art battery type, loose their capacity when in use. Their state of health deteriorates due to lithium consumption in side reactions that appear during the charging and discharging process on the surface of the graphite particles of the anode. These side reactions lead to the growth of the solid-electrolyte interface, a thin layer that can crack and break off as a result of mechanical stresses in the layer. By simulating the layer thickness, taking into account its mechanical behaviour, the lithium loss and the state of health of the battery can be described and the remaining life of batteries can be predicted.

Einleitung

Lithium-Ionen-Batterien (LIBs) dienen als Speicher für elektrische Energie. Ihre Verbreitung in Smartphones, Laptops, als Energiespeicher im breiten Anwendungsgebiet der Elektromobilität, als Teil stationärer Speichersysteme für beispielsweise Solarenergie oder als Notstromlieferant in Krankenhäusern nimmt beständig zu. Die LIB ist in unserem Alltag mittlerweile allgegenwärtig. Gegenüber anderen Batterietypen weist sie gleich mehrere entscheidende Vorteile auf: Zum einen besitzt sie eine sehr hohe Energiedichte: Sie erlaubt die Speicherung großer Energiemengen bei vergleichsweise geringem Gewicht und kompakter Bauweise. Zum anderen kann eine LIB nach dem Entladen mit einem sehr guten Wirkungsgrad wieder aufgeladen werden. Diese Zyklierbarkeit ist für viele Anwendungen essenziell, führt jedoch dazu, dass die LIB altert. Mit zunehmender Nutzungsdauer und steigender Anzahl an Be- und Entladezyklen verliert die Batterie an Kapazität. Ihr Gesundheitszustand (State-of-Health, SOH) verschlechtert sich. Dieser SOH gibt an, wie groß die aktuelle Kapazität der Batterie bezogen auf ihre ursprüngliche Kapazität ist. Ab einem SOH von circa 80 % erreichen LIBs das Ende ihrer Lebensdauer. Ihre Kapazität nimmt in diesem Bereich des SOH immer stärker ab, sodass die Funktion der LIB nicht mehr gewährleistet ist und sie gegebenenfalls ersetzt werden muss.

Während sich die Überwachung des SOHs bei kleinen Batterien (wie beispielsweise bei Handyakkus) meist unmittelbar aus ihrer Nutzung ergibt, stellt sie sich bei großen elektrischen Speichern sehr aufwendig dar und ist dennoch unabdingbar. Messbar ist der SOH nur dann, wenn die LIB mindestens einmal unter festgelegten Messbedingungen vollständig Be- und anschließend wieder Entladen wird. Da sie im Zeitraum der Messung nicht für ihre eigentliche Anwendung zur Verfügung steht, kann es sein, dass auf eine Messung verzichtet werden muss und dass der SOH eine Unbekannte bleibt. An die Stelle einer Messung treten in einem solchen Fall die sogenannten Zustandsschätzer. Dies sind mathematische Modelle, die zur Abschätzung des SOHs herangezogen werden und derzeit im Fokus der Forschung stehen. Sie sollen im Vergleich zur retrospektiven Messung des SOHs nicht nur die Abschätzung seines aktuellen Werts, sondern auch seine Vorausberechnung erlauben und bergen deshalb im Anwendungsbereich der LIBs erhebliche Potenziale. Mit einem adäquaten Zustandsschätzer wäre es im Einsatzbereich der Photovoltaik beispielsweise möglich, die prognostizierte Sonneneinstrahlung, die Ladedauer und den zu erwartenden Energiebedarf in einem für die Lebensdauer der Batterie optimalen Ladevorgang zu berücksichtigen. Dies hätte positiven Einfluss auf die Standzeit und die Gesundheit der Batterie.

Die Entwicklung eines vorhersagekräftigen Zustandsschätzers für LIBs ist eines der Ziele des aktuell an der Hochschule Offenburg laufenden und vom Land Baden-Württemberg geförderten LIBLife-Projekts.

Methodik und Ergebnisse

Für die Entwicklung eines Zustandsschätzers ist es notwendig, die in der LIB ablaufenden komplexen physikalischen und elektrochemischen Prozesse zu verstehen. Die LIB verdankt ihren Namen den Lithiumionen, die als Ladungsträger zur Speicherung von elektrischer Energie dienen. Durch das Anlegen einer elektrischen Spannung beim Aufladen der Batterie werden elektrochemische Prozesse in Gang gesetzt. Positiv geladene Lithium-Ionen (Li^+) wandern durch einen Elektrolyten von der aus Lithiumeisenphosphat (LiFePO_4) bestehenden Kathode zur Anode (siehe Abbildung 1). Diese besteht aus Millionen kleinsten, dicht aneinander gepackten Graphitpartikeln (siehe Abbildung 2) [1], in die das Lithium eindiffundieren kann. Es „interkaliert“ und lagert sich in den Graphitmolekülen ein. Diese Interkalation führt dazu, dass sich das Graphit ausdehnt, vergleichbar mit einem Schwamm, der sich mit Wasser vollsaugt. Ist eine Batterie vollständig geladen, beträgt die

Volumenzunahme des Graphits gegenüber dem ungeladenen Zustand bis zu 10 %. Der währenddessen auftretende Kontakt zwischen Elektrolyten, Graphit und positiv geladenen Lithium-Ionen führt an der Graphitoberfläche zu chemischen Nebenreaktionen. Es entsteht eine feste, einige Nanometer dünne Zwischenschicht, in der Lithium und andere Reaktionsteilnehmer irreversibel gebunden sind. Sie wird als Solid-Electrolyte-Interface bezeichnet (SEI) und umgibt die Graphitpartikel. Der Verbrauch des Lithiums bei der Bildung des SEI ist der Hauptgrund für die Alterung der Batterie, denn das im SEI gebundene Lithium steht nicht mehr zur Speicherung von Energie zur Verfügung.

Das SEI hat jedoch auch seine guten Seiten: Es sorgt dafür, dass batterieinterne Kurzschlüsse ausbleiben und somit die thermische Zerstörung der Batterie verhindert wird. Das SEI ist für die LIB also Fluch und Segen gleichermaßen und außerdem ist es das Kernelement vieler Zustandsschätzer. Gelingt es, das Verhalten des SEI beim Be- und Entladen der Batterie zu simulieren, wird auch die in ihm gebundene Lithiummenge berechenbar und die Abschätzung des Gesundheitszustands, dem SOH, ermöglicht. Es resultiert eine Gesundheitsdiagnostik für LIBs basierend auf dem Wachstum des SEI.

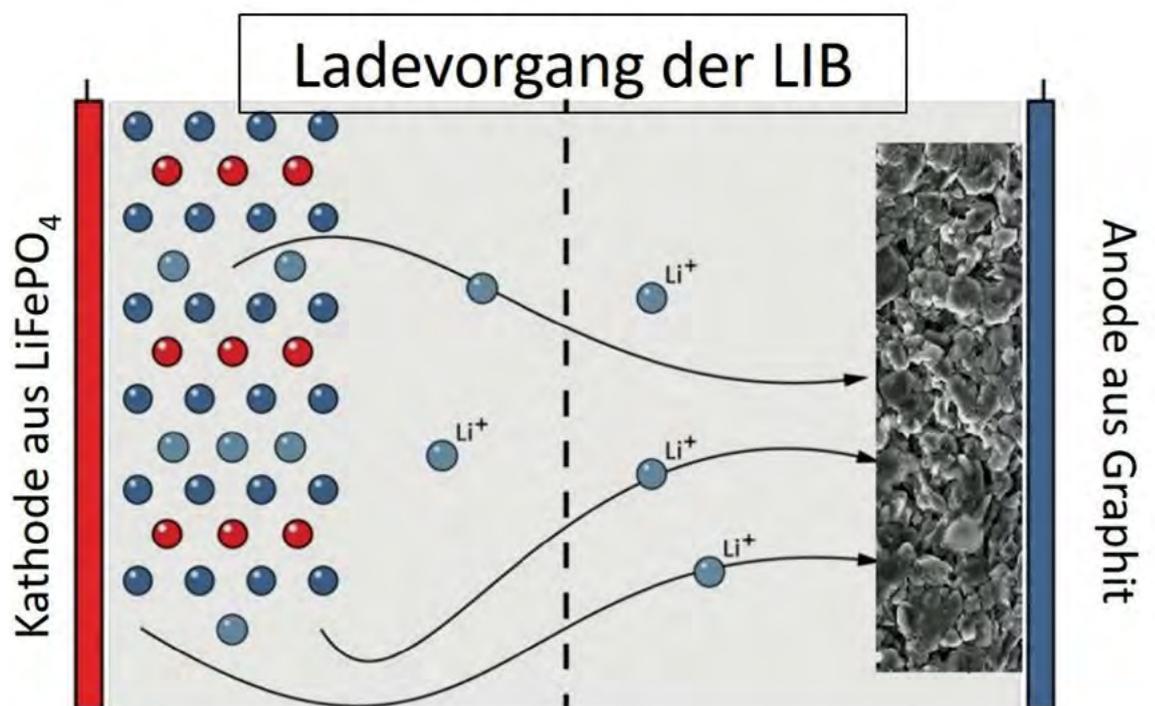


Abb. 1: Schematische Darstellung der Vorgänge beim Laden einer LIB. Positiv geladene Lithium-Ionen wandern von der Kathode zur Anode aus Graphitpartikeln.

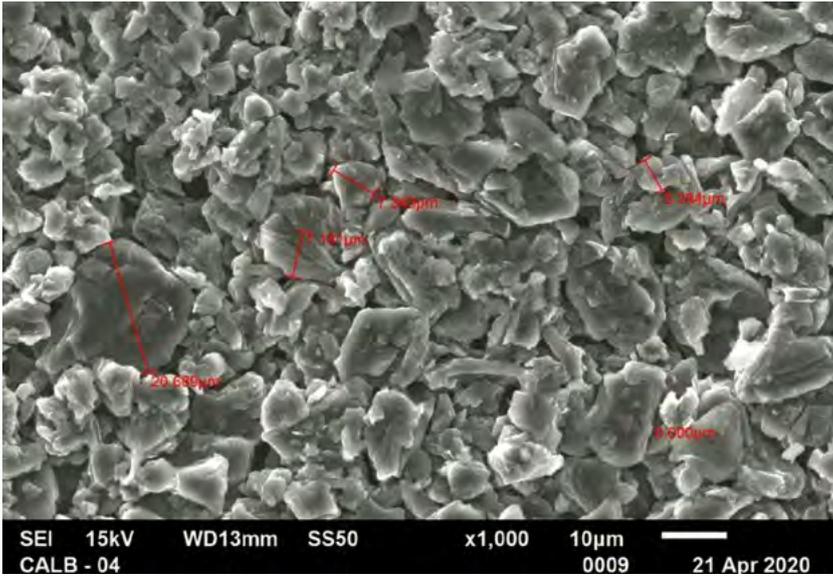


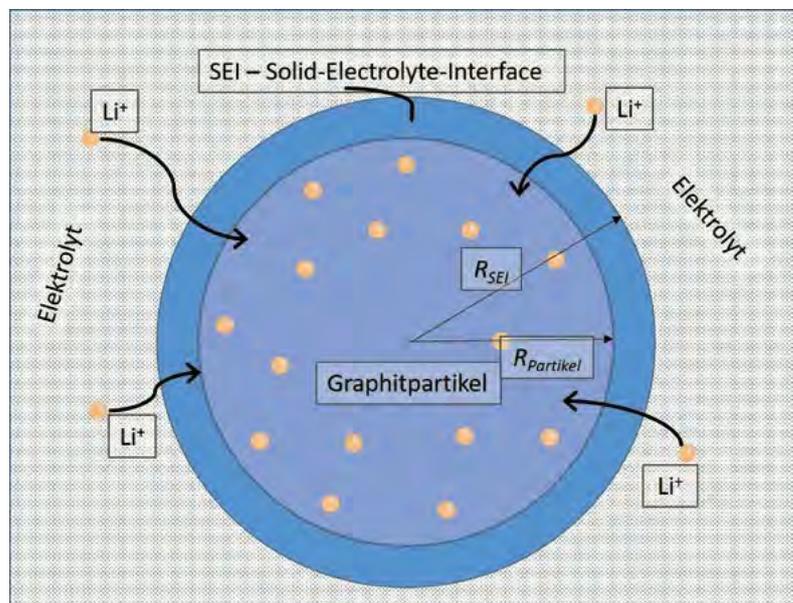
Abb. 2: Aufnahme der Anodenoberfläche aus dem Rasterelektrodenmikroskop. Die einzelnen Graphitpartikel werden erkennbar. Ihre individuelle Form und die Größe der einzelnen Partikel unterscheiden sich stark.

Diese Idee an sich ist nicht neu. Es existieren einige Veröffentlichungen (u. a.[3,4]), die das SEI Wachstum adäquat durch die Simulation von elektrochemischen Prozessen vorhersagen. Sie simulieren die elektrochemischen Abläufe bei der SEI-Bildung, lassen jedoch außer Acht, dass es mechanisch beansprucht wird. Bei jedem Lade- beziehungsweise Entladevorgang dehnen beziehungsweise schrumpfen die Graphitpartikel infolge des sich ändernden Lithiumgehalts. Dabei wird ebenso das SEI, das die Graphitpartikel umgibt, gedehnt und gestaucht. Es wird mechanisch beansprucht. Durch die mechanischen Spannungen kann es aufreißen und ausbrechen, sodass Graphitoberfläche zur Bildung von neuem SEI frei wird. Diesen Mechanismus des Schichtaufwachsens und -ausbrechens berücksichtigt der neuentwickelte Zustandsschätzer der Hochschule Offenburg und schafft damit einen neuen, auf Mechanik basierenden Zugang zur Batterielevensdauer.

Um die mechanischen Spannungen in der SEI zu modellieren, ist es nötig, den gesamten Batterieprozess auf der mikrostrukturellen Ebene eines einzelnen, idealisierten Graphitpartikels (siehe Abbildung 3) in einem mathematischen Modell abzubilden. Die Komplexität der Formen und Größen der realen Graphitpartikel, wie sie der Abbildung 2 zu entnehmen sind, lassen sich in einem rechnerischen Modell nur mit erheblichem Aufwand modellieren. Das an der Hochschule Offenburg entwickelte Gesamtmodell beschreibt die Vorgänge in der Batterie deshalb anhand eines stark vereinfachten kugelsymmetrischen Modells für einen durchschnittlich großen Graphitpartikel und skaliert die Ergebnisse aus dieser „mikroskopischen Betrachtung“ auf das „makroskopische Verhalten“ der ge-

samten Batterie. Das mathematische Modell bildet ab, wie sich die Konzentration der Lithiumionen im Graphitpartikel infolge von Diffusion verändert, wie sich das Graphit dabei in Abhängigkeit der lokalen Lithiumkonzentration ausdehnt und welche mechanischen Spannungen dadurch im SEI entstehen. Es berücksichtigt außerdem, dass die mechanischen Spannungen im SEI geschichtsabhängig sind: Die mechanische Spannung im SEI hängt nämlich nicht nur davon ab, wie voll die Batterie zu einem Zeitpunkt geladen ist, sondern auch davon, wie voll sie war, als sich ältere Schichtanteile des SEI kontinuierlich ausgebildet haben. Dabei wird auch das Ausbrechen des SEI in Abhängigkeit der mechanischen Spannungen beschrieben. Es resultiert ein komplexes, sequenziell gekoppeltes Gesamtmodell zur Berechnung der Dicke des SEI, das das Herzstück des entwickelten Zustandsschätzers bildet.

Abb. 3: Das Berechnungsmodell arbeitet kugelsymmetrisch. Diese Annahme bildet die Realität nur stark vereinfacht ab, ermöglicht jedoch die mathematische Beschreibung der Vorgänge im Graphitpartikel und dem SEI.



Das entwickelte Gesamtmodell wird anhand von Versuchsdaten kalibriert. Im Rahmen des LIBLife Projekts werden aktuell an der Hochschule Offenburg insgesamt zwölf Batteriezellen des Typs CALB 180 Ah seit circa 16 Monaten getestet [2]. Hierbei wird zwischen zwei Versuchstypen unterschieden. In kalendarischen Versuchen werden acht der zwölf Zellen ausgelagert. Hierzu wird jeweils zwei Zellen eine Auslagerungstemperatur und ein Ladezustand zugewiesen. Die Batterie ruht dann über einen sehr langen Zeitraum unter diesen Randbedingungen, ohne dass signifikante Ladungswechsel stattfinden. Während dieser Ruhezeit bildet sich SEI aus und der SOH der Batterie verringert sich. Die übrigen vier CALB Zellen werden zyklisch getestet. In den zyklischen Tests werden jeweils zwei Batterien in Vollzyklen bei entweder 35 °C oder 50 °C mit einem Strom von 50 A geladen und entladen. Nach 100, 500 und 1000 Zyklen wird für jede Batterie der SOH bestimmt. Diese Versuchsdaten dienen zur Bestimmung der Kennwerte des Zustandsschätzers. Eine möglichst gute Beschreibung der Versuchsdaten durch das Simulationsmodell (siehe Abbildung 4) wird durch die Verwendung eines Optimierungsalgorithmus erreicht.

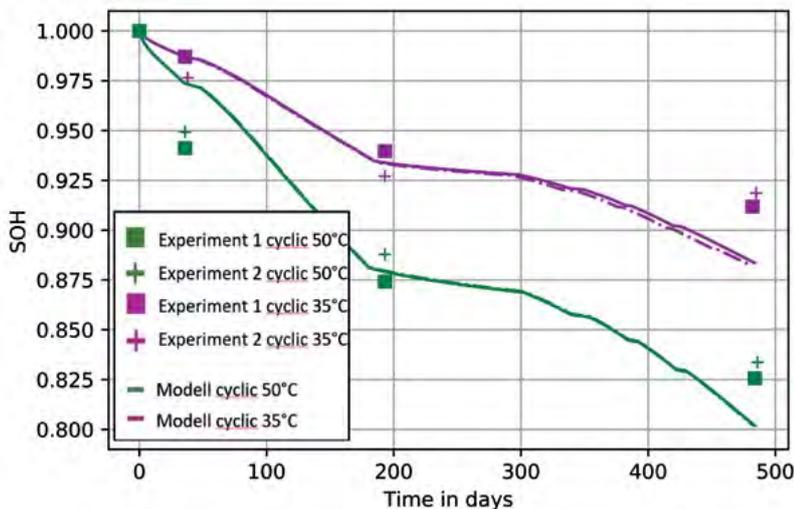


Abb. 4: Darstellung des SOHs über der Zeit. Vergleich zwischen den gemessenen Ergebnissen für den SOH aus zyklischen Versuchen und den durch das entwickelte Modell berechneten Werten

Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde ein auf dem mechanischen Verhalten des SEI aufbauender Zustandsschätzer im Rahmen des LIBLife Projekts an der Hochschule Offenburg entwickelt. Die Versuchsdaten, die in kalendarischen und zyklischen Versuchen an Batteriezellen gewonnen wurden, werden durch den neuen Zustandsschätzer gut beschrieben. Das neu entwickelte mathematische Modell soll nun in die Batterie-Simulationssoftware DENIS eingebunden werden, so dass es im gesamten Workflow zur Batterieentwicklung und -zustandsüberwachung eingesetzt werden kann.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert
Fakultät M+V, Wissenschaftliche Leitung
Campus Research & Transfer
Werkstoffmechanik und Simulation, Finite-Elemente Methode, Schadenskunde
thomas.seifert@hs-offenburg.de



Dr.-Ing. Steffen Mittag
Akad. MA, Fakultät M+V
steffen.mittag@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Viktor Daubert: "Strukturelle und chemische Analyse der Komponenten von geöffneten Lithium-Ionen-Batteriezellen", Bachelor-Thesis an der Hochschule Offenburg, Verfahrenstechnik/Schwerpunkt Energietechnik, 05.20
- [2] Mehmet C. Yagci et al.: "Electrical and structural characterization of large format lithium iron phosphate cells used in home-storage systems", revised manuscript submitted, Energy Technology, 01.21
- [3] Rutooj Deshpande et al.: "Battery Cycle Life Prediction with Coupled Chemical Degradation and Fatigue Mechanics", DOI: 10.1149/2.049210jes, Journal of The Electrochemical Society, 29.08.12
- [4] Achim Hellwig: "Modeling, simulation and experimental investigation of the thermal and electrochemical behavior of a LiFePO4-based lithium-ion battery", Dissertation, Universität Stuttgart, 26.09.13

Lackschichten in Schraubenverbindungen

Professor Dipl.-Ing. Alfred Isele, Klaus Rappenecker M.Sc.

Konstrukteure im Maschinenbau stehen häufig vor der Problemstellung, hochfest vorgespannte Schraubenverbindungen und einen durchgehenden Korrosionsschutz zu vereinen. Die Normen und Richtlinien bieten hierzu Stand heute keine ausreichenden Antworten. Die Hochschule Offenburg befasst sich im Rahmen einer Gemeinschaftsforschung mit der Fragestellung, welchen Einfluss organische Beschichtungen (Lacke) auf die Vorspannkraft insbesondere bei erhöhten Umgebungstemperaturen haben.

Designers in mechanical engineering are often faced with the problem of combining high-strength pretensioned bolted joints with continuous corrosion protection. Standards and guidelines do not provide adequate answers to this problem at the present time. As part of a joint research project, the Offenburg University of Applied Sciences is investigating the influence of organic coatings on the pretensioning force, especially at elevated ambient temperatures.

Das Problem der Konstrukteure

Die Schraubenverbindung ist ein fester Bestandteil nahezu jeder Konstruktion des Maschinenbaus und insbesondere auch bei Baumaschinen. Obwohl Schrauben, Muttern und Scheiben mit den dazugehörigen Gewinden und Festigkeitsklassen umfassend genormt und wissenschaftlich in nahezu jeder Hinsicht untersucht sind, ergeben sich in der praktischen Anwendung immer wieder bisher ungeklärte Problemstellungen. So ist auch der Einsatz von Korrosionsschutzlackschichten im Kraftfluss Stand heute nicht abschließend geklärt.

Dabei gewinnt der Korrosionsschutz durch immer anspruchsvollere Einsatzgebiete und einer zunehmenden geforderten Lebensdauer von Anlagen in Kombination mit wartungsfreien Schraubenverbindungen an Bedeutung. Der jährliche volkswirtschaftliche Schaden durch Korrosion betrug laut der World Corrosion Organisation weltweit bereits bis zu 1,4 Billionen Euro (2009), oder 3 % des weltweiten Bruttoinlandprodukts. Hierbei könnten bis zu 30 % der jährlichen korrosionsbedingten Kosten durch Korrosionsschutz eingespart werden [1, 2].

Für den Maschinen- und Anlagenbau gibt die allgemein anerkannte Richtlinie VDI 2230 Blatt 1 [3] eine systematische Handlungsanweisung zur Berechnung und Dimensionie-

rung von Schraubenverbindungen. Hierbei ist die Zielgröße von Schraubenverbindungen das Erreichen und Aufrechterhalten einer mindestens erforderlichen Vorspannkraft bzw. Klemmkraft. Es muss demnach bei der Auslegung der Schraubenverbindung nachgewiesen werden, dass die verschraubten Bauteile über die gesamte Lebensdauer hinweg stark genug vorgespannt sind, um sämtliche anfallenden Betriebssituationen standzuhalten. Jedoch gibt es für Konstrukteure Anwendungsfälle, die nicht von der Richtlinie abgedeckt werden. Einer dieser Fälle ist das Verschrauben von lackierten Bauteilen. Hier fehlt dem Konstrukteur die Möglichkeit, den zu erwartenden Vorspannkraftverlust abzuschätzen. Denn bei jeder Schraubenverbindung kommt es durch den sogenannten Setzeffekt nach der Montage zu Vorspannkraftverlusten. Relevant ist, dass diese bei der Auslegung berücksichtigt werden. Die Tabelle mit den hierfür notwendigen Richtwerten für Setzeträge der VDI 2230 Blatt 1 weist seit der aktuell gültigen Fassung der Richtlinie (2015) explizit darauf hin, dass die angegebenen Werte nur für Teile aus Stahl ohne Beschichtung gelten.

In der Praxis führt dieser Umstand häufig zu Unsicherheiten und dazu, dass entweder die Kontaktstellen der Schraube und Mutter zum Bauteil umständlich, kostenintensiv und dennoch fehleranfällig vor der Lackierung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Industrielle
Gemeinschaftsforschung

maskiert werden, um der Richtlinie VDI 2230 zu entsprechen (Abbildung 1). Alternativ wird mit einem vielleicht ungeeigneten System durchgängig lackiert und der auftretende Vorspannkraftverlust durch einen erhöhten Aufwand konstruktiv durch Dehnhülsen kompensiert (Abbildung 2). In beiden beschriebenen Fällen entsteht ein deutlicher Mehraufwand in der Fertigung sowie Schwachstellen in dem ansonsten hochwertigen Korrosionsschutz der Maschine oder Anlage.



Abb. 1:
Zu groß maskierte Kontaktfläche zwischen Bauteil und Schraubenkopf einer Baumaschine



Abb. 2:
Drehkranz eines Mobilkrans mit durchgängiger Lackierung (aufgeplatzt) und Dehnhülsen zur Kompensation des Vorspannkraftverlustes

Zusammenfassen lässt sich feststellen, dass die für die Auslegung verantwortlichen Konstrukteure hier vor einem Dilemma stehen. Sie können einen durchgängigen Korrosionsschutz durch vollflächig lackierte Bauteile nur einhalten, wenn Sie sich in eine Grauzone in der Schraubenauslegung nach VDI 2230 begeben. Als Alternative bleibt für sie nur noch den Einfluss ihres Lacksystems auf die geplante Schraubenverbindung durch aufwendige Bauteilversuche herausfinden, was oft gerade für klein- und mittelständische Betriebe aus Zeit- und Kostengründen nicht realisierbar ist.

Das Forschungsprojekt an der Hochschule Offenburg

Das derzeit laufende IGF-Forschungsvorhaben (20563 N) in Zusammenarbeit mit der Forschungsvereinigung Baumaschinen und Baustoffanlagen (FVB) soll Konstrukteuren einen Richtwert von zu erwartenden Setzbeträgen in Form einer erweiterten Setzbetragstabelle zur Auslegung von Schraubenverbindungen nach der Richtlinie VDI 2230 geben. Hierzu untersucht die Forschungsgruppe an der Hochschule Offenburg zahlreiche organische Beschichtungen auf ihr Verhalten in Schraubenverbindungen.

Versuchsmethodik

Da organische Beschichtungen aufgrund ihrer polymeren Charakteristik ein zeit-, belastungs- und temperaturabhängiges Materialverhalten aufweisen, werden die Versuche bei verschiedenen Temperaturen und Belastungshöhen durchgeführt. Um die zahlreichen möglichen Einflussfaktoren auf das Verhalten der Beschichtung isoliert zu untersuchen, werden einseitig lackierte Prüfbleche mit einer Stempelgeometrie in einer Zeitstand-Druck-Vorrichtung belastet. Diese Vorrichtungen werden anschließend mit dem verspannten Prüfblech in einem Klimaschrank der Prüftemperatur für 100 h ausgesetzt.

Als Prüftemperaturen wurden 23 °C als Raumtemperatur, 50 °C und 80 °C als erhöhte Temperaturen ausgewählt. Eine erhöhte Umgebungstemperatur führt besonders bei den im Maschinenbau üblichen organischen Beschichtung zu einer Reduzierung der Festigkeit und zu zusätzlichen Setzbeträgen. Hierbei können bereits Temperaturen von 50 °C, wie sie im Maschinenbau häufig vorkommen, zu einem so starken Erweichen der Lackschicht führen, dass die Schraubenverbindung gefährdet ist. Zur statistischen Absicherung wurde jede Variation der Versuchsparameter sechsfach untersucht.

Die Stempelgeometrie der Vorrichtung wurde so ausgebildet, dass sie die Kontaktfläche zwischen Bauteil und Unterlegscheibe einer M16-Schraubenverbindung abbildet. Durch die bekannte Stempelfläche und einer im Kraftfluss der Vorrichtung liegenden Kraftmessdose kann die auf die Beschichtung wirkende Ausgangs-Flächenpressung gezielt gesteuert werden.

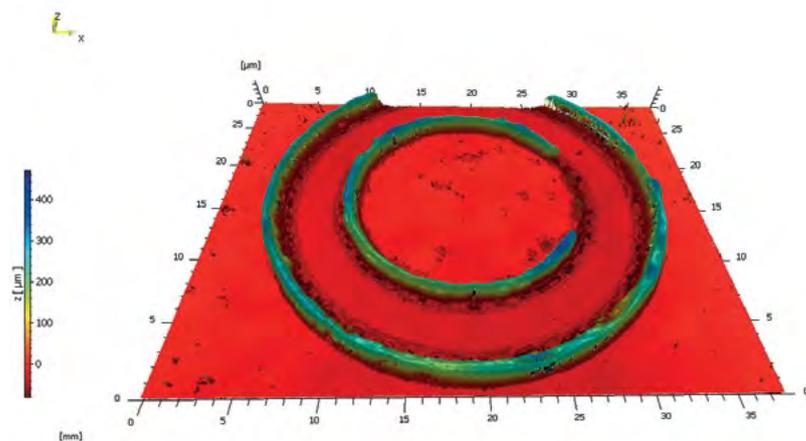


Abb. 3:
Dreidimensionale Aufnahme des Weißlichtinterferometers (links)
Fotoaufnahme des gleichen Prüflings (rechts)

Zur Bestimmung der Eindringtiefe der Stempelgeometrie in die Lackoberfläche wird von jedem Prüfling vor und nach der Belastung eine Aufnahme mit dem Weißlichtinterferometer durchgeführt. Das Weißlichtinterferometer ermöglicht eine dreidimensionale Aufnahme der Bauteiloberfläche (Abbildung 3). Durch den Vergleich der Flächen der eingedrunenen Stempelfläche zu zwei Referenzflächen außerhalb und innerhalb des Eindrucks kann die Eindringtiefe über die gesamte Fläche ausgewertet werden.

Untersuchte Belastungshöhe

Die einseitig lackierten Prüfbleche werden in einer Zeitstand-Druck-Vorrichtung durch eine Stempelgeometrie mit einer nominellen Flächenpressung von 80 MPa, 230 MPa und 350 MPa belastet. Diese Flächenpressungen ergeben sich aus der Betrachtung der nominellen wirkenden Flächenpressung in der Kontaktfläche zwischen Unterlegscheibe und Bauteiloberfläche.

Die Berechnung der Flächenpressungen (Abbildung 4) wurde anhand der folgenden im Maschinenbau üblichen Verbindungselemente für verschiedene Schraubendimensionen durchgeführt:

- Schraube nach DIN EN SIO 4014/4017
- Scheibe nach DIN EN ISO 7089
- Schraubendurchgangsloch Reihe mittel nach DIN EN 20273.

Ebenfalls berücksichtigt wurden verschiedene Vorspannkraftniveaus nach der Schraubmontage. Hierzu wurde ein Anzug bis zum Tabellenwert der VDI 2230 Blatt 1 bei drehmomentgesteuerter Montage und bei streckgrenzengesteuerter Montage angenommen.

Hieraus ergeben sich die im Projekt untersuchten Flächenpressungen von 350 MPa zur Abbildung der Belastung bei Schrauben ab M16 und streckgrenzengesteuerter Montage, 230 MPa bei Schraubendimensionen kleiner M16 und drehmomentgesteuerter Montage sowie 80 MPa zum Abbilden der Flächenpressung einer Trennfuge in einer Schraubenverbindung.

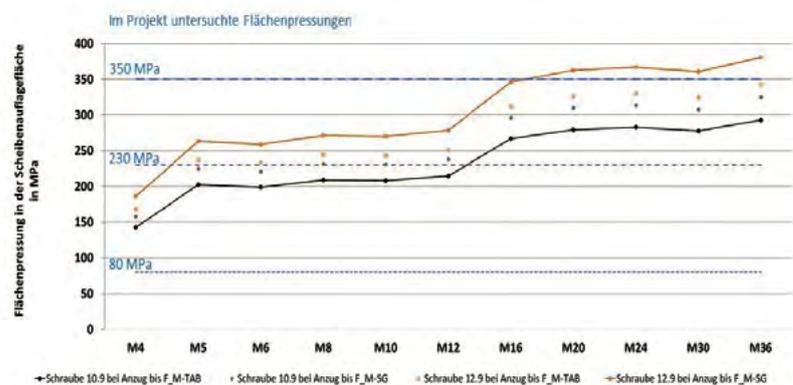


Abb. 4:
Nominelle Flächenpressung in Abhängigkeit der Montagevorspannkraft und Schraubendimension für Maschinenbautypische Verbindungen

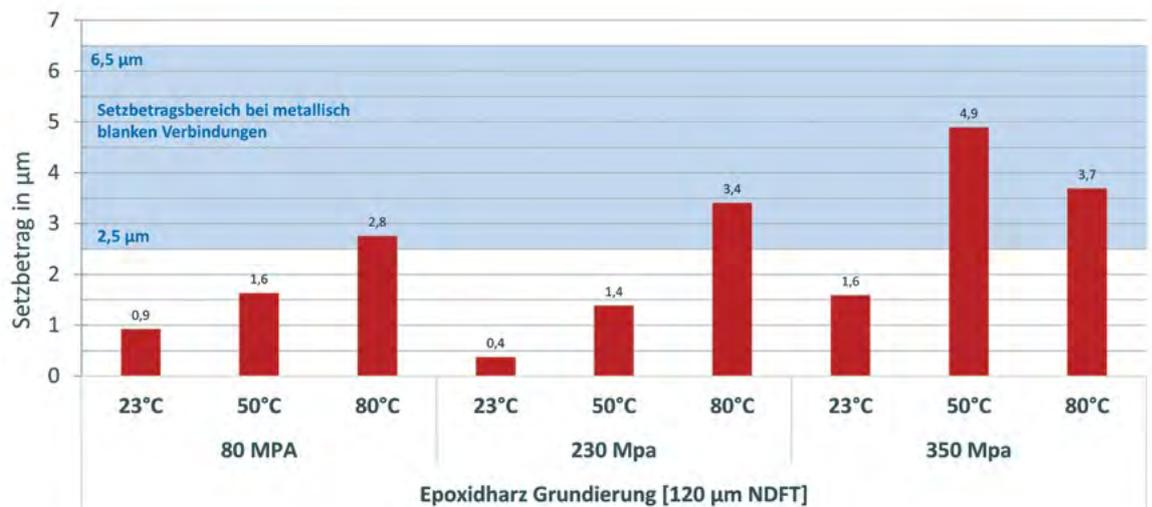


Abb. 5: Ermittelte Setzbeträge der Epoxidharzgrundierung

Ergebnisse

Die hier in Abbildung 5 gezeigten Ergebnisse beziehen sich auf eine Nasslackbeschichtung mit Epoxidharz-Bindemittel, wie sie sehr oft als Grundierung eingesetzt wird. Die Werte zeigen die ermittelten Setzbeträge für die drei Flächenpressungen (80 MPa, 230 MPa und 350 MPa) bei unterschiedlichen Temperaturen (23 °C, 50 °C und 80 °C). Zur besseren Einordnung der Ergebnisse ist der Bereich für die Werte von metallischen Setzbeträgen aus der VDI 2230 blau hinterlegt. Bei rein metallischen Verbindungen ist der Setzbetrag weniger von der Temperatur und der Belastungshöhe abhängig, dagegen jedoch von der Oberflächenrauheit des verschraubten Bauteils und der Belastungsrichtung der wirkenden Betriebskraft.

Klar zu erkennen ist, dass die ermittelten Setzbeträge der Epoxidharz-Grundierung selbst bei hohen Belastungen und Temperaturen die Setzbeträge der metallischen Verbindung nicht überschreiten. Insbesondere bei schwächeren Belastungshöhen oder Temperaturen kann sogar ein deutliches Unterschreiten der metallischen Werte erkannt werden. Dies würde bedeuten, dass Verbindungen, welche mit dem richtigen Lacksystem beschichtet wurden, sogar weniger an Vorspannkraft verlieren als die metallisch blanke Ausführung. Somit wäre eine durchgängige Lackierung sowohl aus Sicht des Korrosionsschutzes als auch zum Erhalt der Schraubenvorspannkraft vorteilhaft. Hierzu laufen im derzeitigen Projekt noch Verifizierungsversuche an beschichteten Bauteilen mit Versuchslaufzeiten von bis zu 1000 h. Diese sollen auch Aufschluss darüber geben,

ob die Setzbeträge für eine einzeln ermittelte Lackschicht auf die Gesamtzahl der Schichten in einer Verbindung kumuliert werden können.

Für Konstrukteure lässt sich zusammenfassen, dass moderne hochvernetzende Korrosionsschutzsysteme durchaus in Kontaktflächen von Schraubenverbindungen eingesetzt werden können. Voraussetzung hierfür sind ein hochvernetzendes System und eine ausreichende Aushärtezeit. Um eine breitere Übersicht von geeigneten Systemen zu schaffen, sowie die auf das Setzverhalten maßgebenden Parameter des Lacksystems aus Vernetzungsdichte, Glasübergangstemperatur, Schichtstärke, Feststoff-/Bindemittelanteil und weitere herauszuarbeiten, ist derzeit ein Anschlussprojekt in der Antragsphase.

Bei weitergehenden Fragen oder bei Interesse zur Mitarbeit im geplanten Anschlussprojekt können Sie gerne Kontakt zu uns aufnehmen.

Referenzen/References:

- [1] Schmitt, G.: Global Needs for Knowledge Dissemination, Research, and Development in Materials Deterioration and Corrosion Control. World Corrosion Organization Aug. 05. 2009
- [2] Susanne Donner: Rost vernichtet jährlich drei Prozent des BIP. Tagesspiegel Online. Verlag Der Tagesspiegel GmbH, 2009, <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/studie-rost-vernichtet-jaehrlich-drei-prozent-des-bip/1641884.html> [Zugriff am: 02.08.2018]
- [3] 2230 Blatt 1: Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubverbindungen. Richtlinie VDI, Aug.11. 2015

AUTOREN



Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele
Fakultät M+V, Forschungsgr. Schraubenverbindungen, Planung/Steuerung von Fertigungsprozessen/QM/ Werkzeugmaschinen
alfred.isele@hs-offenburg.de



Klaus Rappenecker M.Sc.
Wiss. Mitarbeiter, Fakultät M+V
Forschungsgr. Schraubenverbindungen
klaus.rappenecker@hs-offenburg.de

Schluckspecht 6:

Das neue Hocheffizienzfahrzeug der Hochschule Offenburg

Prof. Dipl.-Ing. Claus Fleig

Das neue Hocheffizienzfahrzeug der Hochschule Offenburg, der Schluckspecht 6, ist nach mehrjähriger intensiver Entwicklungsarbeit nun fertiggestellt. Im Vergleich zum Vorgängerfahrzeug wurden viele Bereiche optimiert. So wurde neben der Verbesserung der aerodynamischen Eigenschaften auch eine Vielzahl an neuen Fertigungsverfahren erprobt und im Fahrzeug umgesetzt.

The new high-efficiency vehicle from the Offenburg University of Applied Sciences, the Schluckspecht 6, is now ready after several years of intensive development work. It has been optimized in many areas compared to the previous vehicle. Besides the improvement of the aerodynamic properties, a large number of new manufacturing processes was tested and implemented in the vehicle.



Motivation / Einleitung

Das bisherige Fahrzeug der Hochschule Offenburg für den Shell Eco-marathon in der Klasse „Prototype“ ist der Schluckspecht 3. Dieses Fahrzeug wurde ursprünglich für einen Antrieb mit einem Dieselmotor ausgelegt, wodurch der Motorraum groß und sehr steif ausgeführt ist. Bei einem Wechsel auf einen kompakten elektromotorischen Antrieb ist daher eine freiere Gestaltung des Motorraums

und damit auch der Fahrzeugkarosserie möglich. Des Weiteren erfordern Reglementänderungen weitreichende konstruktive Änderungen. Aus diesen Gründen beschloss das Team Schluckspecht bereits 2016 mit der Neukonzipierung des Nachfolgers dem Schluckspecht 6, zu beginnen. Nach fünfjähriger Entwicklungs- und Bauzeit ist der nun beste Schluckspecht aller Zeiten fertiggestellt!

Gesamtfahrzeug

Der Fokus der Neuentwicklung des neuen Fahrzeugs für die Prototypenklasse des Shell Eco-marathons lag auf folgenden Dingen:

- Gewichtsreduktion > 20 % gegenüber dem Vorgängerfahrzeug
- Reduktion des Luftwiderstands $c_w \cdot A > 10 \%$ gegenüber dem Vorgängerfahrzeug
- Reduktion der Radlagerreibung und des Rollwiderstands > 10 % gegenüber dem Vorgängerfahrzeug
- Vorbereitung auf Reglementänderungen (Fuß- statt handbetätigte Bremse)
- Einsatz neuer Fertigungsverfahren (insbesondere additive Fertigung und faserverstärkte Kunststoffe)
- Verbesserung Ergonomie und Komfort für den Fahrenden.

Das Fahrzeug wurden dabei ausschließlich von Studierenden der Hochschule Offenburg entwickelt und gebaut. Das Projekt ermöglichte dabei die Durchführung von insgesamt 15 Abschlussarbeiten und 19 Seminararbeiten für Studierende.

Aerodynamik

Bei der aerodynamischen Formoptimierung sind durch die günstigen Gestaltungen des Hecks, der Front und der Radkästen erhebliche Fortschritte gegenüber dem Vorgängerfahrzeug gelungen. Das Heck wurde mit einer definierten Abrisskante ausgestaltet und die Oberkante des Hecks weist einen konstanten Winkel zur Horizontalen auf (Abbildung 1). Die Front wurde spitzer ausgelegt, sodass dort der Staudruck verringert werden konnte. Einen großen Einfluss auf die Aerodynamik haben die Radkästen an den Vorderrädern. Diese drehen sich bei Lenkbewegungen des Rades mit und weisen einen guten Kompromiss aus aerodynamischen Forderungen und geringen Einschränkungen auf das Sichtfeld auf. In Tabelle 1 sind die Werte aus den Strömungssimulationen aufgeführt. Trotz einer

vergrößerten Projektionsfläche des Fahrzeugs bedingt durch die Radkästen und die größere Fahrzeughöhe, konnte der ausschlaggebende Luftwiderstand um über 25 % reduziert werden! Ein wesentlicher Grund für dieses großes Verbesserungspotenzial liegt an der Tatsache, dass bei der Entwicklung des Schluckspecht 3 keine Strömungsberechnungen durchgeführt werden konnten und diese erst im Rahmen der Neuentwicklung nachgezogen wurden.

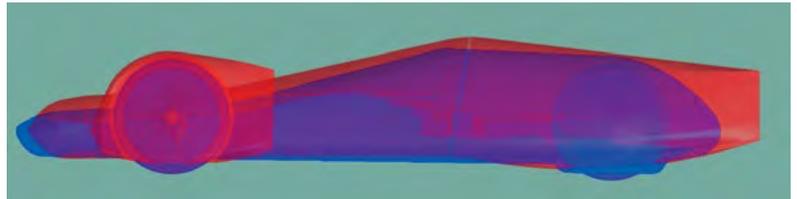


Abb. 1:
Vergleich der Fahrzeugkonturen:
(rot: Schluckspecht 6, blau: Schluckspecht 3)

Fahrzeug	Luftwiderstandskraft bei $v=30$ km/h in N	Anströmfläche in m^2	c_w -Wert
Schluckspecht 3 [1]	1,82	0,246	0,18
Schluckspecht 6 [2]	1,34	0,295	0,11

Tab. 1:
Werte der Strömungssimulation

Karosseriebau

Die Karosserie des Fahrzeugs ist selbsttragend als Monocoque ausgeführt (siehe Abbildung 2). Mit der Kombination aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK) als Decklagen und Aramidwaben als Kern entsteht eine leichtbauoptimale Sandwichstruktur. Für die Montage von Anbauteilen (z. B. Lenkung) sind metallische Inlays in die Struktur eingearbeitet. Der Bereich der Fahrgastzelle ist im Bereich des Einstiegs und zum Antrieb zusätzlich verstärkt. Eine durchgehende Trennwand erhöht zusätzlich die Steifigkeit im Bereich des Überrollbügels. Die Frontnase mit integriertem Crashelement ist abnehmbar gestaltet. Dies führt sowohl zu einer vereinfachten

Abb. 2:
Bild Monocoque [3]



Zugänglichkeit der Fußbremsen für Wartungsarbeiten als auch zu einem einfachen und schnellen Wechsel der Nase im Falle eines Frontalcrashes.

Der Antrieb ist als eine Einheit an das Monocoque über Schraubverbindungen befestigt. Dies ermöglicht einen schnellen Ausbau des Antriebs für Wartungs- und Einstellarbeiten.

Innenraum und Ausstattung

Im Innenraum wurde großer Wert auf eine verbesserte Ergonomie gelegt. Die einlegbare und somit individuell auf die Fahrerin anpassbare Sitzschale wird zusätzlich mit unterschiedlichen atmungsaktiven Stoffen bezogenen Schaumstoffen ausgelegt. Dadurch können unerwünschte Druckstellen der sonst harten Karosserie massiv verringert werden und somit die körperlichen Beanspruchungen erheblich reduziert werden. Durch die durchgehende Erhöhung des Fahrgastraums um mindestens 15 mm im Vergleich zum Vorgänger ergibt sich ein deutlich verbessertes Platzangebot, sodass Zwangslagen insbesondere der Beine vermieden werden.

Antrieb

Die wichtigen funktionale Abmessungen (z. B. Spurweite, Radstand, Nachlauf) wurden nur leicht zum Vorgängerfahrzeug aufgrund der bereits sehr guten Eigenschaften modifiziert. Daher wurde in diesem Bereich der Schwerpunkt auf die Neuentwicklung und Erprobung neuartiger Fertigungsmethoden gelegt.

Vorderachse

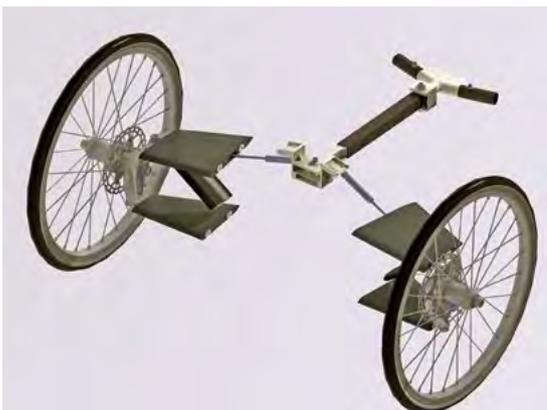
Für das vordere Fahrwerk wurde das vom Vorgänger bereits erfolgreiche Prinzip der Flügel mit diagonalverlaufender Zugstrebe umgesetzt (Abbildung 3 links). Trotz äußerlich großer Ähnlichkeit zum Vorgänger ist der Auf-

bau des Flügels komplett neu. So wurden an diesen Bauteilen erstmalig eine neue hybride Fertigungsmethode umgesetzt. Die Flügel bestehen aus additiv gefertigten Kernen aus Kunststoff, in welche metallische Einlegeteile („Inlays“) mit geringer Pressung montiert wurden. Die Einlegeteile sind für die mechanischen Anbindungen an die Karosserie und die Radträger über Schrauben notwendig. Für die Sicherstellung von kompakten und steifen Bauteilen wurde diese Baugruppe anschließend von außen mit CFK durch Auflegen und Umwickeln verstärkt. Auf ein sonst notwendiges Werkzeug für die Herstellung von CFK-Bauteilen konnte damit verzichtet werden. Mit diesem intelligenten Aufbau konnten somit die Kerne neben der Funktion als Aufnahme der Inlays auch als formgebendes Werkzeug für das CFK dienen und somit eine leichtbauoptimale Konstruktion mit einer hohen Funktionsintegration realisiert werden.

Hinterachse

Der Träger für den Hinterradantrieb ist ebenfalls als CFK-Bauteil ausgeführt. Aufgrund des großen Volumens des Bauteils kam hier ein additiv gefertigter Kern nicht in die Auswahl. Für eine hohe Steifigkeit bei gleichzeitig niedrigem Gewicht wurde daher der Kern aus expandiertem Styrolschaum mit eingefrästen Taschen für eine weitere Gewichtsreduktion gefertigt. Die metallischen Inlays wurden dabei zwischen den einzelnen CFK-Lagen eingebettet. An dem Träger für den Hinterradantrieb ist zudem kompakt der Antriebsmotor, der Akku-Pack, die Fahrzeugelektronik und die Hinterradbremse angebracht (Abbildung 3 rechts).

Abb. 3:
CAD-Modell vorderes Fahrwerk mit Lenkung (links)
CAD-Modell Träger Hinterradantrieb (rechts)



Lenkung

Bei der Lenkung wurde ebenfalls das Grundkonzept des Vorgängers übernommen. Eine spielarme, steife und dennoch leichte Konstruktion konnte durch den consequenten Einsatz von additiv gefertigten Bauteilen in Kombination mit CFK erreicht werden. Für einen hocheffizienten Betrieb muss die Einhaltung der Ackermannbedingung bei der Kurvenfahrt sichergestellt sein. Ist dies nicht der Fall, lenkt das kurveninnere Rad zu stark oder zu schwach im Vergleich zum kurvenäußeren Rad ein und erzeugt somit einen unerwünschten Schlupf, welcher zu Reibungsverlusten im Reifen führt. Durch intensive kinematische Untersuchungen konnte eine Lenkgeometrie entwickelt werden, die dem Optimum im relevanten Bereich (Lenkwinkel kurveninneres Rad $< 15^\circ$) sehr nahekommt (Abbildung 4).

Abb. 4: Vergleich Spurdifferenzwinkel: ideal (Ackermann) und real ausgeführt [4]

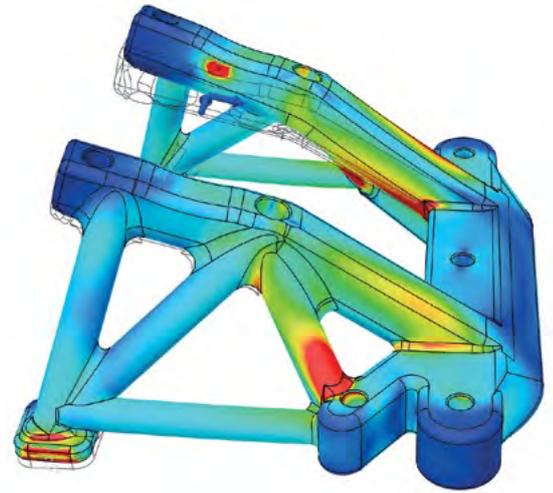
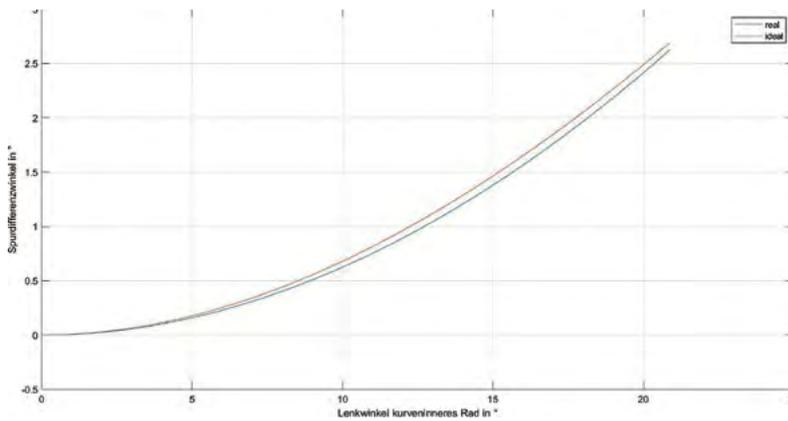


Abb. 5: topologieoptimierter Bremsenhalter (FEM-Berechnung, reales Bauteil) [5]

Bremsen

Die Fahrzeugbremse ist als hydraulische Zweikreisbremsanlage ausgeführt. Vorne verzögern zwei Scheibenbremsen und hinten eine Felgenbremse das Fahrzeug. Für die hintere Bremse wurde eine topologieoptimierte, additiv gefertigte Aufnahme entwickelt. Dadurch konnte eine leichtbauoptimale Konstruktion umgesetzt werden (Abbildung 5).

Der Pedalträger und die Pedale sind ebenfalls additiv gefertigt und mittels FEM-Analysen auf Steifigkeit und geringe Masse optimiert. Zur Sicherstellung einer einwandfreien Funktion wurde hier neben Berechnungen auch intensive Tests zur Materialcharakterisierung für die finale Bauteilprüfung durchgeführt. Da die Phase dieser Tests in die Covid-Pandemie fiel, wurden die Tests im Homeoffice und im Homeworkshop mit einfachen, aber dennoch aussagekräftigen Mitteln (z. B. Kofferwaage und Feinmessuhr statt Zugprüfmaschine) durchgeführt.

Fahrwerk

Für das heckgetriebene Fahrzeug wird ein permanenterregter Gleichstrommotor der Firma Maxon (Typ RE50, $P_{\text{nenn}} = 200\text{W}$, $U = 48\text{V}$) eingesetzt. Mit einem Kettengetriebe wird das Motormoment erhöht und das Hinterrad angetrieben. Für den Segelbetrieb wird eine Freilaufkupplung verwendet.

Die Ansteuerung des Motors erfolgt über eine selbst entwickelte mikrocontrollergesteuerte Elektronik.

Fazit

Durch das konsequente Hinterfragen und Optimieren aller Bestandteile des Fahrzeugs konnte ein erheblicher Fortschritt gegenüber dem Vorgängerfahrzeug erzielt werden. So wurden alle wichtigen Ziele erreicht. Das Fahrzeuggewicht konnte um 15 kg auf unter 35 kg gesenkt werden! Diese Reduktion übertrifft sogar das ehrgeizig gesetzte Ziel von 10 kg Gewichtersparnis. Große Anteile daran haben insbesondere die neuen Räder und der neue Antrieb.

Auch die Verbesserung der Aerodynamik konnte die anspruchsvollen Forderungen übertreffen. Mit diesen Maßnahmen ist davon auszugehen, dass der neue Schluckspecht (siehe Abbildung 6) daher eine um mindestens 15 % verbesserte Effizienz vorweist. Das Team ist sehr zuversichtlich, den bisherigen Bestwert von 640 km/hWh im nächsten Rennen klar zu überbieten und weiterhin beste Platzierungen zu erreichen.

Abb. 6:
Schluckspecht 6 – HSO



AUTOR



Prof. Dipl.-Ing. Claus Fleig
Fakultät M+V
Gesamtprojektleiter „Schluckspecht“
claus.fleig@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Raphael Teufel, „Neukonzeptionierung des Schluckspecht III,“ Seminararbeit HS Offenburg, 2016
- [2] Fabian Baltruschat, „Konstruktion und Berechnung eines Radkasten für den Schluckspecht 6,“ Seminararbeit HS Offenburg, 2020
- [3] Maximilian Schamow, „Planung und Fertigung eines CFK-Monocoques für ein Hocheffizienzfahrzeug,“ Bachelorarbeit HS Offenburg, 2021
- [4] Patrick Piechotta, „Konstruktion, Fertigung und experimentelle Optimierung einer Lenkung für ein Leichtbaufahrzeug,“ Bachelorarbeit HS Offenburg, 2021
- [5] Marcel Späth, „Entwicklung einer Hinterradbaugruppe an einem Hocheffizienz-Fahrzeug,“ Bachelorarbeit HS Offenburg, 2021



INES – Das Energiewende-Institut

Am INES, dem Institut für Energiesystemtechnik, wird bereits im zehnten Jahr an Systemen und Komponenten für eine nachhaltige Energietechnik geforscht.

„Die Sonne schickt uns keine Rechnung“ – dieses berühmte Zitat des Journalisten und Buchautors Franz Alt aus den 1990er-Jahren ist in Zeiten von Klimakrise und Abgasskandalen aktueller denn je. Es beschreibt, dass eine auf erneuerbaren Energien basierte Energieversorgung nicht nur umweltfreundlich, sondern auch wirtschaftlich ist. Die dafür nötige „Energiewende“ betrifft die Sektoren Strom, Wärme („Wärmewende“) und Mobilität („Verkehrswende“). In allen drei Sektoren sowie in deren Kopplung liegen unsere Forschungsaktivitäten am Institut für Energiesystemtechnik (INES). Dafür haben wir die interdisziplinäre Kompetenz von zehn Professoren sowie über 30 Mitarbeitenden.

Forschungs- und Entwicklungsthemen am INES sind Energieeffiziente Gebäudetechnik, Batterie-, Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnik, Intelligente Energienetze, Elektromobilität, Energiesysteme und Energiewirtschaft sowie Photovoltaik-Technik und Pflanzenkohle. Im Jahr 2020 wurden rund 25 öffentlich geförderte Projekte bearbeitet, dazu kommen Industrienaufträge sowie zahlreiche Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten. Das jährliche Budget ist seit der Institutsgründung im Jahr 2012 stark angewachsen und beträgt rund zwei Millionen Euro. Die Gemeinsamkeiten der Projekte liegen bei der Fokussierung auf Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz sowie der Nutzung erneuerbarer Energien.

Für Details und Ergebnisse sei auf unsere Webseite, www.ines.hs-offenburg.de, verwiesen. Zwei Highlights seien im Folgenden erwähnt.

Das INES vertritt die wissenschaftliche Leitung des hochschulweiten Projekts „Zero Emission Campus 2025“, das zum Ziel hat, die Energieversorgung der Hochschule Offenburg klimaneutral umzugestalten. Bestandteile werden unter anderem eine PV-Überdachung für den Parkplatz und intelligent gesteuerte Ladesäulen für Elektroautos sein.

2020 ist das Institut als Hauptnutzer in das Regionale Innovationszentrum für Energietechnik, das „RIZ Energie“, eingezogen. Die Büros und Labore der beiden vorigen Standorte – Campus Nord in Bohlsbach und Steinbeis-Zentrum in der Badstraße – sind nun gemeinsam in dem neuen Gebäude am Hochschulkreisel angesiedelt. Das RIZ Energie bietet uns nicht nur moderne und kommunikationsfördernde Büroräume, sondern insbesondere ein großes und hervorragend ausgestattetes Technikum sowie zwei Außenlabore. Von hier aus werden wir, zusammen mit unseren Mitwirkenden aus Forschung und Industrie, die drängenden technischen Fragestellungen der Energiewende weiter bearbeiten.

*Institutsleitung
Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler*

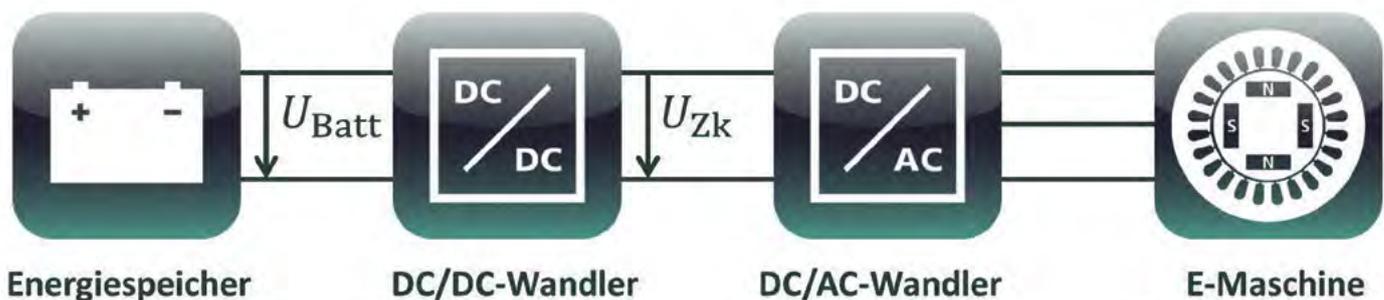
Elektromobilität:

Prüfstände für die Optimierung des elektrischen Antriebsstrangs

Prof. Dr.-Ing. Christian Klöffler, Prof. Dr.-Ing. Patrick König, Philipp Degel M.Sc.

Der vorliegende Beitrag beschreibt die Motivation hinter den Forschungsarbeiten im Electric Mobility Competence Center (EMC²) rund um elektrische Antriebskomponenten für die Elektromobilität sowie die Notwendigkeit, diese Forschungsarbeiten an Prüfständen zu testen und zu validieren. Zunächst wird näher auf die Charakteristik von elektrischen Maschinen eingegangen, um anschließend die verwendete Prüfstandtechnik vorzustellen.

The present article describes the motivation behind the research work about electric drivetrain components for electromobility usage of the Electric Mobility Competence Center (EMC²). Furthermore, the need for testbenches to test and validate this research work is explained. At first the characteristic of electrical machines is described, later on the used test bench technology is presented.



Motivation

Die Elektromobilität stellt gerade im Bereich der Individualmobilität neue Ansprüche an die eingesetzten Antriebskomponenten. Insbesondere im Bereich von Elektrofahrzeugen (BEV, Battery Electric Vehicles) bzw. Hybridfahrzeugen (HEV, Hybrid Electric Vehicles), wo unter dem Überbegriff Antriebskomponenten meist die Batterie, der Frequenzumrichter sowie die elektrische Maschine verstanden wird (siehe Abbildung 1), liegen diese Ansprüche in den Bereichen hoher Wirkungsgrad, hohe Leistung, geringes Gewicht, geringes Volumen und lange Lebensdauer. Da die Erfüllung dieser Punkte gegenüber dem ebenfalls für Serienanwendungen essenziell wichtigen Aspekt der Kosten häufig einen klassischen Zielkonflikt darstellt, ist die Entwicklung und Optimierung dieser Komponenten eine herausfordernde Aufgabe. Der im vorliegenden Artikel erläuterte Forschungsschwerpunkt fokussiert sich hierbei auf den optimierten Betrieb der unter Berücksichtigung der zuvor angesprochenen Zielkriterien

elektromagnetisch und mechanisch ausgelegten, elektrischen Maschine (E-Maschinen).

Grundlagen

Aus der Vielzahl unterschiedlicher Typen elektrischer Maschinen werden derzeit in Elektro- bzw. Hybridfahrzeugen überwiegend permanentmagneterregte Synchronmaschinen (PMSM) favorisiert [2]. Grundsätzlich bestehen E-Maschinen aus einem feststehenden Teil, dem Stator und einem beweglichen Teil, dem Rotor. In den Stator wird bei PMSMs ein dreiphasiger Wechselstrom eingepreßt, der ein rotierendes Magnetfeld erzeugt. Der Rotor wiederum ist mit Permanentmagneten versehen. Das stromerzeugte Magnetfeld des Stators und das magneterzeugte Feld des Rotors wechselwirken im motorischen Betrieb so miteinander, dass das Rotormagnetfeld dem Statormagnetfeld folgt und sich somit der Rotor mechanisch dreht. Mit dieser erzeugten Rotordrehung lässt sich dann die gewünschte Antriebswirkung im Fahrzeug erzielen.

Abb. 1: Antriebskomponenten in Batterieelektrischen Fahrzeugen (BEVs) [1]

In nahezu allen elektrischen Maschinen wird weichmagnetisches Material mit hoher Permeabilität (magnetische Leitfähigkeit), meist spezielle Eisenlegierungen, eingesetzt. Dies hat einerseits den Zweck, die Magnetfelder in ihrer räumlichen Ausbreitung zu führen sowie auch die magnetische Flussdichte und damit die Kraftwirkung auf den Rotor deutlich zu steigern. Aufgrund der eingangs geschilderten Forderung nach geringem Gewicht und Volumen bei gleichzeitig hoher Leistung wird versucht, mit möglichst starken magnetischen Feldern zu arbeiten, um so die Kraftwirkung zwischen Stator- und Rotormagnetfeld zu maximieren.

Im Gegensatz zu E-Maschinen, die für stationäre Industrieanwendungen konzipiert sind, befindet sich das weichmagnetische Material von E-Maschinen für die Elektrotraktion meist im Bereich der magnetischen Sättigung. Unter magnetischer Sättigung wird die Limitierung der linearen Zunahme der magnetischen Flussdichte trotz Steigerung des für die Magnetfeldentstehung verantwortlichen Stroms verstanden (siehe Abbildung 2). Dies führt bei größeren Strömen zu einer starken Nichtlinearität des Maschinenverhaltens und erhöht somit den Grad der Komplexität der mathematischen Modellbildung sowie der Regelung der Maschine.

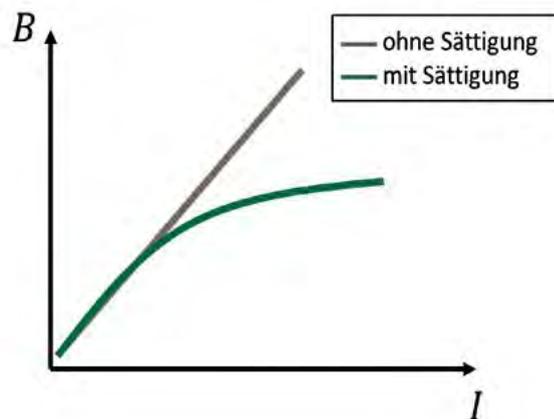


Abb. 2:
Verlauf der magnetischen Flussdichte

Gängige Steuer- und Regelungsverfahren sowie Ansätze zur wirkungsgradoptimalen Erzeugung eines gewünschten Drehmomentes für die beschriebenen elektrischen Maschinen basieren vorwiegend auf theoretischen Grundlagen, teils noch aus den 1920er-Jahren. Diese betrachten die Tatsache der magnetischen Sättigung

meist aufgrund der nicht vorhandenen Notwendigkeit gar nicht oder nur unzureichend [3]. Im Wesentlichen ist diese Thematik erst mit Aufkommen der Elektromobilität Gegenstand zahlreicher Forschungen [4]. Nicht zuletzt auch deshalb, da das Potenzial der digitalen Signalverarbeitung Möglichkeiten zur Maschinenregelung bietet, die noch vor wenigen Jahren undenkbar gewesen wären [5].

Die Forschungstätigkeiten im Electric Mobility Competence Center (EMC²) knüpfen hier an. Es werden zunächst umfangreiche, detaillierte Motormodelle entworfen, die computergestützt das reale Verhalten der elektrischen Maschinen möglichst gut abbilden. Auf Basis dieser Modelle können dann Algorithmen zur verbesserten Steuerung und Regelung der elektrischen Maschinen entwickelt werden. Das Ziel hierbei ist sowohl der wirkungsgradoptimale als auch der robuste und fehlerfreie Betrieb der elektrischen Maschine. Diese Algorithmen werden dann in der Steuereinheit des Frequenzumrichters eingesetzt, um die notwendigen Spannungen für die Erzeugung der Magnetfelder zu generieren und dem Motor zur Verfügung zu stellen.

Zur Validierung und Optimierung dieser Modelle sowie der damit abgeleiteten Steuer- und Regelungsalgorithmen sind Vermessungen der realen Antriebskomponenten an Prüfständen, wie sie nachfolgend beschrieben werden, unerlässlicher Bestandteil seriöser Forschungsarbeiten.

Prüfstände für Antriebskomponenten im RIZ

Um die Betriebsbereiche der Antriebskomponenten vollständig zu durchfahren, sind Prüfstände, wie in Abbildung 3 gezeigt, üblich. Die blau hinterlegten Komponenten sind hierbei der zu prüfende Frequenzumrichter bzw. die zu prüfende elektrische Maschine. Die grün hinterlegten Komponenten bilden die Bremsen (elektrische Lastmaschine), um die Prüflingsmaschine auf einer bestimmten Drehzahl zu halten. Gelb hinterlegt ist die Spannungsversorgung, die mit dem elektrischen Netz verbunden ist. Häufig wird aus Kosten- und Sicherheitsgründen auf eine reale Antriebsbatterie verzichtet und stattdessen auf eine Batterie-Nachbildung mittels eines ansteuerbaren Batterieemulators (rot) zurückgegriffen.

Referenzen/References:

- [1] Klöffler, C. (2015): „Reichweitenverlängerung von Elektrofahrzeugen durch Optimierung des elektrischen Antriebsstranges“. 978-3844039610. Aachen: Shaker
- [2] Kampker, A. (2013): „Elektromobilität – Grundlagen einer Zukunftstechnologie“. 978-3-642-31986-0. Berlin: Springer
- [3] R. H. Park, „Two-reaction theory of synchronous machines generalized method of analysis-part I,“ in Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, vol. 48, no. 3, pp. 716-727, July 1929, doi: 10.1109/T-AIEE.1929.5055275
- [4] Gemaßmer, T., Klöffler, C., Veigel, M. et al. Charakterisierung und Regelung hoch ausgenutzter permanentmagneterregter Synchronmaschinen für den Einsatz in Traktionsantrieben. Elektrotech. Inftech. 133, 136–141 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00502-016-0398-6>
- [5] M. W. Naouar, A. A. Naassani, E. Monmasson and I. Slama-Belkhdja, „FPGA-Based Predictive Current Controller for Synchronous Machine Speed Drive,“ in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 23, no. 4, pp. 2115-2126, July 2008, doi: 10.1109/TPEL.2008.924849

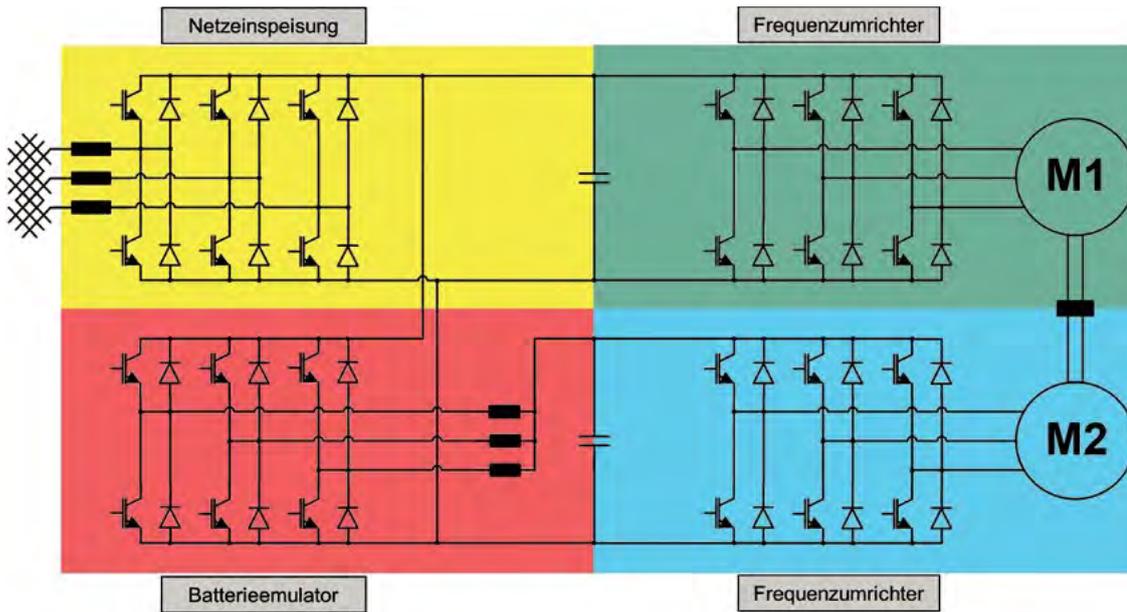


Abb. 3:
Prüfstandskonzept

Um die Antriebskomponenten der Elektromobilität in ihrer Vielfältigkeit und Leistungsklasse vom eScooter über Hybrid- und Elektrofahrzeuge bis hin zu Straßenbahnen abzudecken, sind aktuell zwei Prüfstände im Aufbau bzw. in der Beschaffung. Die Anwendungsbereiche und Leistungsdaten sind in Tabelle 1 dargestellt. Mit der Fertigstellung des Prüfstandes mittlerer Leistung wird in Kürze gerechnet. Beim Prüfstand für höchste Antriebsleistung wird von einer Inbetriebnahme Ende 2021 ausgegangen.

Zusätzlich zu den beschriebenen Prüfständen zum Betrieb realer elektrischer Maschinen ist ein sogenannter E-Maschinen-Emulator im Einsatz. Ein E-Maschinen-Emulator ist in der Lage, elektrische Maschinen mit (in Grenzen) beliebigen Parametern nachzubilden. Er ersetzt somit den Prüfling in Abbildung 3 durch eine leistungselektronische Komponente, die sich klemmenseitig wie die reale elektrische Maschine verhält. Somit kann beispielsweise die Funktionsfähigkeit der entwickelten Steuer- und Regelalgorithmen ohne das Vorhandensein weiterer realer Maschinen in seiner Universalität validiert werden. Mit minimalem Aufwand lassen sich hiermit Fehlerfälle in elektrischen Maschinen nachbilden und die Reaktion der Steuer- und Regelalgorithmen daraufhin bewerten.

	Prüfstand mittlerer Antriebsleistung	Prüfstand höchster Antriebsleistung
Geplante Fertigstellung	Mitte 2021	Anfang 2022
Anwendungsbereich	Pedelec bis Mild-Hybrid	Full-Hybrid, BEV, LKW, Straßenbahn, Bus
max. Leistung	50 kW	450 kW
max. Motordrehzahl	12.000 1/min	20.000 1/min
max. Motordrehmoment	100 Nm	500 Nm
max. Motorstrangströme	500 Arms	1000 Arms
max. Motorstrangspannungen	365 Vrms	365 Vrms
Batteriespannung	12 - 900 V	12 - 900 V

Tab. 1: Prüfstandübersicht

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Christian Klöffler
Leiter Electric Mobility Competence
Center (EMC²), INES, Elektromobilität
christian.kloeffler@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Patrick König
Leiter Electric Mobility Competence
Center (EMC²), INES, Elektromobilität
patrick.koenig@hs-offenburg.de



Philipp Degel M.Sc.
Doktorand Electric Mobility Competence
Center (EMC²), INES, Elektromobilität
philipp.degel@hs-offenburg.de

Partizipation am Energiemarkt der Zukunft:

Gewinnbringende Zusammenarbeit zwischen mittelständischen Industrieunternehmen und der Hochschule Offenburg

Prof. Dr.-Ing. Niklas Hartmann, Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Rainer Gasper, Hanhee Kim M.Sc., Anna Sandhaas M.Sc., Rahul Rahul M.Sc., Jesus da Costa Fernandes M.Sc./Dipl.-Ing. (FH), Edgar Schmitt Dipl.-Ing. (FH)

Die Digitalisierung kann der Türöffner sein, um effizient die mittelständische Industrie und den Energiemarkt zu verbinden. Das Projekt GalN hat das Ziel, mit hochaufgelösten Produktions- und Messdaten von zehn mittelständischen Industriebetrieben neuartige Tarife und angepasste Marktplattformen zu entwickeln, die Prognosegüte für Energiebedarf, Nachfrage und Flexibilitätsverfügbarkeit zu erhöhen, die Interaktion vieler flexibler Unternehmen im Verteilnetz und in dem Bilanzkreis zu bewerten und die Auswirkung einer Nutzung der Daten auf die Energiewende anhand einer Systemanalyse zu beurteilen.

Digitization can be the key to efficiently connect the medium-sized industry and the energy market. The GalN project has the goal of digitizing the medium-sized industry to participate profitably in the volatile energy market of the future. High-resolution load data of 10 medium-sized industrial companies are used to develop novel tariffs and adapted market platforms, to increase the forecasting quality for energy demand as well as the available flexibility, to assess the interaction of many flexible companies in the distribution network and to assess the impact of the usage of the data on the whole energy system transformation in Germany.

Das Projekt GalN, gefördert durch das BMWi FKZ 03EI6019E, hat das Ziel, durch Digitalisierung die mittelständische Industrie gewinnbringend am volatilen Energiemarkt der Zukunft zu platzieren. Es wird durch Prof. Dr. Niklas Hartmann geleitet. Die Arbeiten am INES der Hochschule Offenburg konzentrieren sich in einem ersten Schwerpunkt auf die Entwicklung einer Methodik für die Kategorisierung der Nachfragen unterschiedlicher mittelständischer Industrietypen. Darauf aufbauend wird ein ganzheitliches intersektorales Energiesystemmodell entwickelt, mit dem die Digitalisierung der mittelständischen Industrie auf das gesamte Energiesystem Deutschlands bewertet werden soll. In diesem Themenschwerpunkt arbeiten Anna Sandhaas zusammen mit Hanhee Kim.

Prof. Dr. Michael Schmidt und Prof. Dr. Rainer Gasper leiten den zweiten Schwerpunkt der Arbeiten an der Hochschule Offenburg. Zusammen mit Rahul Rahul, Jesus da Costa Fernandes und Edgar Schmitt werden einerseits Voraussetzungen für die automatisierte Nutzung der Flexibilität weiterentwickelt und

der Nutzen der digitalen Strategien der Industriebetriebe auf Bilanzkreisebene analysiert. Dazu werden die energierelevanten Prozesse und Komponenten der Betriebe in Computermodellen im Sinne von „Digitalen Zwillingen“ nachgebildet. Das Zusammenspiel verschiedener Industriebetriebe und der Nutzen für den Bilanzkreis oder das Verteilnetz können so untersucht werden. Zusätzlich wird ein „Experimenteller Zwilling“ als Demonstrator aufgebaut, in dem einzelne typische Industriekomponenten wie Motoren oder Heizelemente im Echtzeitbetrieb durch die neuen Methoden vorausschauend geregelt werden. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass alle entwickelten Methoden sich frühzeitig an der Möglichkeit zur Implementierung im realen Unternehmen orientieren.

Im Projekt GalN wird die Hochschule Offenburg vom BMWi mit 806.000 Euro gefördert, die Arbeiten laufen bis zum 30.11.2022.

Schwerpunkt 1 Kategorisierung der Nachfrage und Entwicklung des Energie- systemmodells

Das Ziel des Schwerpunkts 1 ist die Bereitstellung von kategorisierten Stromlastgängen unterschiedlicher Industrietypen. Anhand einer Literaturrecherche sowie der Auswertungen von realen Lastprofilen aus der Industrie wurden repräsentative Lastgänge für verschiedene Industrietypen erstellt. Die synthetischen Lastgänge dienen vor allem dazu, den deutschen Industriesektor zeitlich und regional aufgelöst im projektzugehörigen Energiesystemmodell abbilden zu können.

Jeder deutsche Betrieb des verarbeitenden Gewerbes ist anhand der Klassifikation der Wirtschaftszweige „WZ 2008“ [1, 2] über fünf Gliederungsstufen letztendlich einer von 260 Unterklassen mit einem fünfstelligen WZ Code zugeordnet. Die dritte Stufe enthält 95 Industrieklassen und die Betriebe einer Klasse sind bereits relativ homogen in ihrem Produktionsablauf, sodass angenommen werden kann, dass die Betriebe einen ähnlichen zeitlichen Strombedarf aufweisen. Aus diesem Grund wurden die Klassen der dritten Stufe in die Kategorisierung aufgenommen und bildeten die Grundlage für die Erstellung von Industrietypp-spezifischen Lastprofilen. In der Abbildung 1 a) ist ein anfängliches unspezifisches Lastprofil für den Industriotyp 25.61 „Herstellung von Metallerzeugnissen: Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung“ dargestellt.

Im nächsten Schritt wurden zehn Endnutzungsruubriken festgelegt, in die jegliche Stromverbraucher eines Betriebs eingeteilt werden können. Dazu gehören neben der Beleuchtung und Klimatisierung der Gebäude typische Produktionsgrößen wie Prozesswärme, -kühlung, Elektrochemie oder Maschinenantrieb. Zusätzlich wurden für jede Endnutzungsgruppe charakteristische Strom-Tagesprofile entwickelt [3].

Bei zahlreichen Industrietypen z. B. des Metallbearbeitungssektors macht der Maschinenantrieb über 70 % des Stromverbrauchs aus [4] und gerade vor dem Hintergrund zukünftigen Demand Side Managements bedarf es eines besseren Verständnisses in die jeweiligen Maschinenprozesse. Anhand eines Bottom-Up-Ansatzes wurde daher die gesamte Produktionskette eines Industrietyps in ihre maßgeblichen Einzelprozesse aufgetrennt und die maschinellen Prozesse wurden anschließend den Kategorien Mechanical 1 (un-

stetiger mechanischer Antrieb) und Mechanical 2 (stetiger mechanischer Antrieb) zugeteilt. Prozesse, die in Mechanical 1 zugeordnet sind, üben eine abrupt wechselnde mechanische Kraft oder elektrische Ladung auf ein Rohmaterial aus und verursachen dadurch die typische Fluktuation eines Lastgangs, während Mechanical-2-Prozesse eine überwiegend konstante Kraft ausüben. Bis zu diesem Punkt wurden alle Erkenntnisse ausschließlich aus Literaturdaten (Bottom-up-Ansatz) gewonnen [5]. Die daraus resultierenden Lastgänge wurden normiert dargestellt (Abbildung 1 b)).

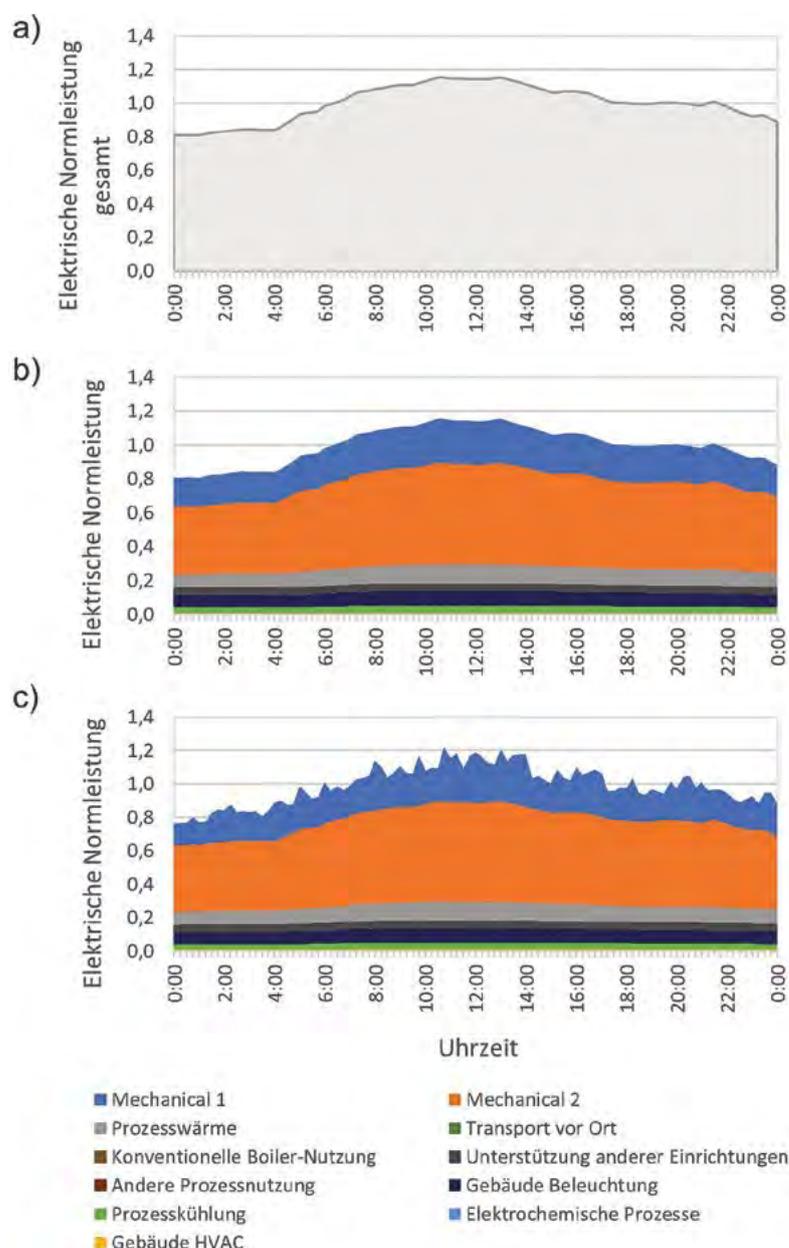


Abb. 1: Synthetisches Tages-Lastprofil für den Industriotyp WZ 2008 25.61 Herstellung von Metallerzeugnissen: Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung:
a) anfängliches unspezifisches Lastprofil, b) Lastprofil mit Endnutzerkategorien, c) fertiges Lastprofil mit Fluktuationen

Im weiteren Projektverlauf konnte durch den Zugriff auf reale Lastdaten die charakteristische Schwankungsbreite der Stromlast verschiedener Industriotypen bestimmt werden (Top-Down-Ansatz). Zuerst wird der Industriotyp des Betriebes anhand der Klassifikation „WZ2008“ [1] festgestellt. Danach wird die Schwankung bzw. Fluktuation berechnet, indem die Standardabweichung der Reallast (Gesamtwirkungsleistung am Übergabezähler) jedes einzelnen Tages eines Kalenderjahres berechnet und anschließend gemittelt werden. Wochenenden, Schließtage, Feiertage und Brückentage werden ausgenommen und die Arbeitszeitfenster berücksichtigt. Der resultierende Fluktuationsgrad wird auf das industriotypspezifische Lastprofil ausschließlich auf das Profil von Mechanical 1 aufgetragen, da angenommen wird, dass dieser der Hauptverursacher der Fluktuationen ist. Weitere Recherchen zur Überprüfung dieser Annahme sollen folgen. Für den Industriotyp 25.61 z. B. beträgt der Fluktuationsgrad 5 %. Das fertige Lastprofil für diesen Industriotyp ist in Abbildung 1 c) dargestellt.

Bis zu diesem Zeitpunkt wurden 13 synthetische Lastgänge für Industriotypen aus den Überkategorien „Herstellung von Nahrungsmitteln“, „Herstellung von Metallzeugnissen“ und „Maschinenbau“ entwickelt.

Schwerpunkt 2 Digitaler Zwilling und Experimenteller Zwilling

Ziel des Schwerpunkts 2 ist, den Strombezug von Energieunternehmen flexibel an den Bedürfnissen des übergelagerten Gesamtsystems auszurichten und dadurch sowohl beim Industrieunternehmen als auch im Gesamtsystem einen Mehrwert zu generieren. Dies kann zum Beispiel über die Ausrichtung an dynamischen Preissignalen oder durch die Bereitstellung und Vermarktung von Flexibilität im Sinne von Regelleistung erfolgen. Typische Maßnahmen sind dabei die Verschiebung von Einsatzzeiten, die Reduktion oder Steigerung von Leistungen von Maschinen oder Hilfsprozessen und die Nutzung von Energiespeichern im Unternehmen.

Um als Unternehmen mit solchen Maßnahmen auf entsprechende externe Anreizsignale reagieren zu können, ist es hilfreich, alle energierelevanten Prozesse und Komponenten in Form eines digitalen Systemmodells („Digitaler Zwilling“) abzubilden. Der Digitale Zwilling erlaubt es, die Auswirkungen von bestimmten Steuereingriffen auf den zukünftigen Leistungsbezug vorherzusagen und auf dieser

Basis mathematische Optimierungen durchzuführen. Das Modell wird hierfür mit zahlreichen Produktions- und Energiedaten validiert. Im Betrieb muss das Modell ständig aktuell gehalten werden, was durch ein umfangreiches Echtzeit-Monitoring im Betrieb realisiert wird.

Da eine vollständige Umsetzung des oben beschriebenen Digitalen Zwillings inklusive der Kopplung mit einem Echtzeit-Monitoring-System sowie der automatisierten Steuerung in einem realen Betrieb sehr aufwendig sowie mit großen Risiken (z. B. Produktionsausfällen etc.) verbunden ist, wird im Projekt GaIN an der Hochschule Offenburg ein Demonstrator im Sinne eines Experimentellen Zwillings aufgebaut. Das Konzept des Experimentellen Zwillings wurde dabei möglichst generisch gestaltet, sodass nur auf wenige, aber für das Lastprofil eines Betriebs signifikante Komponenten zurückgegriffen werden muss. Parallel zum Digitalen Zwilling kann der „Experimentelle Zwilling“ als Testsystem oder lokales Reallabor für die Optimierungen genutzt werden. Das Verhalten des Experimentellen Zwillings gibt dann ersten Aufschluss über das mögliche Verhalten des realen Industriebetriebs, ohne die Prozesse des KMU (kleine und mittlere Unternehmen) zu gefährden.

In erster Linie werden für den Experimentellen Zwilling drei Gruppen von Verbrauchern definiert. Diese sind thermische Kreise, technische Systeme zur Umgebungskonditionierung (TBS) und motorbetriebene Verbraucher zur Verarbeitung und zum Transport. Versorgt wird der Experimentelle Zwilling aus dem Microgrid am INES bzw. durch Bezug von Netzstrom. Die Konfiguration gestattet damit auch die Einbindung künftiger Contractingelemente für den jeweiligen Industriebetrieb. So können zum Beispiel Konzepte wie Eigenverbrauchsoptimierung, Sektorenkopplung durch KWKK oder speichergestützter Betrieb abgebildet werden. Die Entwicklungspotenziale können so mit den KMU-Verantwortlichen sehr realitätsnah hinsichtlich Flexibilität und Wirtschaftlichkeit erörtert werden.

Die Gesamtmethodik zur Entwicklung des digitalen Zwillings und seine Verbindung mit einem experimentellen Zwilling sind in Abbildung 2 dargestellt.

Referenzen/References:

- [1] Statistisches Bundesamt, „Klassifikation der Wirtschaftszweige: Mit Erläuterungen“, Wiesbaden, 2008
- [2] Statistisches Bundesamt, „Produzierendes Gewerbe: Beschäftigte, Umsatz und Investitionen der Unternehmen und Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden“, Wiesbaden, 12.12.2019
- [3] Elaine Hale, Henry Horsey, Brandon Johnson, Matteo Muratori, Eric Wilson, et al., „The Demand-Side Grid (dsgrid) Model Documentation“, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, Aug. 2018
- [4] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, „Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2013 bis 2017“, Karlsruhe, Juni 2019
- [5] Michael Starke, Nasr Alkadi, „Assessment of Industrial Load for Demand Response across U.S. Regions of the Western Interconnect“, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Sep. 2013

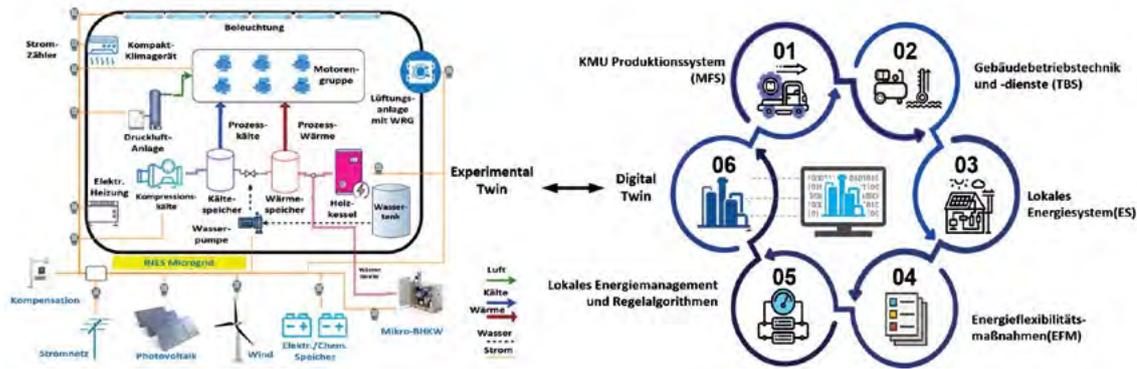


Abb. 2: Gesamtmethodik und Schritte zur Entwicklung des digitalen und experimentellen Zwillings

Um digitale Zwillinge mit Fokus auf Energieflexibilität für eine möglichst große Klasse von Industrieunternehmen bereitstellen zu können, wird im Projekt GaIN eine generische Modellbibliothek für KMUs entwickelt. Die Bibliothek enthält sowohl Modelle des Produktionssystems (Manufacturing System MFS) im Sinne der relevanten Prozesse und Maschinen als auch elektrische und thermische Hilfssysteme, die beispielsweise Wärme, Kälte, Luft oder Druckluft bereitstellen (Technical Building Services TBS) oder klassische Energiesystemkomponenten wie Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke bzw. elektrische und thermische Speicher (Energy System ES).

Mit der Modellbibliothek kann ein KMU-Objekt (SME-Object) in weitere Objekte unterteilt werden, die die technischen Einheiten (MFS, TBS, ES und CS (Control Systems)) und deren Komponenten darstellen. Die Eingangsparameter der einzelnen Modelle müssen so definiert werden, dass diese sowohl für die physikalische Modellierung als auch für ein datenbasiertes Energiemanagement verwendet werden können, unter der Berücksichtigung von externen Signalen und Strombezugsmechanismen. Sobald die Branche des KMU feststeht, können alle Informationen im CS-Modul zur Verfügung gestellt werden und somit Optimierungen und Simulationen durchgeführt werden. Die Idee ist, die Entwicklung der Modellbibliothek auf der Grundlage von Monitoringdaten zu verbessern, die von am Projekt beteiligten Unternehmen stammen. Hierdurch wird eine gute Basis für die Analyse des technischen und wirtschaftlichen Flexibilitätspotenzials geschaffen, um z. B. die Auswirkung von

Zur Entwicklung der generischen Modellbibliothek wird das Prinzip der Objektorientierung verwendet und die Modellbibliothek in der Programmiersprache Python umgesetzt. Ein beispielhaftes Modellierungsdiagramm für die Bibliothek zeigt Abbildung 3.

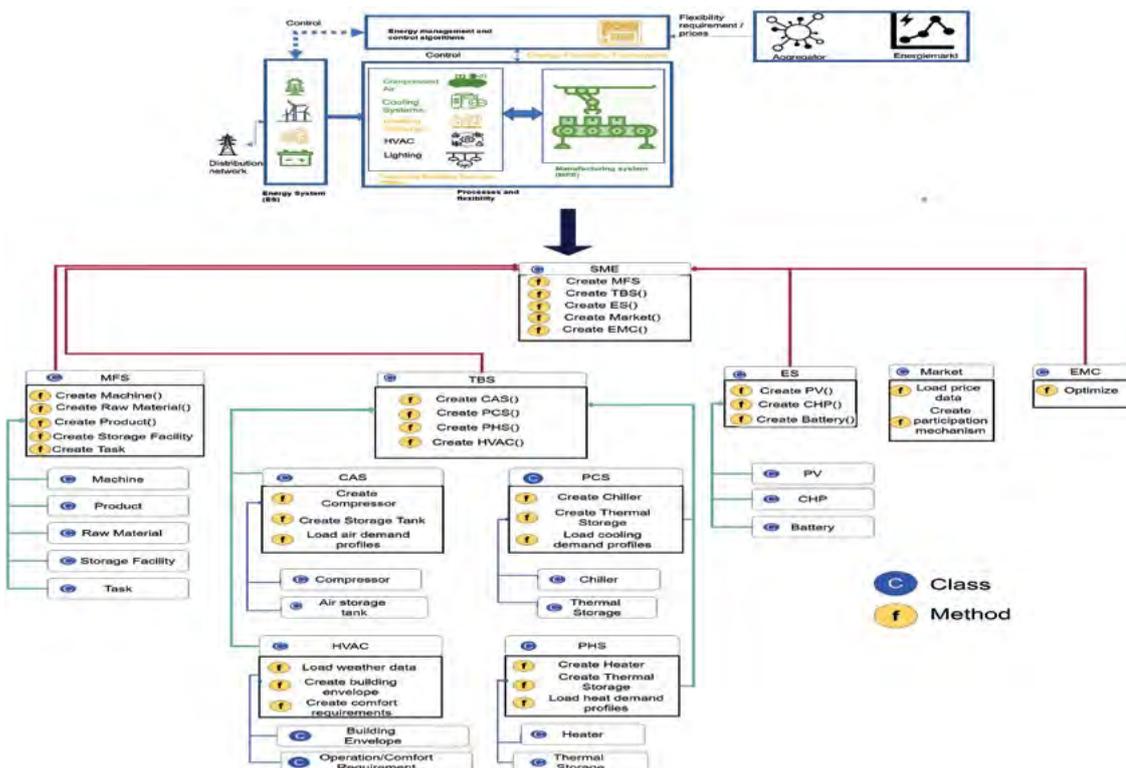


Abb. 3: Modellierungsdiagramm für die generische Modellbibliothek mit ihren verschiedenen Komponenten

externen Signalen zu bewerten. Auf der Basis der Modelle können dann mathematische Optimierungsmethoden und Ansätze der modellprädiktiven Regelung für ideale Betriebsarten berechnet werden, um beispielsweise auf externe Marktsignale zu reagieren.

Die Modellbibliothek wird im Rahmen des Projekts genutzt, um mit realen Daten eine möglichst detaillierte Abbildung ausgewählter Industrieunternehmen im Digitalen Zwilling zu erhalten. Als Beispiel für die Nutzung wurde die Modellbibliothek zur Entwicklung des digitalen Modells eines im Projekt beteiligten Industrieunternehmens verwendet. Beispielhafte Simulationsergebnisse sind in den Abbildungen 4 dargestellt. Es sind der Gesamtenergiebedarf, der Leistungsaustausch mit dem Netz und die Lastprofile der TBS-Einheiten (CAS und PCS) als Ergebnis einer optimierten Steuerung in Verbindung mit veränderlichen Strompreisen dargestellt. Zudem sind die Steuer- bzw. Eingangsgröße und die Zustandsgröße für die TBS- und ES-Komponenten des modellierten realen Industriebetriebs abgebildet. Die Optimierungsalgorithmen (be)laden die Speicher bei niedrigen Preisen, um diese dann bei höheren Preisen zu nutzen und so weniger hochpreisigen Strom beziehen.

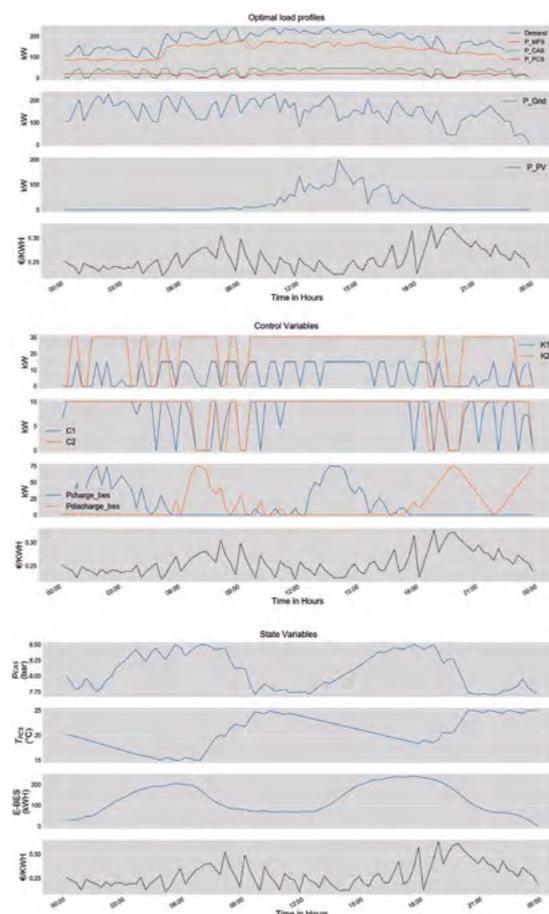


Abb. 4: Simulationsergebnisse für optimierte Lastprofile der realen Industrie und Steuereingangs- und Zustandsvariablen für Komponenten, die in TBS- und ES-Systemen als Ergebnis der von der Modellbibliothek durchgeführten Optimierung verfügbar sind

Zusammenfassung und Ausblick

Die generische Modellbibliothek soll einen wichtigen Beitrag leisten, digitale Modelle von Industrieunternehmen bereitzustellen, die es erlauben, das Energieflexibilitätpotenzial von Unternehmen zunächst ohne reale Eingriffe genauer zu untersuchen und zu charakterisieren. Später können diese Modelle im Realeinsatz genutzt werden, eine automatisierte Nutzung der Energieflexibilität zu realisieren. In Kombination mit diesen Aktivitäten spielt der Experimental Twin an der Hochschule Offenburg eine wichtige Rolle, indem digitale Methoden frühzeitig in Kombination mit realen Komponenten und realer IKT implementiert werden. Dies hilft einerseits, eine spätere Implementierung im realen Betrieb vorzubereiten und kann auch als Showcase dienen, um Industrieunternehmen über die Möglichkeiten der Digitalisierung zu informieren.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Niklas Hartmann
 Gruppenleiter Energiesysteme und Energiewirtschaft, INES – HSO
 Lehrgebiete: Energiewirtschaft, Operations Research und IBL1
 niklas.hartmann@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt
 Gruppenleiter Intelligente Energienetze, INES - HSO, Lehrgebiete: Elektrotechnik und Regenerative Energiesysteme
 schmidt@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Rainer Gasper
 Intelligente Energienetze, INES – HSO
 Lehrgebiete: Regelungstechnik und Mechatronik
 rainer.gasper@hs-offenburg.de

Anna Sandhaas M.Sc.: Akad. MA, INES, EEW
 anna.sandhaas@hs-offenburg.de

Hanhee Kim M.Sc.: Akad. MA., INES, EEW
 hanhee.kim@hs-offenburg.de

Rahul Rahul M.Sc.: Akad. MA., FG_IEN, INES – HSO
 rahul.rahul@hs-offenburg.de

Jesus da Costa Fernandes, M.Sc./Dipl.-Ing.(FH): F&E-Ingenieur/Projektmanager, FG IEN, PV-Systeme und -Applikationen, dezentrale Energieversorgungen, Microgrids und nachhaltiger Gebäudebetrieb, INES – HSO
 costa@hs-offenburg.de

Edgar Schmitt, Dipl.Ing. (FH): F&E-Ingenieur, FG-IEN Eingebettete Systeme, Software-Engineering, Industrielle Kommunikation, dezentrale Energieversorgung, INES – HSO
 edgar.schmitt@hs-offenburg.de

Automationsgestütztes Energiemanagement an den Landeshochschulen

Prof. Dr.-Ing. Niklas Hartmann, Eli Draganova, M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Kuttruff, Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Ziel des Pilotprojektes EnMa-HAW ist die Erarbeitung und Erprobung technisch und organisatorisch übertragbarer Konzepte für ein automationsgestütztes Energiemanagement an allen Hochschulen für angewandte Wissenschaften im Land Baden-Württemberg. Das Energiemanagement wird technisch mittels Messtechnik, Datenerfassung, Datenspeicherung und Visualisierung umgesetzt und organisatorisch mit einem Energiezirkel in den Hochschulen verankert.

The aim of the EnMa-HAW pilot project is to develop and test technically and organizationally transferable concepts for an automation-based energy management for all universities of applied sciences in the state of Baden-Württemberg. Energy management is technically implemented using energy meters with data storages and visualization. Organizational it is anchored by means of a new established energy circle panel in the university.

Fragestellung

Die Ziele zur Reduktion der CO₂-Emissionen von landeseigenen Gebäuden sind in der Hochschulfinanzierungsvereinbarung^[1] festgehalten. Bis 2030 sollen die CO₂-Emissionen um 65 % im Vergleich zum Jahr 1990 und bis zum Jahr 2040 um 80 % reduziert werden^[1]. Neben der Nutzung erneuerbarer Energien ist ein effizienter Umgang mit Energie einer der wesentlichen Bausteine zur Reduktion der CO₂-Emissionen. Dem für 60 % des gesamten Energieverbrauchs des Landes verantwortliche Hochschulsystem wird hierbei eine besondere Bedeutung beigemessen.

Das Energiemanagement an Hochschulen im Land Baden-Württemberg liegt in dem Spannungsfeld einer Hochschulleitung, die die Betreiberverantwortung innehat und durch die technische Betriebsleitung einen energieeffizienten Gebäudebetrieb sicherstellt sowie dem Finanzministerium, das über den Landesbetrieb Vermögen und Bau Investitionsmaßnahmen finanziert und auch die Energiekosten begleicht. So ist der ökonomische Nutzen eines effizienten Betriebes der Gebäude der Hochschulen – eine Reduktion der Energiekosten – nicht direkt für die Hochschulleitung spürbar und ein wesentlicher Anreiz für den effizienten Umgang mit Energie entfällt.

Vor diesem Hintergrund wurde das Projekt zur Entwicklung eines automationsgestütztes Energiemanagements an den Hochschulen (Projekt EnMa-HAW) zum 01.11.2019 gestartet.

Kurzübersicht

Im Projekt EnMa-HAW wird ein automationsgestütztes Energiemanagement an den Hochschulen Biberach und Offenburg sowie Nürtingen/Geislingen und Furtwangen umgesetzt. In der Feldebene wird die vorhandene Messtechnik erweitert und standardisierte Lösungen zur Datenerfassung, Datenspeicherung und deren Visualisierung entwickelt. In der Energiemanagementebene wurde ein Energiezirkel an der Hochschule Offenburg sowie an den drei Partnerhochschulen eingerichtet, der Verantwortung schafft und durch die Einbindung der relevanten Stakeholder einen kontinuierlichen Prozess des agilen Energiemanagements initiiert.

Das Projekt EnMa-HAW wurde von Prof. Elmar Bollin in Kooperation mit Prof. Dr. Becker der Hochschule Biberach initiiert und akquiriert. Prof. Dr. Hartmann leitet das Projekt zusammen mit Prof. Dr. Becker. Eine vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg finanzierte wissenschaftliche Begleitung erfolgt an der Hochschu-

le Offenburg durch Eli Draganova und für die technische Umsetzung durch Ulrich Kuttruff. An der Hochschule Offenburg sowie an jeder der drei weiteren HAW werden im Rahmen des Projekts Mess- und Kommunikationstechnik, finanziert durch das Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg installiert. Dabei ist auch die Beschaffung einer übergeordneten Energiemanagement-Auswertesoftware berücksichtigt. Der Zeitplan sieht vor, dass Anfang 2022 erste Messdaten erfasst werden können und so das agile Energiemanagement zum „rollen“ kommt. Aktuelle Umstände u. a. aufgrund der Covid-19 Pandemie haben hier zu einer Verzögerung der baulichen Maßnahmen von ca. einem Jahr geführt. Das Projekt EnMa-HAW initiiert das agile Projektmanagement an der Hochschule Offenburg und liefert die wesentlichen Grundlagen hierfür. Die Verantwortung eines kontinuierlichen agilen Energiemanagements bleibt aber an der Hochschule Offenburg und wird über das Projektende hinaus weitergeführt. Erklärtes Ziel des Vorhabens EnMa-HAW ist es, nach Abschluss des wissenschaftlichen Projektes auf Basis der hier gewonnenen Erkenntnisse, ein agiles Energiemanagement an allen HAW des Landes Baden-Württemberg dauerhaft einzuführen.

Status quo und Beschaffung

Ein erster Überblick der Hochschule Offenburg wurde mittels schematischer Energieflussdiagramme für alle Gebäude der Hochschule Offenburg geschaffen. Darin können die energietechnischen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Energieumwandlungsstufen und den verschiedenen Energieträgern visualisiert und erkannt werden. Exemplarisch ist in Abbildung 1 das schematische Energieflussbild mit Zählern des Hauptcampus der Hochschule Offenburg dargestellt. Links sind hier die Energieversorgungsbezugszähler für alle Energieträger zu sehen. Weiter nach rechts kann für jeden Energieträger der Lauf der Energieumwandlung und -weiterleitung in die Gebäude mit farblich unterschiedlichen Linien nachverfolgt werden (siehe Legende): Es ist zu sehen, dass die Wärmeversorgung zentral über zwei Heizkesseln und zwei Blockheizkraftwerken erfolgt. Eine Unterscheidung, ob ein Zähler geeicht ist, wurde farblich hinterlegt. In der zweiten Umwandlungsstufe erfolgt die Kälteversorgung überwiegend zentral: Einzelne lokale Klimaanlage oder Lüftungen sind in den jeweiligen schematischen Energieflussdiagrammen der Gebäude zu finden.

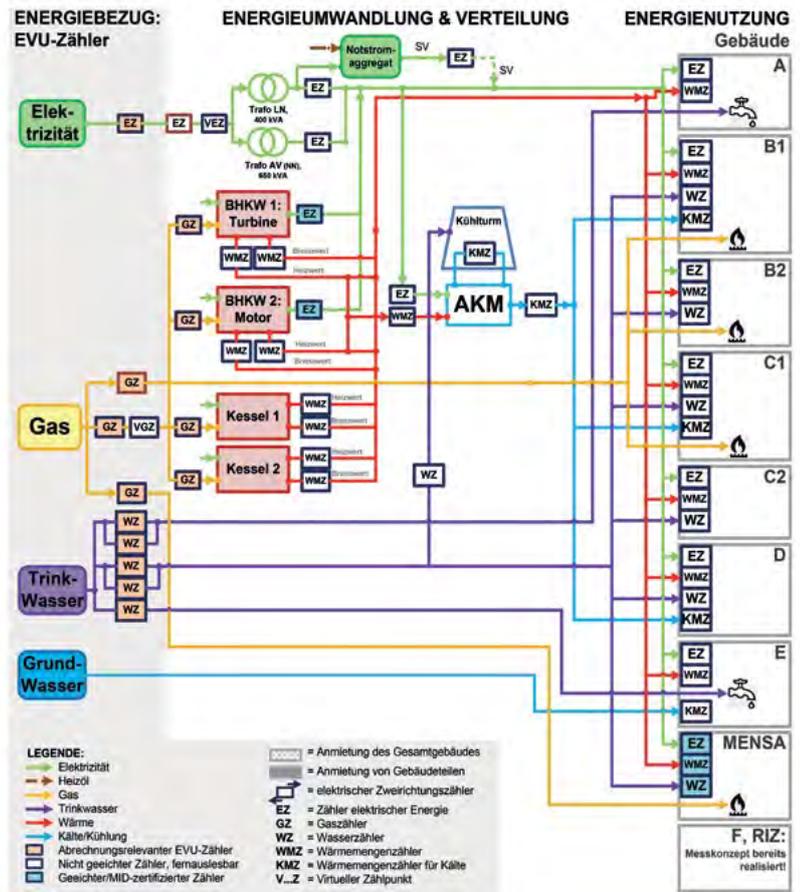


Abb. 2:
 Energieflussschema
 mit Zählern des Haupt-
 campus der Hochschule
 Offenburg (Stand
 Januar 2021)

Für die Auswahl der neuen Zählstellen mussten Prioritäten in der Planung festgelegt werden. Unter Berücksichtigung der an die AMEV-Richtlinie für technisches Monitoring angelehnten Vorgaben des Lands Baden-Württemberg bzgl. der Basis-Zählstellen auf der Gebäude-, Hauptversorgungs- und Energieweiterleitungsebene wurde die unten aufgeführte Prioritätenliste für die Auswahl der Zählstellen erarbeitet. „Top-down“ wurden Zählstellen zunächst an den Energieversorgungsbezugszählern geplant. Die weitere Planung orientiert sich an der immer tiefer werdenden Detaillierung bis hin zu „kleinen Nutzungsanlagen“:

1. Ebene der Energieversorgungsbezugszähler
2. „Gebäudescharf“
3. Weiterleitung an Dritte: z. B. Druckerei und Mensa
4. zentrale Energieumwandlungsanlagen, die den ganzen Campus versorgen: z. B. Heizkessel, BHKW, Absorptionskälteanlage
5. Elektrizitätszähler an Lüftungsanlagen
6. Wärmemengenzähler für einzelne Wärme- und Kältestränge
7. Heizungs- und Kühlsumwälzpumpe
8. große Nutzungsanlagen z. B.: größere Labore, kleinere Klima-Splitgeräte, EDV
9. kleine Nutzungsanlagen

Mit dem zur Verfügung stehenden Budget konnte so die Priorität 4 vollständig mit Zählstellen, ein Teil der Priorität 5 und zudem als repräsentativ empfundene einzelne Zählstellen der weiteren Ausbaustufen – vor allem Lüftungs- und Kühlungsanlagen bei der IT – ausgerüstet werden.

Kommunikation

Zähler werden für Elektrizität, Erdgas, Trinkwasser und Wärme eingesetzt. Eine Anzeige am Zähler zeigt vor Ort den Momentanwert an. Damit in kurzen Zeitabständen Zählerwerte aufgezeichnet werden können, stehen Datensammler zur Verfügung. Die Daten werden als elektrische Impulse oder über M-Bus- und Modbus/TCP-Systeme erfasst. Zum Speichern der fortlaufenden Messwerte werden diese in einer Datenbank archiviert. Für die Darstellung im zeitlichen Verlauf braucht es eine Visualisierungssoftware. Auf dem Campus ist eine Leitstation im Einsatz. Für das Gebäude E besteht parallel eine weitere Datenaufzeichnung und Visualisierung. Beide Systeme nutzen eine eigene spezielle Datenbank.

Im Rahmen des Projekts wird nun ein weiterer Datensammler basierend auf einer neuentwickelten Smart Energy Box (SEB)^[2] aufgebaut. Jeder Messwert wird über einen genormten Kennzeichnungsschlüssel (entwickelt auf Basis der VDI 3814, Teil 4.1) eindeutig

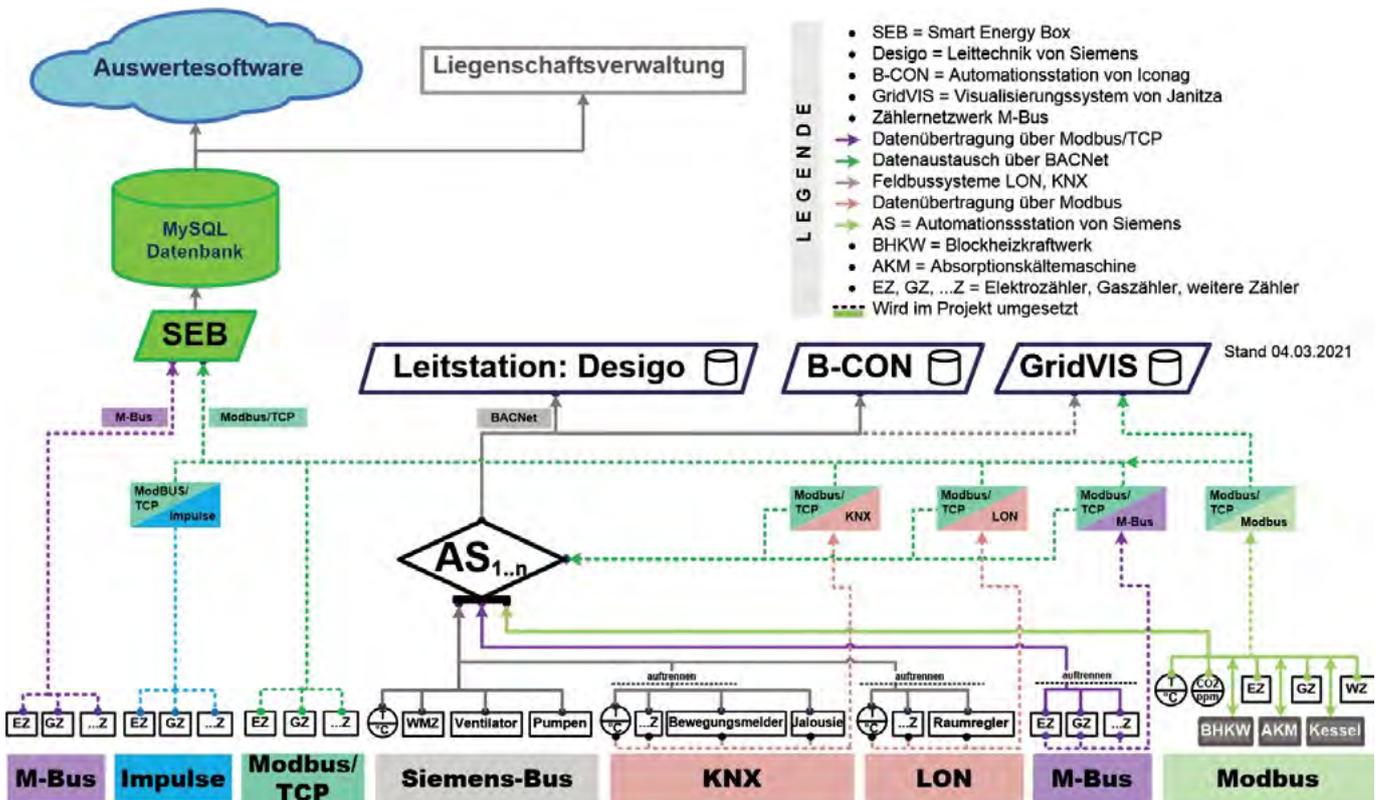
definiert. In einer herstellerunabhängigen MySQL-Datenbank erfolgt die Speicherung in regelmäßigen Zeitschritten. Eine Energiemanagementsoftware soll die Energieanalyse für die Hochschule ermöglichen. Weiterhin soll somit landesweit eine zentrale Auswertung in der Liegenschaftsverwaltung geschaffen werden.

Beispielhaft wird der Datenfluss eines Wärmezählers beschrieben: Ein Zähler mit der örtlichen Anzeige wird mit einem M-Bus-Modul ausgerüstet. Über die M-Bus-Verkabelung werden Zähler gebäudeweise zusammengeschaltet. Über einen Wandler (Gateway) werden die Daten in das Modbus-/TCP-Format umgesetzt. Damit können die vorhandenen Systeme die Zähler weiterhin auslesen und auch das neue SEB-System kann parallel auf die Werte zugreifen. Die Daten landen in einer hochschulinternen Datenbank und können von dort von der jeweiligen Institution ausgelesen werden.

Energiemanagement im zirkulären Bezug

Die HAW des Landes unterscheiden sich in Bezug auf Energiebereitstellung und Energieverbrauchsabrechnung erheblich von anderen wirtschaftlichen Organisationen der Gesellschaft. Die HAW zeichnen sich verantwortlich für Entwicklung und Umsetzung eines Bildungsauftrags. Dieser ist fokussiert auf die angewandten Wissenschaften. Sie bietet

Abb. 2: Kommunikations-Topologie für Energiemanagement an der HSO



Lehre und Weiterbildung, die zu selbstständiger Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden oder zu künstlerischen Tätigkeiten befähigt. Sie betreibt anwendungsbezogenen Forschung. Dazu stellt das Land Baden-Württemberg die Gebäude und Anlagen bereit und die Hochschule zeichnet sich dafür verantwortlich, diese zu erhalten, zu entwickeln und zu modernisieren. Ferner stellt der Landesbetrieb Vermögen und Bau VB-BW den Betrieb dieser Liegenschaften sicher und übernimmt die Kosten für Betrieb, Instandhaltung und Modernisierung.

Die Hochschule übernimmt hier die sogenannte Betreiberverantwortung. Damit ist gemeint, dass die Hochschule mit der Übernahme der Gebäude die Verantwortung für den Betrieb übernimmt. Dies schließt ausdrücklich den ordnungsgemäßen und energieeffizienten Betrieb der haus- und betriebs-technischen Anlagen mit ein. Dazu ist die Hochschule angehalten, kontinuierlich Betriebsparameter, Energieverbrauchsdaten sowie die Betriebsabläufe zu überprüfen, zu dokumentieren und zu bewerten.

Um ein Energiemanagement an einer Organisation umzusetzen und die ständigen Verbesserungen am Laufen zu halten, braucht es eine Adresse, braucht es Kümmerer, eine Energiemanagerin / Energiemanager, wo möglich auch ein ganzes Energiemanagement-Team. Zum einen sind das Akteure, die die Vorgehensweise und Maßnahmen im Rahmen des Energiemanagements planen und kontrollieren. Und zum anderen braucht es Akteure, die im Rahmen eines Zeit- und Finanzplanes die beschlossenen Maßnahmen professionell und/oder als Eigeninitiative umsetzen. An den Hochschulen sind für die Umsetzung des Energiemanagements als oberste Leitung das Rektorat und die Kanzlerin bzw. der Kanzler mit der Technischen Betriebsleitung verantwortlich, und zwar in enger Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb VB-BW.

Diese Konstellation kann bezüglich eines effizienten Energiemanagements zu folgendem Dilemma führen: Während die Akteure der Hochschule sich ganz auf den Bildungsauftrag fokussieren, treten die Kosten für die Energienutzung sowie die Überprüfung der Energieeffizienz der Anlagen und des Betriebs in den Hintergrund. Die Rechnung für die Energienutzung übernimmt in jedem Fall die Landeskasse. Es besteht die Gefahr, dass die Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung ein-

schließlich Emissionsminderung zum Klimaschutz dadurch vernachlässigt werden können.

Um diesem Dilemma zu entkommen und der Betreiberverantwortung gerecht zu werden, wird im Rahmen des Projekts EnMa-HAW empfohlen, dass der jeweilige Senat einer HAW einen Energiezirkel mit der Planung und Kontrolle des Energiemanagements beauftragt. Der Energiezirkel ist eine permanente Einrichtung des Senats und setzt sich aus einer Vertretung aller Hochschulakteure zusammen. Zusätzlich wird eine Vertretung der zuständigen VB-BW mit in den Zirkel berufen. Diese kooperiert eng mit der Energiemanagerin oder dem Energiemanager der Technischen Betriebsleitung der HAW. Zu den Aufgaben des Energiezirkels gehört es zu prüfen, ob und wie die energiebezogenen Leistungen der Hochschule erfasst werden. Darin enthalten ist die Überprüfung der Darstellung des Energieverbrauchs etc ... (der Verbrauchsbegriff ist im wirtschaftlichen Sinne gemeint!). Der Energiezirkel bewertet diese Leistungen und entwickelt entsprechend den energiepolitischen Zielen der Hochschule Strategien und Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit.

Der Energiezirkel berät zweimal pro Semester über die energiebezogene Leistung der HAW und übernimmt so die Aufgaben der Planung und Kontrolle im Energiemanagement der Hochschulen. Seine Berichte und Beratungsergebnisse stellt er regelmäßig dem Senat und der obersten Leitung vor und stimmt sich ständig hinsichtlich der energiepolitischen Ziele und Strategien mit der Hochschulleitung ab.



Abb. 3:

Zusammensetzung des Energiezirkels der Hochschule Offenburg (Die MORADA-Zuständigkeit ist Flächenmanagement; VB-BW: Vermögen und Bau Baden-Württemberg)

Durch einen partizipativen Ansatz mit Beteiligung aller an einer Hochschule wirkenden relevanten Akteursgruppen, ermöglicht der Energiezirkel, große Teile der Hochschulmitglieder anzusprechen und für die Belange einer nachhaltigen Bewirtschaftung ihrer Hochschule zu interessieren und wenn möglich auch zu beteiligen ganz im Sinne eines agilen Energiemanagements. An der Hochschule Offenburg wurde im April 2020 mit Senatsbeschluss ein Energiezirkel eingerichtet. Unter Vorsitz von Prof. Dr. Niklas Hartmann hat dieser bereits zweimal getagt und zunächst einzelne nicht-investive bzw. gering investive Energieeinsparmaßnahmen für die Hochschule empfohlen. Wenn im Jahr 2022 das umfangreiche Energie-Monitoringsystem installiert ist, sollen im Rahmen des Projektes EnMa-HAW noch bis Ende 2022 die energiebezogenen Leistungen der Hochschule im Detail analysiert und bewertet werden.

Projektstand

Das Projekt EnMa-HAW gliedert sich in drei wesentliche Phasen. In der Initialphase bestand das Ziel darin, ein Konzept für eine Mess-, Zähler- und Datenerfassungsstruktur an den beteiligten Hochschulen zu erstellen. Zudem bestand das Ziel darin, den Energiezirkel einzuführen und die relevanten Akteure einzubinden. Im Oktober 2020 wurde unter Einbeziehung der sechs im Projekt beteiligten Vermögen und Bau-Ämter, die Betriebsleitung des Landesbetriebs Vermögen und Bau Baden-Württemberg, des Ministeriums für Finanzen und des Ministeriums für Wissenschaft und Kunst und den vier beteiligten Hochschulen ein Workshop über das Zusammenspiel aller Software-, Hardware- und Kommunikationskomponenten des Projekts durchgeführt. Es gab regen Austausch zwischen den vierzig Teilnehmenden. Dabei wurde es klar, dass der ambitionierte Zeitplan mit einer Ausbringung der Messtechnik bis zum Sommer 2021 aufgrund der Auswirkungen der Corona-Pandemie und dadurch auftretenden Verzögerungen nicht haltbar ist. Eine Installation der Messtechnik soll aber bis Anfang 2022 realisiert werden.

In der Umsetzungs- und Erprobungsphase – Phase 2 – soll die Mess-, Zähler- und Datenerfassungsstruktur beschafft, installiert und erprobt werden und das agile Energiemanagement soll wirksam werden. Zum aktuellen Stand sind die Arbeiten zur Beschaffung nahezu abgeschlossen, die Erprobung steht noch aus. In den nächsten Schritten soll die umfangreiche Messtechnik an den vier Modellhochschulen installiert werden. Ebenso soll an den vier beteiligten HAW der Energiezirkel in Aktion treten. Durch enge Absprachen unter den Hochschulen soll ein gemeinsames Verständnis über den Aufbau und die organisatorische Handlungsfähigkeit des Energiezirkels entwickelt und dessen Wirksamkeit demonstriert werden.

In der dritten Phase folgt die Dokumentation der Projektergebnisse, verbunden mit einer Vorbereitung auf ein Roll-out der Ergebnisse auf alle Hochschulen des Landes, die als Empfehlung für ein automationsgestütztes Energiemanagement an den Hochschulen in Baden-Württemberg genutzt werden kann.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Niklas Hartmann
Gruppenleiter Energiesysteme und Energiewirtschaft, INES – HSO
Lehrgebiete: Energiewirtschaft, Operations Research und IBL1
niklas.hartmann@hs-offenburg.de



Eli Draganova, M.Sc.
Wissenschaftliche Mitarbeiterin INES - HSO,
eli.draganova@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Kuttruff
Laboringenieur, INES – HSO
ulrich.kuttruff@hs-offenburg.de



Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin
Senior Professor, INES – HSO
bollin@hs-offenburg.de

Referenzen/References:
[1] Hochschulfinanzierungsvereinbarung Baden-Württemberg 2021-2025: Vereinbarung des Landes Baden-Württemberg mit den Hochschulen des Landes Baden-Württemberg vom 31. März 2020, Seite 16, Kapitel „Klimaschutz“
[2] Weiterentwicklung und Anpassung an die Belange der Hochschulen in Baden-Württemberg von einer auf dem Markt bestehenden Lösung insbesondere zur Zählerdatensammlung und -verarbeitung durch die Hochschule Biberach im Rahmen des Projekts EnMa-HAW.

Zustandsbestimmung von Lithium-Ionen-Batterien: Ein neuer Algorithmus

Prof. Dr. habil. Wolfgang G. Bessler

Im Batterielabor der Hochschule Offenburg wurde ein neues Verfahren zur Bestimmung von Ladezustand und Gesundheitszustand von Lithium-Ionen-Batterien entwickelt. Es beruht auf der Auswertung von Spannungs- und Strommessungen mit einem mathematischen Batteriemodell. Das Verfahren ist genauer und robuster als Standardverfahren, die auf Ladungszählung beruhen. Zudem ist es numerisch einfacher umzusetzen als andere modellbasierte Verfahren. Wir demonstrieren die Methode mit einer Heimspeicherzelle und einer Elektrofahrzeugzelle.

A new method for determining the state of charge and state of health of lithium-ion batteries has been developed in the battery laboratory at Offenburg University of Applied Sciences. It is based on the analysis of voltage and current measurements using a mathematical battery model. The method is more accurate and robust than standard methods based on charge counting; and it is numerically simpler to implement than other model-based methods. We demonstrate the method using a home storage cell and an electric vehicle cell.

Motivation und Hintergrund

Wer hat sich nicht schon über unzuverlässige Ladezustandsanzeigen von Batterien geärgert? Das Smart Phone zeigt noch 30 % an, wird dann aber plötzlich schwarz. Die Reichweitenangabe im Elektroauto ist manchmal nicht nachvollziehbar. Und wer würde nicht gerne wissen, wie stark die Batterie im Laufe der Jahre schon gealtert ist? Für den Hausbesitzer ist nicht überprüfbar, ob der Heimspeicher wirklich noch den anfänglichen Energiegehalt leistet. Die Hersteller dagegen brauchen genau diese Information, um etwaige Gewährleistungsansprüche überprüfen zu können.

Batterietechniker quantifizieren diese Fragestellungen in zwei verschiedenen Parametern. Der Ladezustand (Englisch „state of charge“ oder SOC) einer aufladbaren Batterie ist definiert als die Restladungsmenge (Restkapazität Q) bezogen auf die Ladung einer vollen Zelle (Kapazität C), mathematisch ausgedrückt als

$$\text{SOC} = \frac{Q}{C} \cdot 100 \% .$$

Der Ladezustand wird in der Regel in Prozent angegeben (Abbildung 1). Der sogenannte Gesundheitszustand (Englisch „state of health“ oder SOH) ist definiert als die Kapazität der vollen, aber gealterten Zelle bezogen auf

die Kapazität einer neuen Zelle (sogenannte Nennkapazität C_N), wieder in Prozent ausgedrückt als

$$\text{SOC} = \frac{C}{C_N} \cdot 100 \% .$$

Die SOC-Bestimmung wird heute standardmäßig von einem in die Batterie integrierten Mikrocomputer durchgeführt, dem Batteriemanagementsystem (BMS). Diese Information wird dann dem Benutzer zur Verfügung gestellt. Die Anzeige des SOH ist noch nicht Stand der Technik, aber weltweit Gegenstand von Forschung und Entwicklung in Industrie und an Hochschulen.

Es gibt eine große Anzahl von Methoden, um SOC und SOH zu bestimmen [Fleischer 2014]. Eine Recherche in wissenschaftlichen Datenbanken ergibt über 2000 Artikel, Google Patents liefert sogar über 200.000 Patente. Methoden reichen von der einfachen Ladungsmengenzählung über elektrische Modelle bis hin zu neuronalen Netzwerken. Wir stellen hier eine neue Methode vor, die genauer und robuster als Standardverfahren ist. Die Methode beruht auf der Verwendung von Batteriemodellen, insbesondere sogenannten Äquivalenzschaltkreismodellen.



Abb. 1: Ladezustandsanzeige beim Smart Phone (Foto Hochschule Offenburg)

Getestete Batteriezellen

Wir demonstrieren das neue Verfahren im Folgenden mit zwei unterschiedlichen Lithium-Ionen-Batterietypen. Als exemplarischen Vertreter einer im Bereich der Elektromobilität angewendeten Batterie betrachten wir eine Lithium-Ionen-Batterie mit Nickel-Mangan-Kobaltoxid/Graphit-Chemie (NMC/Graphit), konkret eine Zelle des Herstellers Kokam, Modell SLPB533459H4, mit einer Nennkapazität von 0,74 Ah und einer Nennspannung von 3,7V. Von dieser Zelle stellen Birkel und Howey ausführliche Datensätze frei zur Verfügung [Birkel 2017].

Als exemplarischen Vertreter einer im Bereich der stationären Stromspeicher (Heim- und Gewerbespeicher, Speicher für Netzanwendungen, unterbrechungsfreie Stromversorgung) angewendeten Zellchemie betrachten wir eine Lithium-Ionen-Batterie mit Lithiumeisenphosphat/Graphit-Chemie (LFP/Graphit), konkret eine Zelle des Herstellers Sinopoly, Modell SP-LFP180AHA mit einer Nennkapazität von 180 Ah und einer Nennspannung von 3,2 V. Diese Zelle wurde an der Hochschule Offenburg detailliert experimentell charakterisiert [Yagci 2021].

Batteriemodelle

Unser neues Verfahren beruht auf Äquivalenzschaltkreismodellen der zu diagnostizierenden Batteriezellen. Für die beiden Batterietypen verwenden wir zwei Modelle

unterschiedlicher Komplexität. Die Modelle sowie Fotos der beiden Zellen sind in Abbildung 2 dargestellt. Abbildung 2a) zeigt das Modell der elektromobilen Zelle. Das einfache Äquivalenzschaltkreismodell besteht aus einer SOC-abhängigen Spannungsquelle und einem konstanten Innenwiderstand. Abbildung 2b) zeigt das Modell der Heimspeicherzelle. Hier wird ein komplexeres Modell eingesetzt, da die Zelle eine komplizierte Abhängigkeit des Innenwiderstands von Ladezustand, Stromrichtung und Temperatur aufweist. Dies kann mit zusätzlichen Schaltkreiselementen zu Leerlauf-Hysterese, Ladungstransferwiderständen und Doppelschichtkapazitäten abgebildet werden.

Zur Demonstration des neuen Verfahrens wurden beide Modelle in der Software Matlab implementiert; der Algorithmus ist jedoch flexibel und kann in beliebigen anderen Programmierumgebungen umgesetzt werden. Die Modelle wurden mit experimentellen Daten [Birkel 2017, Yagci 2021] parametrisiert.

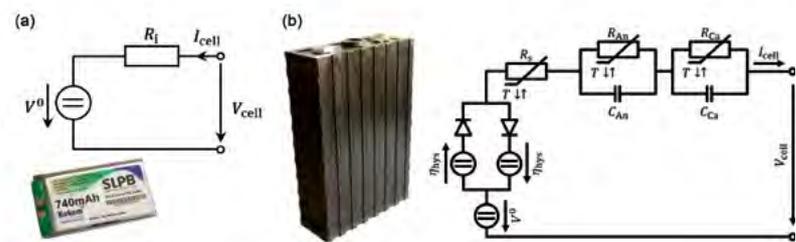


Abb. 2: Verwendete Zellen und Äquivalenzschaltkreismodelle:
 (a) Repräsentative Zelle für Elektromobilität (NMC/Graphit, Quelle des Fotos: [Kern 2021]) mit einem einfachen Modell
 (b) Heimspeicher-Zelle (LFP/Graphit) mit einem komplexen Modell

Zustandsbestimmung

Das Prinzip der modellbasierten Zustandsbestimmung ist in Abbildung 3 dargestellt. Die oben erläuterten Modelle sind Teil eines mathematischen Algorithmus. Der Algorithmus erhält als Eingangsgrößen dynamische Messwerte von Batteriespannung, -stromstärke und -temperatur, beispielsweise alle 10 Sekunden. Diese Werte werden an das Modell weitergegeben und daraus SOC und SOH ermittelt. Die so berechneten Werte werden zur Speicherung oder Visualisierung an den Benutzer weitergegeben. Die Berechnung des SOC erfolgt, sobald neue Eingangsgrößen vorliegen, also beispielsweise ebenfalls alle 10 Sekunden. Für die Berechnung des SOH muss die Batterie einen oder mehrere äquivalente Vollzyklen durchlaufen, bevor ein zuverlässiger Wert angezeigt werden kann.



Abb. 3: Prinzip der modellbasierten Zustandsbestimmung. Ladezustand (SOC) und, wenn gewünscht, auch Gesundheitszustand (SOH) werden mit einem mathematischen Algorithmus berechnet, der als Eingangsgrößen gemessene Batteriespannung V , Stromstärke I und Temperatur T erhält.

Elektrofahrzeug-Batteriezelle

Das neue Verfahren wird nun zunächst anhand einer Lithium-Ionen-Batterie zelle mit NMC/Graphit-Chemie (repräsentativ für den Anwendungsbereich Elektromobilität) demonstriert. Die Experimente von [Birkel 2017] wurden durchgeführt, indem 100 aufeinanderfolgende dynamische Lastprofile, die je einen Fahrzyklus darstellen sollen, von einem vollen Entlade-/Ladezyklus (Zyklisierung mit konstanter Stromstärke von 0,74 A zwischen den Schlussspannungen 2,7 und 4,2 V) gefolgt werden. Dieser Vorgang wurde etwa 80-mal wiederholt. Veröffentlicht sind jedoch nur die vollen Entlade-/Ladezyklen. Diese wurden für die vorliegende Demonstration zusammengefügt und repräsentieren damit ein beschleunigtes Alterungsverhalten. Gleichzeitig wird damit eine weitere Stärke des neuen Verfahrens aufgezeigt: die Fähigkeit, zu einem beliebigen

Zeitpunkt in den Batteriebetrieb einsteigen zu können und auch mit Lücken in Datensätzen umgehen zu können.

Abbildung 4 zeigt die Eingangsgrößen für das Verfahren, sprich gemessene Spannung und gemessene Stromstärke der Batterie. Abbildung 5 zeigt den nach dem neuen Verfahren bestimmten Ladezustand SOC. Es ist außerdem ein SOC-Wert gezeigt, der nach herkömmlichen Verfahren basierend auf Ladungszählung (normiert auf die vollständig entladene Zelle) ermittelt wurde. Das linke Bild zeigt die ersten Stunden der Zyklisierung. Das neue Verfahren kann den SOC mit sehr guter Genauigkeit im Vergleich zur Referenzmessung bestimmen. Das rechte Bild zeigt die letzten Stunden der Zyklisierung. Hier ist die Zelle bereits signifikant gealtert, das heißt, sie hat an Kapazität verloren. Das neue Verfahren kann die Vollzyklisierung zuverlässig abbilden. Das herkömmliche Verfahren scheitert jedoch an der Alterung der Zelle: Trotz Ladung bis zur Ladeschlussspannung erreicht der SOC hier nur einen (inkorrekten) Wert von etwa 75 %. Dieser Vergleich demonstriert die Robustheit des neuen Verfahrens zur SOC-Bestimmung gegenüber Kapazitätsverlust durch Zellalterung.

Abb. 4: Lithium-Ionen-Batterie für Elektromobilität. Links: gemessene Spannung, rechts: gemessene Stromstärke als Eingangsgrößen für das neue Verfahren.

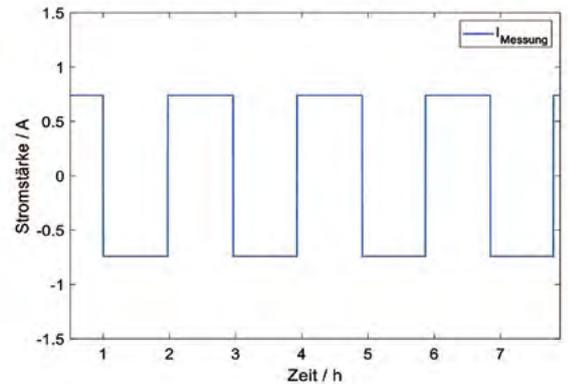
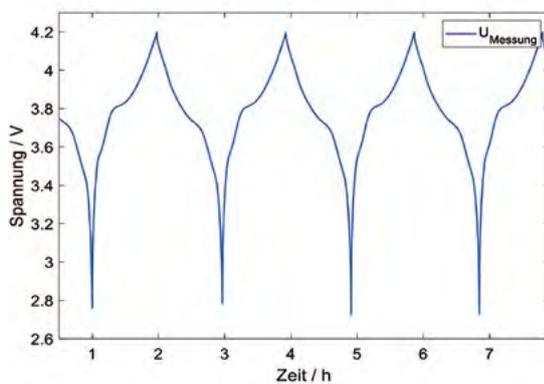
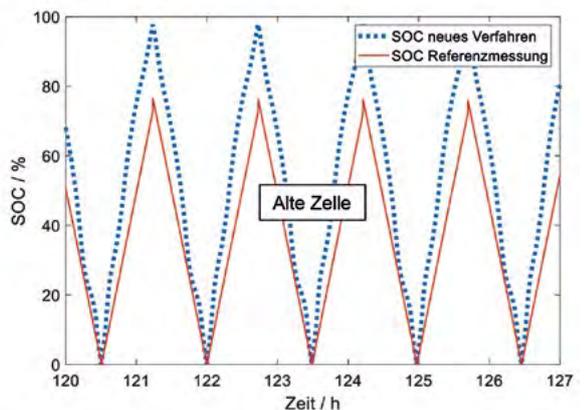
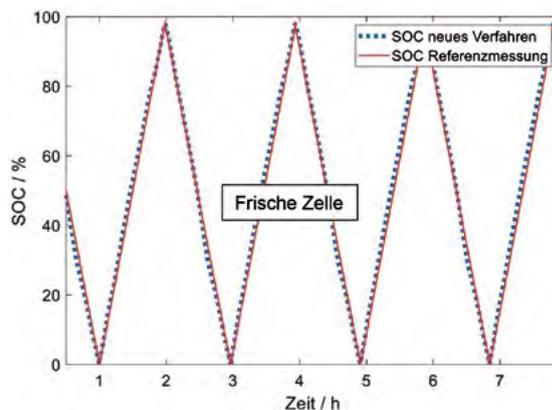


Abb. 5: Ergebnisse des neuen Verfahrens für eine Lithium-Ionen-Batterie für Elektromobilität. Links: Ladezustand SOC während der ersten Stunden der Zyklisierung. Rechts: Ladezustand SOC während der letzten Stunden. Den Ergebnissen des neuen Verfahrens sind Messungen durch Ladungszählung gegenübergestellt.



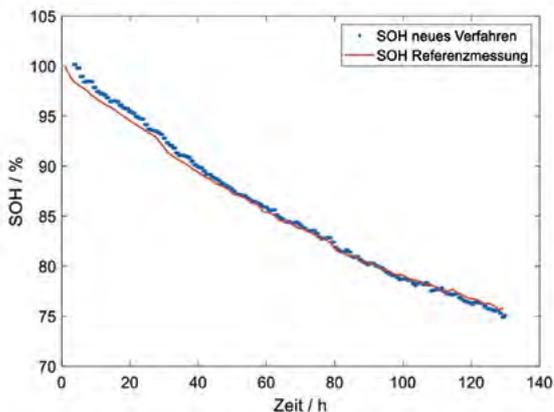


Abb. 6: Gesundheitszustand SOH der Lithium-Ionen-Batterie für Elektromobilität über die gesamte Versuchsdauer. Den Ergebnissen des neuen Verfahrens sind Messungen durch Ladungszählung gegenübergestellt.

Das Ergebnis der SOH-Bestimmung ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Zelle verliert stark an Kapazität, am Ende der Messdauer ist der Gesundheitszustand auf rund 75 % abgefallen. Im Bild ist zudem ein Vergleich mit Werten aus einer einfachen Ladungszählung dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass mit dem neuen Verfahren der SOH mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann.

Heimspeicher-Batteriezelle

Das Verfahren wird nun mit einer Lithium-Ionen-Batteriezelle mit LFP/Graphit-Chemie (repräsentativ für den Anwendungsbereich stationäre Speicher) demonstriert. Es werden dazu experimentelle Daten aus dem Batterielabor der Hochschule Offenburg verwendet [Yagci 2021]. Für die Experimente wurden über 670 konsekutive Lade-/Entladezyklen (150 A CC Entladung und 150 A CCCV Ladung zwischen den Schlussspannungen 2,85 V und 3,8 V, Versuchsdauer ca. 1.500 h) durchgeführt. Die Kapazität der neuen Zelle betrug 158 Ah. Mit diesem Datensatz kann sowohl die SOC-Ermittlung (während eines beliebigen Einzelzyklus) als auch die SOH-Ermittlung (über die gesamte Dauer des Versuchs) demonstriert werden. Mittels der Präzision der im Batterielabor vorhandenen Messtechnik (Wert der Messtechnik ca. 20.000 Euro) können außerdem unabhängige, hochpräzise Referenzwerte von SOC und SOH nach dem herkömmlichen Verfahren der Ladungszählung berechnet werden, die zum Vergleich mit dem neuen Verfahren dienen.

Abbildung 7 zeigt die Eingangsgrößen für das Verfahren, soll heißen gemessene Spannung und gemessene Stromstärke der Batterie für drei Zyklen zu Beginn der Experimente. Das Ergebnis des neuen Verfahrens, der Ladungszustand SOC und der Gesundheitszustand SOH der Batterie ist in Abbildung 8 dargestellt. Zum Vergleich sind außerdem Werte gezeigt, die aus der präzisen Vergleichsmessung resultieren. Das linke Bild zeigt den SOC. Das neue Verfahren kann die Zyklisierung der Batterie zwischen 0 % und 100 % SOC zuverlässig wiedergeben, wenn auch mit geringem Fehler gegenüber der Referenzmessung. Das rechte Bild zeigt den SOH. Das neue Verfahren ist in der Lage, den Kapazitätsverlust der Batterie über die Versuchsdauer von etwa 1.500 Stunden zuverlässig wiederzugeben. Im Vergleich zur präzisen Messung zeigt sich lediglich ein erhöhtes Rauschen.

Zusammenfassung

Im Batterielabor der Hochschule Offenburg wurde ein neues Verfahren zur Bestimmung von Lade- und Gesundheitszustand von Lithium-Ionen-Batterien entwickelt. Es beruht auf der Auswertung von Spannungs- und Strommessungen mit einem mathematischen Batteriemodell. Das neue Verfahren hat mehrere Vorteile gegenüber herkömmlichen Methoden:

- Die SOC-Bestimmung erfolgt aus den kontinuierlichen, zeitdiskreten Messdaten von Strom und Spannung im laufenden Betrieb. Der Algorithmus ist robust gegenüber unvollständigen Messdaten – er kann jederzeit gestartet werden und ist selbstkalibrierend.
- Die SOC-Bestimmung ist alterungssensitiv. Auch bei gealterten Zellen wird der korrekte, auf die gealterte Zelle bezogene Ladezustand angegeben.
- Die SOH-Bestimmung erfolgt ebenfalls aus den kontinuierlichen Messdaten von Strom und Spannung im laufenden Betrieb. Es sind keine künstlichen Vollzyklen oder ein Ausbauen der Zellen aus dem System notwendig.
- Der Algorithmus benötigt keine zwischenzeitliche Kalibration anhand Voll- oder Leerzuständen. Er ist daher auch bei Teilzyklisierungen zuverlässig.
- Obwohl ein Batteriemodell verwendet wird, ist die Numerik einfacher als bei anderen modellbasierten Verfahren.

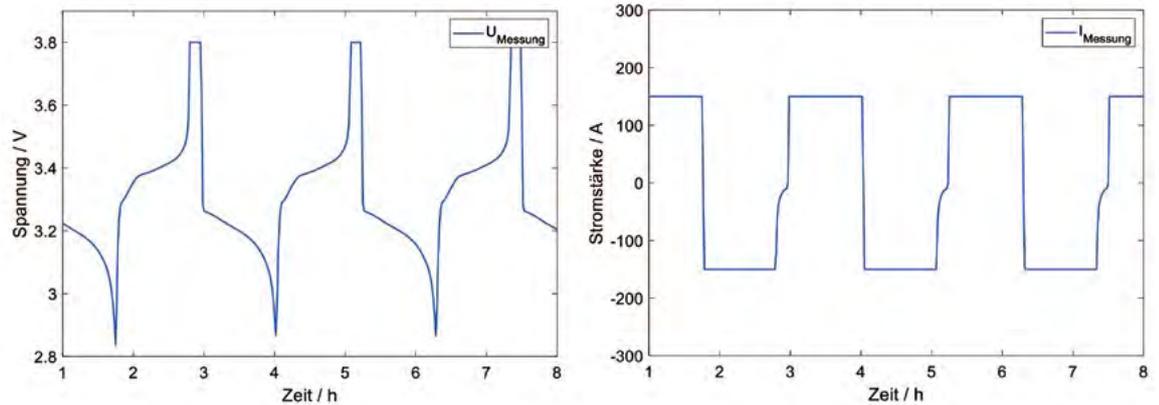


Abb. 7:

Lithium-Ionen-Batterie für stationäre Speicher.

Links: gemessene Spannung. Rechts: gemessene und modellierte Stromstärke als Eingangsgrößen für das neue Verfahren.

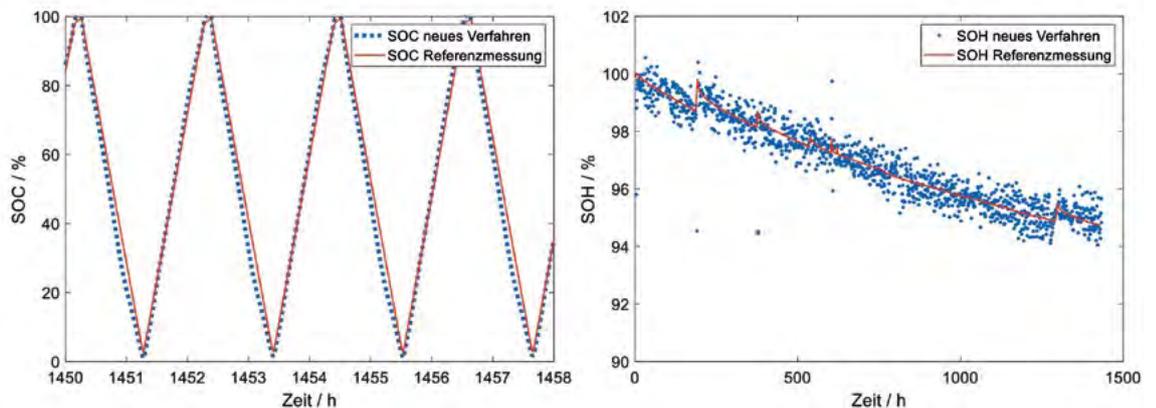


Abb. 8:

Ergebnisse des neuen Verfahrens für eine Lithium-Ionen-Batterie für stationäre Speicher. Links: Ladezustand SOC während den ersten Stunden. Rechts: Gesundheitszustand SOH über die gesamte Versuchsdauer. Den Ergebnissen des neuen Verfahrens sind präzisen Vergleichsmessungen gegenübergestellt.

Die Funktionsfähigkeit des neuen Verfahrens wurde mit zwei exemplarischen Lithium-Ionen-Batteriezellen demonstriert, die die Anwendungsbereiche Elektromobilität und stationäre Speicher repräsentieren. Das Verfahren bietet Vorteile sowohl für die Nutzer von batteriebetriebenen Geräten (z. B. eine höhere Zuverlässigkeit der Anzeigen) als auch für die Hersteller (z. B. die Möglichkeit der prädiktiven Wartung).

Referenzen/References:

[Birkel 2017] Christoph Birkel, David Howey, "Oxford Battery Degradation Dataset 1", University of Oxford, DOI: 10.5287/bodleian:K02kdmYGg, Webseite: <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:03ba4b01-cfed-46d3-9b1a-7d4a7bdf6fac> (2017)
 [Fleischer 2014] C. Fleischer, W. Waag, H.-M. Heyn, and D. U. Sauer, "On-line adaptive battery impedance parameter and state estimation considering physical principles in reduced order equivalent circuit battery models," J. Power Sources 260, 276–291 (2014)

AUTOR



Prof. Dr. habil. Wolfgang G. Bessler
 Institut für Energiesystemtechnik – INES
 Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung
wolfgang.bessler@hs-offenburg.de

[Kern 2021] R. Kern, roke modelle, <https://www.rokemodell.de/produkte/x-div/li116388.htm>, abgerufen 27.01.2021

[Yagci 2021] M. C. Yagci, R. Behmann, V. Daubert, J. A. Braun, D. Velten, and W. G. Bessler, „Electrical and structural characterization of large-format lithium iron phosphate cells used in home-storage systems”, Energy Technology, <https://doi.org/10.1002/ente.202000911> (2021)

Power Line Communications: Sensorlose Netz- / Anlagenüberwachung

Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch, Prof. Dr.-Ing. Stephan Pfletschinger, Jens Lottermoser M.Sc., Nafiseh Shahbazi Ph.D.

Im Projekt MOBCOM wird ein neues Verfahren zur Zustandsüberwachung von elektrischen Betriebsmitteln in Niederspannungsnetzen und Anlagen entwickelt. Mittels PLC (power line communication) Technologie werden hochfrequente transiente Vorgänge auf dem Stromkanal und dessen Übertragungseigenschaften erfasst und bewertet. Durch Ableiten bestimmter Parameter soll zustandsbedingte Wartung vorhergesagt und so der Ausfall von Betriebsmittel vermieden werden.

In the MOBCOM project, a new procedure for condition monitoring of electrical equipment in low-voltage networks is being developed. PLC (power line communication) technology is used to record and evaluate high-frequency transient processes and its transmission characteristics. By deriving certain condition parameters, maintenance services are to be predicted and therefore the failure of equipment is to be avoided.

Monitoring von Energieversorgungsnetzen und Anlagen

Eine wichtige Grundvoraussetzung von effizienten Netzen ist die Betriebssicherheit der Netze sowie der angeschlossenen Verbraucher und Anlagen. Im Gegensatz zu Hoch- und Mittelspannungsnetzen findet in der Regel in Niederspannungsnetzen keine Überwachung von Überlast und transienten Ausgleichsvorgängen statt [1]. Ein Grund hierfür ist die örtliche Ausdehnung (Größe) der Netze, der dadurch anfallenden großen Anzahl an Messgeräten und Daten. Bisher war eine Überwachung auch nicht notwendig, da man Betriebsmittel entsprechend großzügig auslegte. Seit einigen Jahren verändern sich das klassische Planungsleitbild und die Techniken der elektrischen Energieversorgung. Dabei spielen die Anforderungen an effizientere Netze eine genau so große Rolle wie die stetig ansteigende Einspeiseleistung aus erneuerbaren Energien. Hierbei entstehen immer wieder kritische Betriebszustände und Überlastungen. Aus diesen Erfahrungen erwuchs die Forderung nach intelligenten Stromnetzen (Smartgrids).

Andauernde Überlasten und transiente Ausgleichsvorgänge führen zu vorzeitigem Altern und auch zum Versagen von Betriebsmitteln. Wiederkehrende Entladungsimpulse und repetierende Stoßspannungen führen zu diesen Effekten. Das Auftreten von Teilentladungen (TE) ist dabei ein wesentliches Kriterium für die Beurteilung der Isolationsqualität der Betriebsmittel [2]. TE-Messungen erlauben eine Diversifizierung von Schwachstellen in der Isolation, dabei ver-

ursachen unterschiedliche Fehler unterschiedliche Teilentladungsmuster [2]. Durch die Analyse dieser Muster können Rückschlüsse auf Art, Ort, Intensität und Ursache des Fehlers getroffen werden.

Analyse von Teilentladungen

Die Entwicklung hochleistungsfähiger elektrischer Komponenten und Geräte sowie der vermehrte Einsatz von Halbleitertechnologien bringen die Isolationssysteme der Betriebsmittel aufgrund erhöhter elektrischer Beanspruchung an ihre Grenzen [3]. Teilentladungen treten aufgrund von lokalen Feldstärkeüberhöhungen auf. Sie sind örtlich beschränkte elektrische Entladungen, die nur einen Teil der Isolationsstrecke überbrücken und nicht unmittelbar zum Durchschlag (Spannungszusammenbruch) führen [IEC60270]. TE finden in allen Arten von Isolationssystemen statt. Diese beeinträchtigen die elektrische Festigkeit im Normalbetrieb jedoch meist nicht. Dennoch kommt es aufgrund von TE zur Erosion des Isolationsmaterials, was bei übermäßiger Einwirkung zu einem Lawineneffekt und letztendlich zum Durchschlag und damit zum Defekt des Bauteils führt [2].

TE lässt sich nicht direkt am Entstehungsort im Betriebsmittel selbst messen, sondern nur an den äußeren Anschlussklemmen. Dadurch ist die an den Anschlussklemmen gemessene „scheinbare Ladung“ nicht gleich der „wirklichen Ladungsmenge“, die lokal am Standort der Entladung stattfindet. Die gemessenen Impulse erfahren entsprechend der Umgebungsbedingung

eine charakteristische Dämpfung. Deshalb ist für die Fehlerdiagnose die gemessene Intensität von TE nur bedingt aufschlussreich [2]. Aussagefähige Kenngrößen für die Beurteilung von TE sind Phasenlage der Teilentladungen, Polaritätseffekte, Impuls-Häufigkeit und -Regelmäßigkeit, Veränderungen der Intensität mit der Spannung sowie das Verhältnis von Einsatz- zu Aussatzspannung (Hysterese) [2].

Eigenschaften von Powerline-Kanälen

Im Projekt ist die Kenntnis der Kanalübertragungseigenschaften für den Entwurf von Kommunikationssystemen und der Analyse von TE eine notwendige Voraussetzung. Charakteristische Kanalparameter sind die komplexe Netzzugangsimpedanz, die Übertragungsdämpfung, der Phasengang und das Störzenario [4]. Durch die Belastung des Netzes mit angeschlossenen Verbrauchern kann die Netzimpedanz am Mess- oder Einspeisepunkt zudem stark schwanken. Dies führt bei sehr kleinen Impedanzen dazu, dass die Signalenergie von Impulsen oder PLC-Signalen über die Last „kurzgeschlossen“ wird und somit eine starke Dämpfung erfährt. Die Netzzugangsimpedanz bedingt die Einspeiseleistung. Die im Niederspannungsnetz verwendeten Kabel weisen verschiedene Wellenwiderstände auf. An deren Übergängen werden Störungen durch Reflexionen verursacht. Hochfrequente Signalanteile werden durch die kapazitive Kopplung in andere Phasen und Erd-/Neutralleiter übertragen. Diese Eigenschaften begünstigen Mehrwegausbreitungen mit stationärem und/oder frequenzselektivem Fading. Dies überlagert zusätzlich die Tiefpasscharakteristik der Verkabelung [4].

Für die Untersuchung vorhandener Impulsstörer wurde im Labor mit einem Hochpassfilter und Oszilloskop die Netzspannung gemessen. Das Hochpassfilter dämpft die niederen Frequenzen bis ca. 1,5 kHz. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die gefilterte Spannung zwischen L1 und N für zwei 50 Hz Netzperioden.

Für einen Phasenbezug der Impulse wurde zusätzlich die 50 Hz Netzperiode dargestellt. Es fällt auf, dass sich die hochpassgefilterten Frequenzen periodisch mit der 50 Hz-Schwingung wiederholen. Wie in Abbildung 2 dargestellt, wird durch die Fourier-Analyse sichtbar, dass im hochfrequenten Signalgemisch verstärkt Signalanteile von 50 Hz Oberschwingungen enthalten sind (vgl. THD-Analyse). Diese können negative Auswirkungen auf das Niederspannungsnetz, als auch auf die angeschlossenen Verbraucher,

haben. Hierbei erhöhen aperiodische Impulsstörer den Rauschpegel über das ganze Frequenzspektrum und periodische Impulsstörer treten als Peak bei deren Wiederholfrequenz auf.

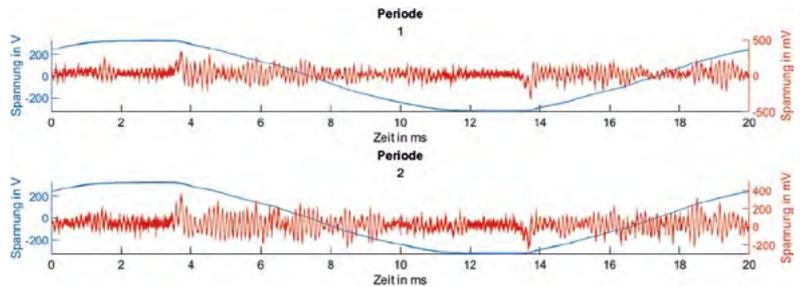


Abb. 1: Hochpassgefilterte Netzspannung (orange) wurde phasenbezogen zur 50 Hz Netzspannung (blau) aufgetragen

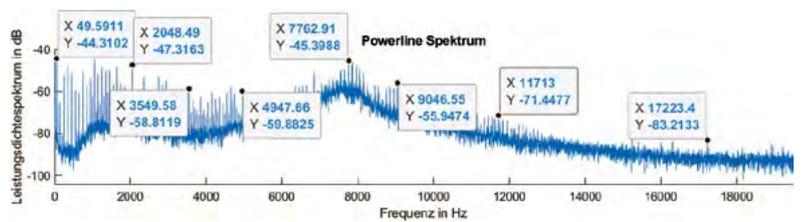


Abb. 2: Hochpassgefiltertes Frequenzspektrum der Netzspannung

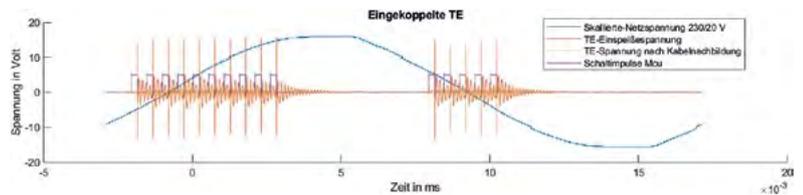


Abb. 3: Mit TE-Generator eingekoppelte TE in Primärseite Trafowicklung (rot), nach Kabelnachbildung gemessene gedämpfte TE-Impulse (gelb), skalierte Netzspannung (blau), Impulsansteuerung Mikrocontroller (violett)

Emulation und Messung von TE-Muster (Labor-Demonstrator)

Zur Verifikation theoretischer Modelle und der Betriebsüberwachung mittels PLC-Systemen, wurde eine Verteilnetznachbildung des Niederspannungsnetzes im Labor aufgebaut. Aus Sicherheits- und Kostengründen ist die Leistung, die im Demonstrator umgesetzt werden kann, im Vergleich zur Leistung im realen Niederspannungsnetz auf ein niedrigeres Niveau skaliert.

Im Labor wurde eine Konfiguration bestehend aus einer Ring- und einer Stickleitung mit den typischen elektrischen Betriebsmitteln wie Umspannwerk (Transformator und Schaltanlage), Stromkabel (hintereinander geschaltete Kabelnachbildung als PI-Schaltung) und Verbraucher aufgebaut. Die Ringleitung wurde durch eine dreiphasige PI-Schaltung mit konzentrierten Bauteilen nachgebildet. Als Vorlage für die Parametergröße der Bauteile wurde ein typisches Niederspannungskabel mit einer Länge von 3 km gewählt. Als Verbraucher kommen Baugruppen mit fest einstellbaren Parametern und eine programmierbare Lasteinheit zum Einsatz. Um reales Fehlerverhalten zu analysieren, kann die eingesetzte Lasteinheit besondere Fehlerfälle wie Lastsprünge und Spannungseinbrüche in den Lastzyklus einsteuern. Somit lassen sich reale Lastverhalten von Haushalten oder Unternehmen nachbilden.

Es wurde ein programmierbarer Teilentladungsgenerator entwickelt, um verschiedene TE-Muster emulieren zu können. Mittels des TE-Generators lassen sich zu definierten Zeitpunkten Teilentladungsimpulse in die verschiedenen Betriebsmittel einkoppeln. Der TE-Generator basiert auf einer Abwandlung einer Hochsetzstellerschaltung. Die Abbildung 3 zeigt ein emuliertes und mit dem Oszilloskop aufgezeichnetes typisches TE-Muster für Kontaktrauschen. Einkoppelt wurden die TE-Impulse auf der Primärseite des Verteilnetztransformators. Der gelbe Spannungsverlauf zeigt die Messung nach der 3 km Leitungsnachbildung. Es ist eine deutliche Phasenverschiebung und Dämpfung der Amplitude zu erkennen. Die messtechnische Erfassung von Strömen und Spannungen der jeweiligen Phasen erfolgt mit dem Smartmeter PAC4200 von Siemens.

Powerline Communication (PLC)

Breitbandige Datenübertragung über die Stromleitung arbeitet mit dem ebenfalls im Mobilfunk und digitalem Rundfunk angewandten

orthogonalen Mehrträgermodulationsverfahren OFDM (orthogonal frequency division multiplex). Dieses Verfahren zeichnet sich durch seine hohe Flexibilität bzgl. der Sendefrequenzen und einer hohen Robustheit gegenüber Mehrwegeausbreitung aus, welche in Energienetzen durch Reflexionen an Leitungsenden und fehlangepasste Lasten entsteht.

Im PLC-Sender werden, wie in Abbildung 4 gezeigt, die Datenbits zunächst codiert, um eine zuverlässige Übertragung zu gewährleisten. Die codierten Bits werden zusammen mit Steuerinformationen wie Pilotsymbolen und einer Paketnummer in eine Rahmenstruktur eingebettet und anschließend mit einer inversen diskreten Fouriertransformation (iFFT) auf die Unterträger eines vordefinierten Frequenzbands moduliert. Der IEEE-Standard für breitbandiges PLC [5] gibt folgende zwei Frequenzbänder vor:

- Frequenzband 0: 1,95 MHz bis 11,96 MHz, Unterträger 80, ... 490.
- Frequenzband 1: 2,44 MHz bis 5,62 MHz, Unterträger 100, ... 230.

Nach der Modulation wird ein Schutzintervall in Form eines zyklischen Präfixes eingefügt, welches das Signal unempfindlich gegen durch Mehrwegeausbreitung verursachte Eigeninterferenzen macht. Dieses Signal wird vollständig in Matlab erzeugt und über Gigabit-Ethernet an ein Software-Defined-Radio-Modul übertragen.

Dieses Modul setzt das digitale Signal mit einer Abtastfrequenz von 25 MHz in das analoge Sendesignal um, das mit einer Einkoppelschaltung in das Stromnetz eingespeist werden kann. Der Empfänger verarbeitet das Empfangssignal im Wesentlichen in der umgekehrten Reihenfolge: Das analoge Signal wird von einem weiteren SDR-Modul abgetastet und über Ethernet an einen weiteren Rechner übertragen, wo zunächst ein zusammenhängendes Signal mit einer Dauer von mehreren Sekunden abgespeichert wird. Bei der Decodierung des Empfangssignals muss

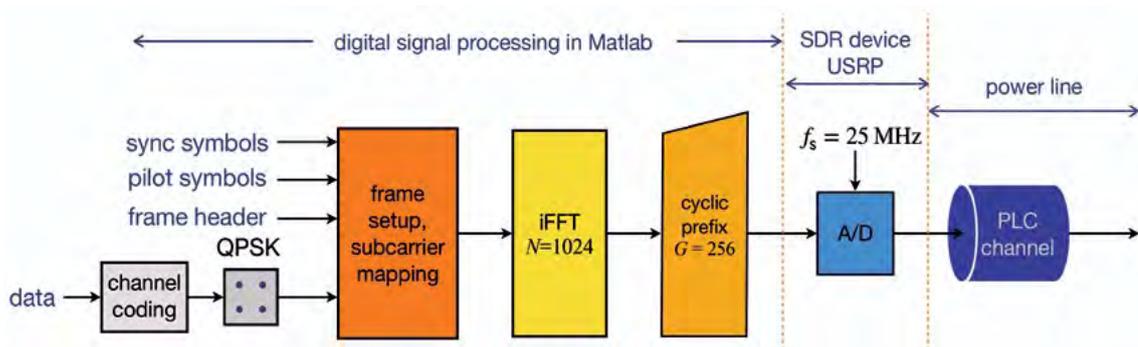


Abb. 4: Blockschaltbild des PLC-Senders

sich der Empfänger zunächst auf die Rahmenstruktur synchronisieren und dann den anfangs unbekanntem Kanal mit den eingebetteten Pilot-symbolen schätzen. Durch dieses Verfahren kann die Kanalübertragungsfunktion im Empfänger mit hoher Genauigkeit und zeitlicher Auflösung bestimmt werden, was wiederum Rückschlüsse auf die Netztopologie und den Zustand des Netzes zulässt (siehe Abbildung 5).

Neben der Bestimmung der Übertragungsfunktion soll das Empfangssignal auch für die Analyse von Störungen durch Teilentladungen und anderen Ursachen analysiert werden. Das PLC-Empfangssignal bietet dafür hervorragende Voraussetzungen, da es durch die hohe Abtastfrequenz von 25 MHz eine hohe zeitliche Auflösung bietet und auch ohne ein PLC-Sendesignal ständig zur Verfügung steht.

Zusammenfassung und Ausblick

Bisher konnte gezeigt werden, wie mittels PLC-Technologie zusätzlich zur Kommunikation auch die Detektion von TE möglich ist. Künftig soll durch weitergehende Untersuchungen der Impuls- und Dämpfungscharakteristika Ort, Art und Intensität der Fehlstelle ermittelt werden. Hierfür werden verschiedene TE-Muster emuliert und mit Modellen und KI ausgewertet. Durch kontinuierliche Datenanalysen sind Prädiktionen zu Zustandsbewertungen von Betriebsmitteln möglich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass jede Messung eine ortsabhängige Information des Netzes und der Betriebsmittel liefert und so zusammen mit historischen Aufzeichnungen Bewertungen zu deren Zustand ermöglichen.

Referenzen/References:

- [1] K. Heuck, K.-D. Dettman, D. Schulz: „Elektrische Energieversorgung“, 9. Auflage, Springer-Verlag GmbH Deutschland, 2013
- [2] A. Küchler: „Hochspannungstechnik“, 4. Auflage, Springer-Verlag GmbH Deutschland, 2017
- [3] R. Winter: „Measurement and diagnosis of partial discharges in low voltage applications ≤ 1000 volts“, ZVEI - German Electrical and Electronic Manufacturers' Association Electrical Winding & Insulation Systems Division, 2017
- [4] Bausch, J, Characteristics of Indoor Power Line Channels in the Frequency Range 50-500 kHz, Proceedings of the 10th International Symposium on Power-Line and its Applications, Orlando, USA, 2006
- [5] IEEE 1901.1-2018: IEEE standard for medium frequency (less than 12 MHz) power line communications for smart grid applications. Mai 2018

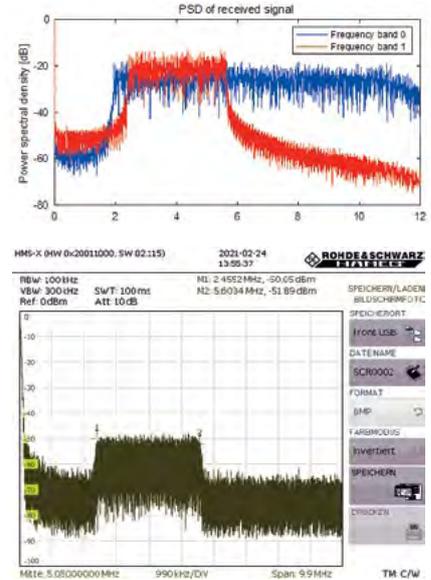


Abb. 5: Leistungsdichtespektren des empfangenen Signals, in Matlab für beide Frequenzbänder (links oben) und Signal an der Eingangsbuchse des SDR-Moduls, mit externem Spektrumanalysator gemessen (links unten)

AUTOREN	
	<p>Prof. Dr.-Ing. Jörg Bausch Studiendekan RED, Fakultät M+V, Mitglied INES, Forschung - Model Based Condition Monitoring, Lehre: Elektrotechnik, elektrische Maschinen und Anlagen joerg.bausch@hs-offenburg.de</p>
	<p>Prof. Dr.-Ing. Stephan Pfletschinger Studiendekan CME, Forschung - Model Based Condition Monitoring, Lehrgebiete: Kommunikationstechnik und Nachrichtensysteme stephan.pfletschinger@hs-offenburg.de</p>
	<p>Jens Lottermoser M.Sc. Akad. MA. Mitglied INES Forschungsgruppe: MOBCOM - Model Based Condition Monitoring jens.lottermoser@hs-offenburg.de</p>
	<p>Nafiseh Shahbazi Ph.D. Akad. MA., Forschungsgruppe: MOBCOM - Model Based Condition Monitoring nafiseh.shahbazi@hs-offenburg.de</p>

«Verbrecher werden ...

... aber kein Verbrecher sein»

In ein hoch gesichertes Rechenzentrum kommen: fast unmöglich? Ein Red Teaming Consultant bei der SySS würde das bestreiten. Einer von ihnen gewährt uns Einblick in seinen Alltag als „guter Verbrecher“.



Patrick Hener
IT Security Consultant
(Abteilung Red Teaming)

Warum SySS?

Für die SySS entschieden hat sich Patrick Hener vor allem wegen des Standings des IT-Sicherheitsunternehmens auf dem Markt: Es handelt sich um das größte Pentesting-Unternehmen Deutschlands. Nicht über den Namen und seinen Geschäftsführer zu stolpern, sei für ihn deshalb fast unmöglich gewesen. Die Möglichkeiten der fachlichen Weiterentwicklung und zur Spezialisierung auf verschiedene Schwerpunktteams waren ebenfalls ausschlaggebend.

Welche Benefits haben SySS-Mitarbeiter?

Neben einer angenehmen Atmosphäre, die nicht nur den offenen und modernen Arbeitsplätzen zuzuschreiben ist, sondern auch den netten Kolleginnen und Kollegen, die alle ein gemeinsames Interesse an der Stärkung von IT-Sicherheit haben, bietet die SySS für Patrick noch weitere Vorteile. Dazu gehören unter anderem das Highlight des alljährlichen Betriebsausflugs sowie regelmäßige gesellschaftliche Aktivitäten. Einen großen Pluspunkt stellt auch die persönliche Weiterentwicklung jedes einzelnen dar.



Wie sieht der Alltag eines Red Teaming Consultants aus?

Red Teaming-Projekte werden im Team nach Skillset aufgeteilt. Das bedeutet aber nicht, dass man sich nicht untereinander austauschen kann oder Cross-Switching betreibt. Bei der SySS gilt: Jeder wird voll ins Team eingebunden!

Zu Patricks Alltag gehört die Auswertung vom Vortrag, die Entwicklung von Tools und das Durchdenken von Angriffstechniken, die dann im Anschluss mit dem Team geteilt werden. Regelmäßiger Wissensaustausch wird nämlich großgeschrieben.

»Es ist oft einfacher, als man denkt, in ein Gebäude einzudringen.«

Wenn es dann zu Red Teaming Assessments kommt, dient meist die Recherche über den Kunden als Ausgangslage für das Projekt. Denn man versucht, so viel wie möglich über den Kunden bzw. das Ziel über öffentliche Quellen in Erfahrung zu bringen. Je mehr Informationen gesammelt werden können, desto einfacher ist es dann für Consultants wie Patrick, noch erfolgreicher in ihrem Vorgehen zu sein.

An diesem Punkt kommen sogenannte Social Engineering-Methoden zum Einsatz. Eine dieser Methoden sind Phishing-Angriffe. Spannend wird es aber auch, wenn Projekte beim Kunden vor Ort stattfinden. In diesem Fall versucht ein Red Teaming Consultant, sich unberechtigterweise Zutritt zum Kundengebäude zu verschaffen. Da kann es schon mal vorkommen, dass man mittels Tailgating (dem Anschließen an einen Mitarbeiter, um ins Gebäude zu kommen) ins Unternehmen gelangt, beim Verlassen erkannt wird, ins Gebäude „wegrennt“, um dann über den Lastenaufzug zu entkommen.

Du möchtest auch die spannenden Aufgaben eines IT Security Consultants (m/w/d) übernehmen und dir beispielsweise Gegenstände wie Drahtbügel zunutze machen, um dir Zutritt zu Gebäuden zu verschaffen und so Schwachstellen aufzudecken? Prima! Die SySS GmbH freut sich, dich kennenzulernen.





ivESK – INSTITUT FÜR VERLÄSSLICHE EMBEDDED SYSTEMS UND KOMMUNIKATIONSELEKTRONIK

Prof. Dr.-Axel Sikora
und sein ivESK-Team

Das „Internet der Dinge“ (Internet of Things – IoT) durchdringt die industriellen und persönlichen Anwendungen zunehmend. Hierzu zählen beispielsweise Smart-Metering und Smart-Grid, Industrie- und Prozessautomation, Car-to-Car, bzw. Car-toX-Kommunikation, Heim- und Gebäudeautomation, Telehealth- und Telecare-Anwendungen. Die drahtgebundene und drahtlose Vernetzung von Embedded Systemen und deren Anbindung als sogenannte cyberphysische Systems (CPS) spielen hierbei eine immer wichtigere Rolle. Da auch immer mehr Systeme funktionskritische Aufgaben autonom übernehmen, gewinnen Zuverlässigkeit und Sicherheit immer mehr an Bedeutung. Entsprechend müssen die Aspekte der Datensicherheit (Security) und der Privatsphäre (Privacy) ebenfalls und von Anfang berücksichtigt werden. Besondere Themenschwerpunkte sind gegenwärtig die in diesem Bericht vorgestellten Themenkreise der zellularen Mobilkommunikation und insbesondere die Vorbereitung auf 5G-Anwendungen und -systeme (siehe Beitrag Jubin Sebastian), Sicherheitssysteme (siehe Beitrag Dr. Lukas Zimmermann) sowie Anwendungen unter Nutzung von Kommunikationslösungen (siehe Beitrag Manuel Schappacher).

Das Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) an der Hochschule Offenburg wurde im Herbst 2015 von Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora und Prof. Dr. rer.nat. (habil.) Dirk Westhoff gegründet und hat sich seither außerordentlich positiv entwickelt. Seit Herbst 2020 ist Prof. Dr. phil. Andreas Schaad mit an Bord. Es werden pro Jahr etwa 20 F&E-Projekte oft in enger Kooperation mit Unternehmen und anderen Forschungseinrichtungen bearbeitet, um das Internet der Dinge zuverlässiger und verlässlicher zu machen.

Am Institut arbeiten gegenwärtig fünfzehn Vollzeitmitarbeitende sowie etwa ebenso viele Studierende. Regelmäßig sind Gastwissenschaftler aus der ganzen Welt vor Ort, um neue Themen zu erschließen. Aufgrund der weiterhin sehr positiven Projektlage sind eigentlich immer einige Projekt- und Promotionsstellen verfügbar. Kandidaten für Tutorentätigkeiten und Abschlussarbeiten sind ebenso gern gesehen.

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora

Gerätesicherheit mit Hybrid Physically Unclonable Function

Dr.-Ing. Lukas Zimmermann, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Axel Sikora

Die zunehmende Vernetzung elektronischer Geräte führt zu Megatrends wie dem Internet of Everything. Dieser Trend wird durch neuartige Technologien, wie beispielsweise der gedruckten Elektronik, zusätzlich beschleunigt. Durch die Zunahme der Heterogenität von verschiedenen, miteinander in Verbindung stehenden elektronischen Systemen entstehen neue Herausforderungen hinsichtlich der Gerätesicherheit. Die von Wissenschaftlern der Hochschule Offenburg und des Karlsruher Instituts für Technologie neu entwickelte sogenannte Hybrid Physically Unclonable Function, nutzt ihre herstellungsprozessbedingten, intrinsischen Variationen zur Erzeugung gerätespezifischer Fingerabdrücke. Dadurch wird insbesondere für elektronische Systeme mit starker Ressourcenbeschränkung die Integration von Sicherheitsfunktionen ermöglicht, was bisher eine der größten Herausforderungen war.

The increasing interconnection of electronic devices leads to megatrends such as the Internet of Everything. This trend is further accelerated by novel technologies such as printed electronics. The increase in the heterogeneity of various interconnected electronic systems creates new challenges with regard to device security. The so-called Hybrid Physically Unclonable Function, newly developed by scientists from Offenburg University of Applied Sciences and Karlsruhe Institute for Technology, uses its manufacturing process-related, intrinsic variations to generate device-specific fingerprints. This enables the integration of security functions, particularly for electronic systems with severe resource restrictions, which has been one of the greatest challenges so far.

Einleitung

Die moderne Gesellschaft strebt mehr denn je nach digitaler Vernetzung, was zu Megatrends wie dem Internet of Everything (IoE) führt. Bereits heute stehen Milliarden elektronische Geräte miteinander in Verbindung – kommunizieren und interagieren autonom miteinander. Aufstrebende Technologien beschleunigen diesen Trend zunehmend, da sie die Grenzen des Machbaren immer weiter verschieben bzw. zuvor nicht dagewesene technische Lösungen ermöglichen.

Ein Beispiel dafür ist die gedruckte Elektronik, welche bereits heute ein Schlüsselement für das IoE darstellt. Sie ermöglicht die Nutzung neuartiger Materialien sowie die Umsetzung freier Formfaktoren auf einer Vielzahl von Substraten, wodurch neue Gerätetypen und -architekturen entstehen. Die gedruckte Elektronik zeichnet sich durch mehr Freiheitsgrade bei der Anpassbarkeit von Schaltkreisen sowie kostengünstige und großflächige Herstellung am Einsatzort aus. Im Zusammenspiel mit herkömmlichen Silizium-basierten Technologien ergeben sich somit neue und einzigartige Eigenschaften, die die bisherigen Grenzen bei der Entwicklung

elektronischer Systeme weiter verschieben. Beispiele für zukunftssträchtige und auf gedruckter Elektronik basierende Anwendungen sind intelligente Objekte, flexible Displays, Wearables und biologisch abbaubare Elektronik.

Aus Sicht der Gerätehersteller ist die Umsetzung des IoE, bzw. die Integration und Verbindung von Milliarden elektronischer Geräte und Systeme, eine der größten zu lösenden technischen Herausforderungen. Dieser Umstand kommt vor allem durch die Heterogenität der verschiedenen IoE-Geräte zustande. Als Beispiel sind komplexe Hochleistungssysteme mit hoher Rechenleistung zu nennen, die mit hochspezialisierten, leichtgewichtigen elektronischen Geräten wie z. B. smarten Sensoren kommunizieren sollen. Daten werden in der Regel kontinuierlich gemessen, gespeichert und über Kommunikationskanäle ausgetauscht. Auf der anderen Seite wirft die Fülle an gesammelten und verarbeiteten Daten auch Fragen hinsichtlich des Datenschutzes und der Sicherheit auf. Dazu gehören beispielsweise: Welche Daten werden von Sensoren aufgezeichnet bzw. wie sensibel sind diese? Wer darf diese Daten emp-

fangen und weiterverarbeiten? Ist der Kommunikationspartner vertrauenswürdig?

Zur Lösung einiger dieser Herausforderungen werden in der Regel kryptografische Algorithmen eingesetzt, die der Identifikation, Authentisierung sowie der Ver- und Entschlüsselung von Daten dienen. Die technische Umsetzung dieser kryptografischen Operationen erfordert typischerweise eine hohe Schaltungs- und Systemkomplexität, was sie wiederum für viele leichtgewichtige Anwendungen ungeeignet macht.

Eine vielversprechende technische Lösung für diese Herausforderungen bieten sog. Physically Unclonable Functions (PUFs), mit deren Hilfe digitale Fingerabdrücke für elektronische Systeme erzeugt werden können [1]. PUFs sind physikalische Objekte, meist in Form einer elektronischen Hardwareschaltung umgesetzt, die durch die herstellungsprozessbedingten Variationen eindeutige Merkmale erhalten. Der daraus extrahierte elektronische Fingerabdruck basiert auf den zufälligen, unkontrollierbaren Schwankungen des Fertigungsprozesses und ist daher von außen nicht beeinflussbar. Nach dem Anlegen eines Stimulus, der sogenannten Challenge, liefert eine PUF ein reproduzierbares Signal, die sogenannte Response. Die kann beispielsweise als gerätespezifischer Fingerabdruck oder als kryptografischer Schlüssel verwendet werden.

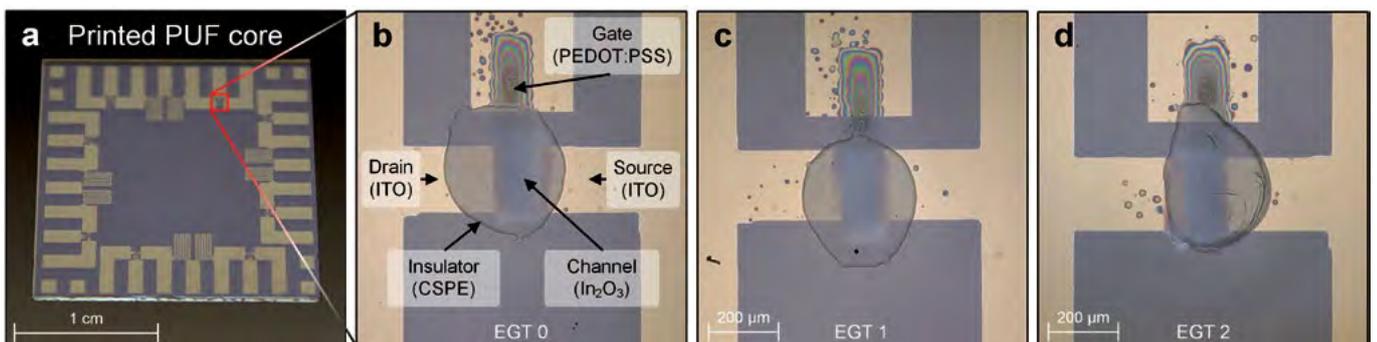
Im Rahmen des kooperativen MERAGEM-Promotionskollegs (Modellierung, Entwurf, Realisierung und Automatisierung von gedruckter Elektronik und ihren Materialien, MERAGEM) haben die Forscher Lukas Zimmermann (Gruppe Professor Dr. Axel Sikora) und Alexander Scholz (Gruppe Professorin Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann) der Hochschule Offenburg (HSO) und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) kürzlich einen weltweit einzigartigen Forschungsdurchbruch im Bereich hybrider PUFs erzielen können [2, 3]. Dabei wurde ein neuarti-

ges PUF Design, basierend auf Siliziumtechnologie und gedruckten Elektronikkomponenten entwickelt, fabriziert und charakterisiert. Um eine Massencharakterisierung der hergestellten Elektronik zu ermöglichen, wurde eine automatisierte Auswertplattform entwickelt. Darüber hinaus wurden für die Hybrid PUFs in weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen potenzielle Angriffsszenarien identifiziert und eine Gefahrenanalyse durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurden Methoden des maschinellen Lernens eingesetzt, um aus Sicht eines Angreifers eine virtuelle Kopie der Sicherheitsprimitive zu erstellen. Basierend auf den im Rahmen der Forschungsarbeit gesammelten Ergebnissen konnte die Einsetzbarkeit der Hybrid PUFs als Sicherheitsprimitive für verschiedene Zielapplikationen nachgewiesen werden. Im folgenden Artikel werden Konzept, Design sowie wichtige wissenschaftliche Ergebnisse vorgestellt.

Hybrid PUF Konzept

Das Konzept für die Hybrid PUF sieht eine Kombination aus sehr präziser Silizium-basierter Technologie und gedruckten Elektronikkomponenten vor. Das zentrale Element stellt der gedruckte Teil der PUF Schaltung, der sogenannte PUF Core, dar. Durch den im Vergleich zu aktuellen Siliziumtechnologien ungenaueren und mit mehr Freiheitsgraden behafteten Druckprozess (Inkjet) entstehen bei der Herstellung gedruckter elektronischer Schaltungen überlagerte Variationen. Ziel ist, diese Variationen als Entropiequelle zur Erzeugung gerätespezifischer Fingerabdrücke zu nutzen. Abbildung 1 (a) zeigt die gedruckte PUF Core Schaltung mit acht Inverterstrukturen, wovon jeder einzelne Inverter aus einem Electrolyte-Gated Feldeffekttransistor (EGT) und einem Widerstand in Meanderform besteht. Abbildungen 1 (b)-(d) zeigen Mikroskopaufnahmen einzelner gedruckter Transistoren. Auf den Aufnahmen wird die unterschiedliche Ausbreitung der Tinte auf dem Glassubstrat sichtbar, was u. a. eine Ursache für Variationen darstellt.

Abb. 1:
(a) Gedruckter PUF Core auf einem Glassubstrat.
(b)-(d) Sichtbare Variationen auf Mikroskopaufnahmen von gedruckten Transistoren [3]



Die Variationen äußern sich in unterschiedlichen Invertertransferkennlinien. Demnach variieren die Ausgangsspannungen baugleicher gedruckter EGTs beim Anlegen einer festgelegten Eingangsspannung. Für die Umsetzung der schaltungstechnischen Detektions- und Auswertefunktionen höherer Komplexität, wie beispielsweise die internen Adressierungs- und Bitgenerierungsmechanismen, wird eine selbst entwickelte und hochgenaue Platine mit Silizium-basierten Komponenten eingesetzt. Dadurch werden die Vorteile aus beiden Technologien (Silizium und gedruckte Elektronik) in einem System vereint und auf einzigartige Art und Weise genutzt. Um statistisch belastbare Aussagen über die Eignung der Hybrid PUF als Sicherheitsprimitive treffen zu können, wurde eine Auswertepattform zur automatisierten Charakterisierung gedruckter PUF Cores entwickelt. Im nächsten Abschnitt wird diese Plattform näher beschrieben.

Hybrid PUF Plattform

Die Architektur der Hybrid PUF umfasst die drei Hauptkomponenten (1) Microcontroller – Silicon Labs EFM32LG STK3600 Development Board, (2) Evaluation Board und (3) PUF Core Adapter. Dieser modulare Aufbau ermöglicht, jede Einzelne dieser Komponenten beliebig auszutauschen. Dadurch wird eine Massencharakterisierung gedruckter PUF Cores ermöglicht, wobei die hochgenaue Auswerteelektronik wiederverwendet werden kann. Abbildung 2 zeigt den vereinfachten Signalpfad bei der Bitgenerierung. Der Challenge-Response-Mechanismus sieht vor, dass parallel zwei gedruckte Inverter mit einer vordefinierten Eingangsspannung angesteuert werden. Die Invertertransferkennlinien schwanken aufgrund herstellungsprozessbedingter Variationen, was zu unterschiedlichen analogen Ausgangsspannungen führt. Ein nachgeschalteter Komparator digitalisiert die an seinen Eingängen entstehende Spannungsdifferenz in ein Signal mit binären Zuständen. Das daraus entstandene Responsebit hängt demnach von

den Variationen der gedruckten PUF Core Inverter ab. Nach diesem Schema ist es möglich, alle einzigartigen Permutationen von Inverterpaaren zu adressieren und die jeweiligen Responsebits zu generieren. Mit der vorher beschriebenen Architektur mit acht gedruckten Invertern kann somit ein 28 Bit breiter digitaler Fingerabdruck pro gedrucktem PUF Core generiert werden.

Die Grafik in Abbildung 3 (a) zeigt einen auf ein Glassubstrat gedruckten PUF Core, der in ein Printed Circuit Board (PCB) integriert ist. Des Weiteren sind die Detailansichten eines gedruckten Inverters (b), der gedruckten Transistoren (c) sowie die Rasterelektronenmikroskopaufnahme (REM) eines gedruckten Halbleiter-/Elektrolyt-Übergangs dargestellt. Die REM-Aufnahme macht die Ungleichmäßigkeiten der Materialübergänge, die als intrinsische Variationsquelle genutzt werden, sichtbar.

Ein entscheidender Vorteil der gedruckten Elektronik stellt die Integration des PUF Cores in elektronische Systeme dar. In Zukunft ist es denkbar, dass Gerätehersteller die Platinen und Komponenten wie bisher in Chip-Fabs herstellen lassen, den PUF Core mit der intrinsischen Geräteidentität jedoch in einem späteren Fertigungsprozess hausintern aufdrucken. Dadurch können Identität und Echtheit von elektronischen Geräten über den gesamten Produktlebenszyklus festgestellt werden.

Gefahrenanalyse

Die Einsetzbarkeit eines Sicherheitssystems auf bestimmte Anwendungsfelder hängt maßgeblich vom Sicherheitslevel ab. Um das Sicherheitsniveau der Hybrid PUF beurteilen zu können, wird das System im Folgenden aus der Sicht eines potenziellen Angreifers betrachtet. Folgende Fragen gilt es zu beantworten: Welche Angriffsszenarien bestehen bzw. auf welche Art und Weise kann ein Angreifer Zugriff auf relevante interne Daten erlangen? Bestehen Zusammenhänge zwischen abgehörten Daten, auf

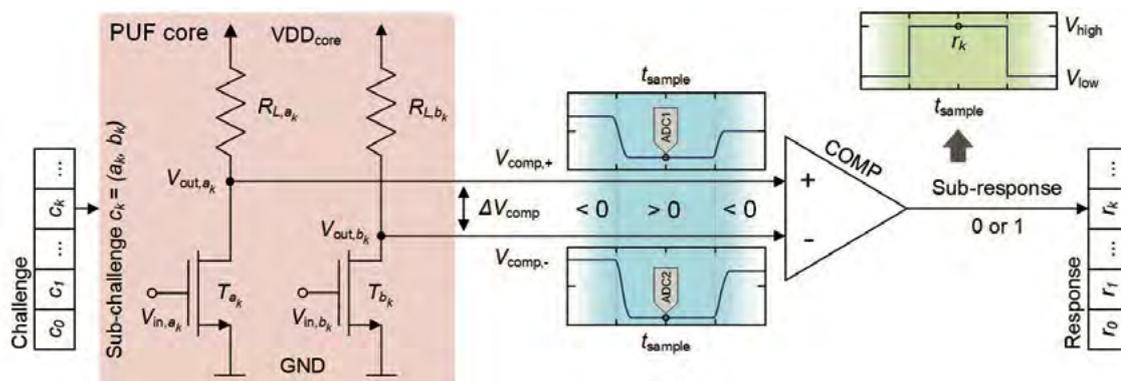


Abb. 2: Signalpfad des Challenge-Response-Mechanismus [2, 3]

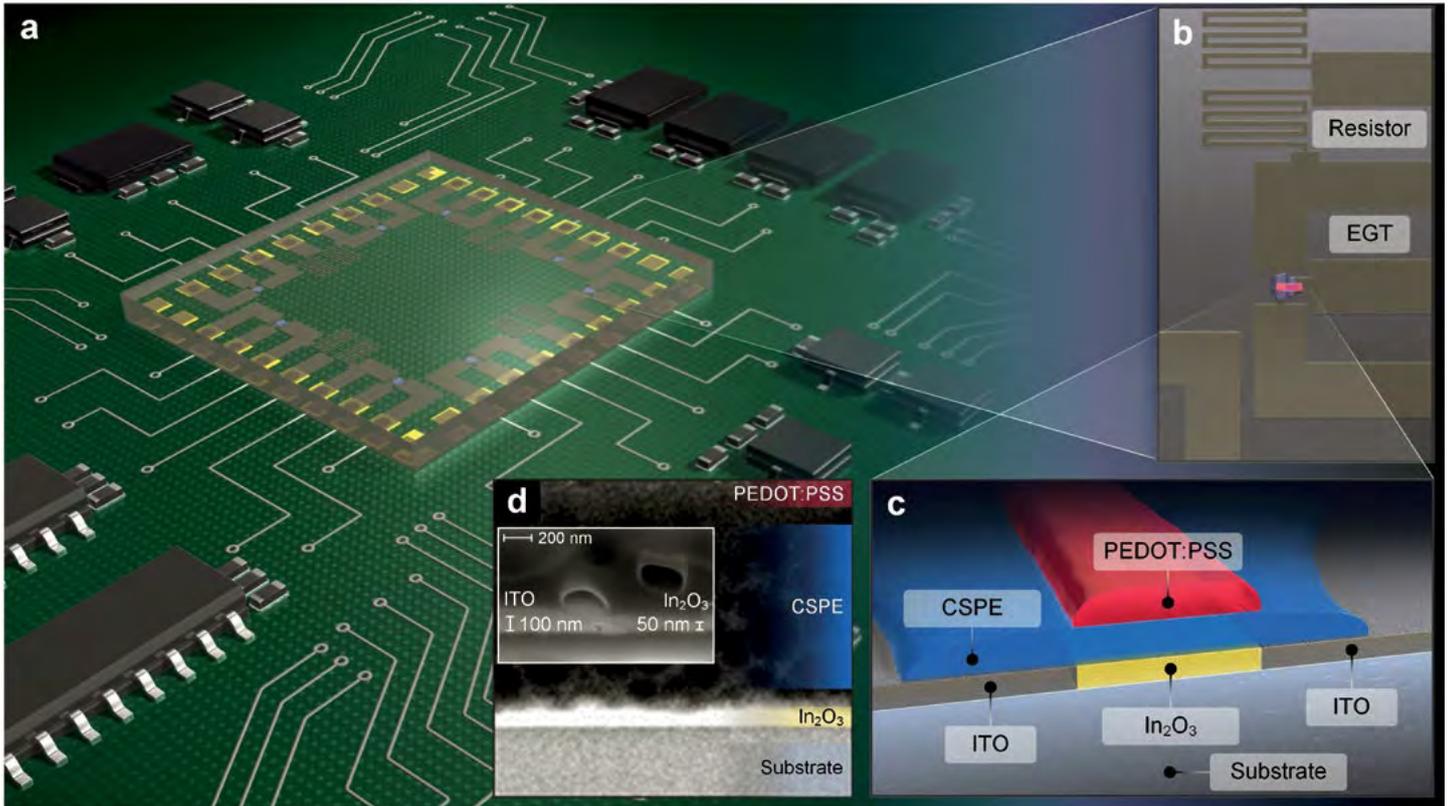


Abb. 3:
 (a) Grafik einer integrierten Hybrid PUF. (b) Inverterstruktur bestehend aus Widerstand und Transistor. (c) Grafik des Materialquerschnitts eines gedruckten Transistors. (d) Rasterelektronenmikroskopaufnahme eines gedruckten Transistors, bzw. des Halbleiters-/Elektrolyt-Übergangs [3].

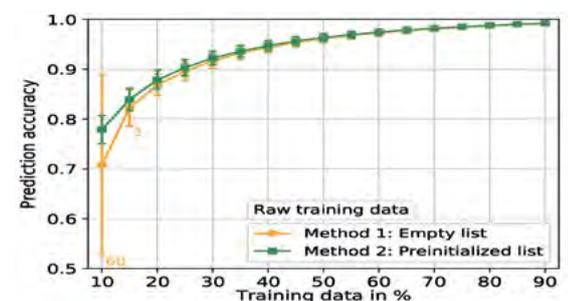
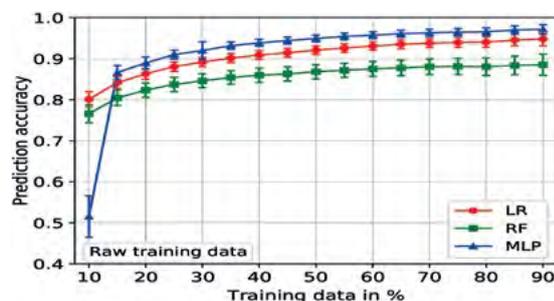
deren Basis ein mathematisches Modell (virtueller Klon) erstellt werden kann? Wie viele Daten müssen dazu abgehört werden?

Im Vergleich zu rein Silizium-basierten PUF Chips bietet die gedruckte Elektronik größere Strukturgrößen, d. h. die Integrationsdichte ist geringer. Dies bedeutet, dass invasive Angriffe leichter durchführbar und mit weniger hohen Kosten verbunden sind, da weniger komplexes Messequipment ausreicht, um Spannungswerte an internen Leitungen vermessen zu können. Um einen invasiven Angriff ausführen zu können, ist jedoch ein direkter physikalischer Zugriff auf den PUF Core notwendig, was in vielen Fällen schwer umsetzbar ist.

Unter der wahrscheinlicheren Annahme, dass es einem potenziellen Angreifer gelingt, einzelne Teile einer PUF Challenge sowie die dazugehörigen Responsebits über den Kommunikationskanal abzuhören, können Trainingsdaten für überwachte maschinelle Lern-

verfahren (Supervised Machine Learning) gesammelt werden. Werden für die Erzeugung der PUF Challenge beispielsweise alle Permutationen von Inverteradressspaaren genutzt, entstehen Überlappungen einzelner Inverteradressen. Diese Überlappungen führen dazu, dass der Informationsgehalt der Challenge-Response-Paare vom Idealwert abnimmt. Diese Schwachstelle kann von Angreifern gezielt genutzt werden, indem mittels geeigneter Verfahren ein virtueller Klon der Hybrid PUFs erstellt wird, der die internen Charakteristika nachahmt. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden dazu die folgenden binären Klassifikationsverfahren des maschinellen Lernens eingesetzt: Logistische Regression (LR), Random Forest (RF) und Multi-Layer Perceptron (MLP). Als Alternative wurde im Team der Hochschule Offenburg der sog. Binary Relations (BR) Sortieralgorithmus entwickelt. Abbildung 4 zeigt die Vorhersagegenauigkeiten der eingesetzten modellbasierten Angriffsverfahren.

Abb. 4:
 Vorhersagegenauigkeiten des (a) Sortieralgorithmus und (b) der eingesetzten Verfahren des maschinellen Lernens



Die Ergebnisse haben gezeigt, dass der BR-Sortieralgorithmus und das MLP eine vergleichbare Vorhersagegenauigkeit aufweisen, ersteres Verfahren jedoch Vorteile bei der Trainingseffizienz aufweist. Demnach muss ein potenzieller Angreifer mindestens 25 % aller existierenden Inverteradresspermutationen inklusive zugehörigen Responsebits abhören, um eine statistische Vorhersagegenauigkeit von über 90 % für bisher unbekannte Adresskombinationen zu erlangen [3]. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der Effizienz verschiedener modellbasierter Angriffe auf unterschiedliche PUFs in der Literatur. Im Vergleich mit anderen PUF Architekturen ist dies ein sehr hoher Wert, weshalb die Robustheit modellbasierter Angriffe gegenüber modellbasierten Angriffen als hoch eingeschätzt werden kann. Durch die Verwendung alternativer Verfahren zur Erzeugung der PUF Challenge, kann deren Informationsgehalt erhöht bzw. die Angreifbarkeit weiter reduziert werden.

Zusammenfassung & zukünftige Arbeiten

Die Auswertung der PUF-spezifischen Sicherheitsmetriken [4] hat ergeben, dass die PUF Responses einzigartig und reproduzierbar sind. Somit konnte gezeigt werden, dass sich die Hybrid PUF zur Erzeugung gerätespezifischer digitaler Fingerabdrücke eignet. Die Nutzung der intrinsischen Variationen als Entropiequelle für die Erzeugung binärer Schlüssel erhöht das Sicherheitslevel des Gesamtsystems, da kein externer Eingriff zur Programmierung notwendig ist. Der digitale Fingerabdruck wird bei Bedarf aus den Variationen generiert und liegt nicht dauerhaft in binärer Form vor. Dadurch entstehen Kostenvorteile, da keine sicheren Speicherchips für die Schlüsselspeicherung eingesetzt werden müssen. Die hohe Robustheit gegenüber modellbasierten Angriffen zeigt die zusätzlichen Vorteile der gewählten PUF Architektur auf. Trotz der Limitationen, die die gedruckte Elektronik bisher noch mit sich bringt, können derzeit digitale Identitäten mit 28 Bit erzeugt werden. Dies ermöglicht es bereits heute, mit der Hybrid PUF Anwendungen aus den Gebieten der Geräteidentifikation und -authentisierung zu adressieren [2, 3].

Die Arbeiten an Physically Unclonable Functions (PUFs) und physischer Sicherheit werden im Rahmen mehrerer Drittmittelprojekte fortgeführt.

PUFTyp	Modellierungsmethode	Trainingsdaten	Vorhersagegenauigkeit	Trainingszeit	Referenz
Arbiter PUF	LR	3,5x10 ⁻¹⁵ %	95 %	10 ms	[5]
XOR arbiter PUF	LR	6,5x10 ⁻¹⁴ %	99 %	3:42 min	[5]
FF-arbiter PUF	MLP	5,4x10 ⁻¹⁴ %	94,2 %	6,2 s	[6]
RO-PUF	Quick sort	43,1 %	99 %	-	[5]
Hybrid PUF	BR-Sort	30 %	91,6 %	14,2 ms	[2]
	BR-Sort	25 %	90,3 %	12,4 ms	[2]
	LR	35 %	90,1 %	13,7 ms	[2]
	RF	90 %	88,4 %	16,4 ms	[2]
	MLP	25 %	90,1 %	5,3 s	[2]

Tab. 1: Vergleich der Effizienz unterschiedlicher modellbasierter Angriffe auf unterschiedliche PUFs

AUTOREN



Dr.-Ing. Lukas Zimmermann
Hahn-Schickard
Lukas.Zimmermann@hahn-schickard.de



Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora
Wissenschaftl. Leiter ivESK, Lehrgebiete:
Kommunikationsnetze, Bussysteme und
Schnittstellen, eingebettete u. industrielle
Netzwerke
axel.sikora@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Maiti, Abhranil, Vikash Gunreddy, and Patrick Schaumont. „A systematic method to evaluate and compare the performance of physical unclonable functions.“ *Embedded systems design with FPGAs*. Springer, New York, NY, 2013. 245-267
- [2] Zimmermann, Lukas. „Printed Electronics-Based Physically Unclonable Functions for Lightweight Security in the Internet of Things.“ (2020)
- [3] Scholz, Alexander, et al. „Hybrid low-voltage physical unclonable function based on inkjet-printed metal-oxide transistors.“ *Nature communications* 11.1 (2020): 1-11
- [4] Merli, Dominik, and Georg Sigl. „Physical Unclonable Functions.“ *Datenschutz und Datensicherheit-DuD* 36.12 (2012): 876-880

VanAssist:

A Secure Wireless Architecture for Autonomous Parcel Delivery

Dipl.-Inform. (FH) Manuel Schappacher, Saeed Abdlinezhaad M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Axel Sikora

Die Zahl der Anwendungsfälle für autonome Fahrzeuge steigt von Tag zu Tag. Eine wichtige Anwendung ist im Bereich der Paketzustellung zu finden. Hier können autonome Autos massiv helfen, den Aufwand und die Zeit für die Zustellung zu reduzieren, indem sie den Kurier aktiv unterstützen. Eine wichtige Komponente ist das autonome Fahrzeug selbst. Dennoch ist auch eine flexible und sichere Kommunikationsarchitektur eine entscheidende Schlüsselkomponente, die sich auf die Gesamtleistung eines solchen Systems auswirkt, da sie eine kontinuierliche Interaktion zwischen dem Fahrzeug und den anderen Komponenten des Systems ermöglicht werden muss. Das Kommunikationssystem muss eine zuverlässige und sichere Architektur bieten, die dennoch flexibel genug ist, um praktikabel zu bleiben und verschiedene Anwendungsfälle zu adressieren.

The number of use cases for autonomous vehicles is increasing day by day. One important application can be found within the parcel delivery section. Here, autonomous cars can massively help to reduce delivery efforts and time by supporting the courier actively. One important component is the autonomous vehicle itself. Nevertheless, a flexible and secure communication architecture also is a crucial key component impacting the overall performance of such system since it is required to allow continuous interactions between the vehicle and the other components of the system. The communication system must provide a reliable and secure architecture that is still flexible enough to remain practical and to address several use cases.

Introduction

Value-added chains with a strong division of labor across large and medium-sized production sites, as well as the sharp increase in online shopping have led to an enormous increase in parcel and goods delivery in recent years [1]. In addition, the shortage of skilled workers in parcel delivery is increasing day by day and it will get worse in the future and it is aggravated by time and cost pressures [2]. Furthermore, the balance of a courier's working day is more and more shifting from delivering to driving.

In order to be able to cope with the high volume of parcel deliveries, a number of efforts have been made to automate parcel services [3]. A case study of last-mile delivery of parcels using robots has been presented in [4]. Authors in [5] used robotic concepts and transferred them to autonomous vehicles to address parcel delivery in urban areas. Authors of [6] have suggested a parcel delivery system called 'Car4Pac', which implements ride-sharing crowd delivery. Another system has been introduced in [7] which uses a mixture of manual and autonomous vehicles for same day deli-

very of parcels. Some works on the other hand have addressed the route optimization problem for logistic transportation [8, 9]. However, there is still a great potential for increasing efficiency, especially for the so-called last mile.

Problems of nowadays parcel delivery procedure

Currently, in parcel delivery a courier is involved in almost every process of a delivery journey, starting from packing the vehicle in the depot, to unpacking at the end of the day. To begin his journey, he has to come to the depot to get his vehicle, pack it and then drive it to the actual delivery area. Furthermore, during delivery he has to drive its vehicle manually from one target to the next, getting in and out of the vehicle every time. Finally, at the end of his journey he has to bring the vehicle back to the depot, unpack it and in the end leave the depot for his home.

Many potential optimization points can be seen in the delivery procedure. Unnecessary journeys and routes for the delivery person are to be reduced, thus more parcels are to be

delivered reliably within a shorter time, and delivery staff are to be relieved effectively. As an interactive, intelligent system for autonomous remotely monitored vans in parcel logistics, the project VanAssist includes not only the autonomously driving motion board [10] but also a complete software solution for calculating optimal delivery routes and flexibly controlling the vehicle. As a result of the project, a demonstrator is being developed that will realistically depict the functionality of future series-produced vehicles and can serve as a basis for series development.

Future deliveries are to be made in so-called rendezvous mode. The vehicle will be able to cover the distance from the depot to the delivery area autonomously, with the delivery driver only joining the vehicle at a defined meeting point. At a stopping point previously defined via route optimization, the delivery driver picks up the parcels that he can deliver on foot in the immediate vicinity. For example, while the delivery driver is delivering several parcels in an area that is impassable or can only be reached by a detour, the vehicle moves independently to the next stop and waits there for the delivery driver. In the meantime, the driver can use an indoor navigation system to guide him or her along the best route through an office building to the next meeting point with the vehicle.

Because the delivery person and the vehicle are always in contact via a secure communication unit, the vehicle can be flexibly directed at any time to a different stopping point than the one originally specified. In addition, the vehicle is in continuous contact with a so-called control center so that problems can be dealt with without the delivery person having to intervene. As a result, unnecessary driving and walking distances of the delivery person should be reduced and thus more parcels should be reliably delivered within a shorter period and delivery persons should be effectively relieved.

In this context, the Institute for Reliable Embedded Systems and Communication Electronics (ivESK) at Offenburg University of Applied Sciences is developing a flexible and secure communication architecture for the overall system communication in the project. Existing and established protocols are used to connect the individual system components. In such a distributed and security-critical system, it is also necessary to secure the communications and interactions between the participants against attacks and manipulation from the outside. This task was also handled by ivESK.

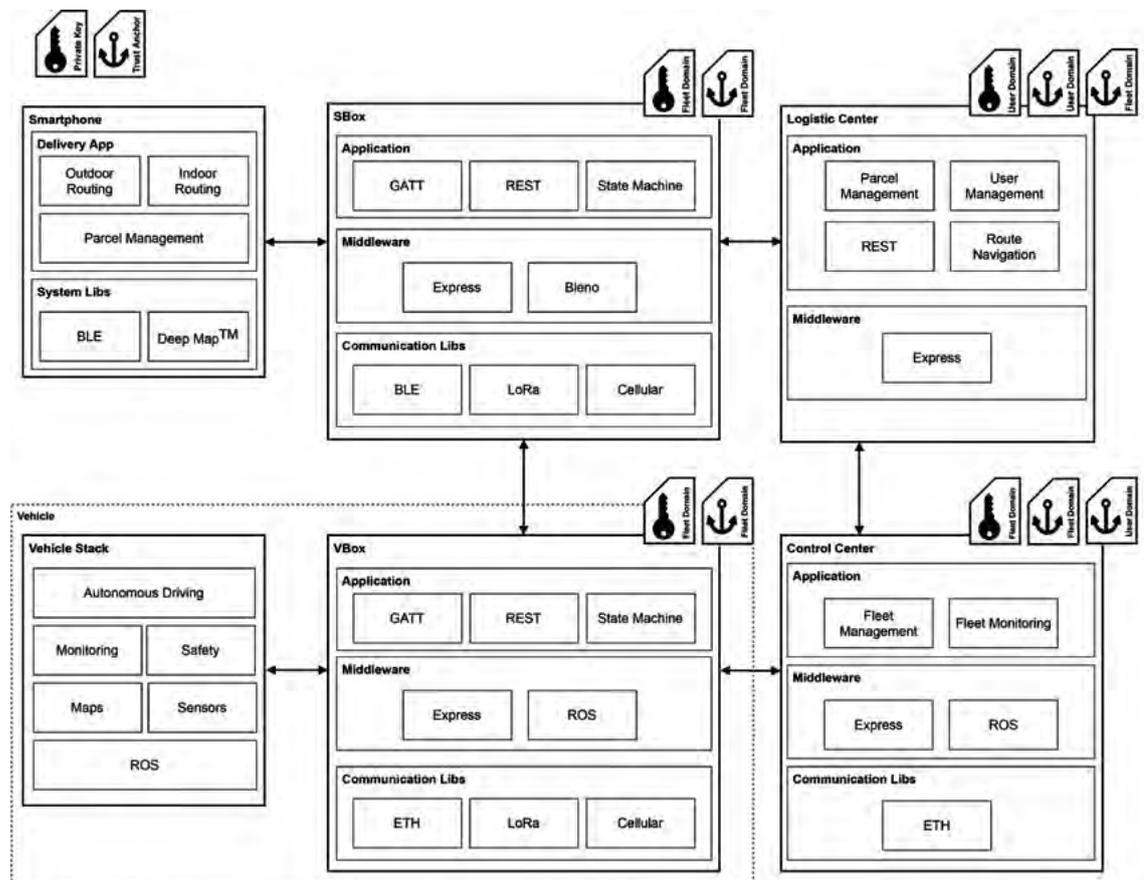


Fig. 1: Parcel delivery communication and security architecture

In addition to the international parcel and express service DPD, VanAssist is backed by the Lower Saxony Research Center for Vehicle Technology (NFF) of the Technical University of Braunschweig, the Technical University of Clausthal and the University of Mannheim as scientific project partners, as well as BridgingIT GmbH, IAV GmbH, Ibeo Automotive Systems GmbH and ZENTEC GmbH as industry partners.

Secure Communication Architecture

As described before, the ivESK provides a secure and reliable communication architecture and infrastructure amongst the network participants. The overall architecture of the systems is composed of different entities, roles and communication paths. Figure 1 shows the simplified overall architecture of the anticipated parcel delivery system.

Roles and Entities

The system consists of several main entities and roles. It includes backend services for the management and control tasks, and local devices such as a smartphone that makes the courier communicate with the overall system or the autonomous car of course.

The Courier, at first is responsible for delivering parcels at their destination. To keep track of the delivery route and to maintain the tour he interacts with a smartphone app (c. f. Figure 2). With this app on the one hand he can communicate with the autonomous car and on the other hand he can interact with backend services to e.g. to exchange parcel or route related information.



Fig. 2:
Example screen of the smartphone app (developed by University of Mannheim and BridgingIT GmbH)

Logistic Center forms one part of the system architectures backend. It represents two main functions: forecasting system and the management system. The main task of the forecasting system is to calculate the optimal route for the driver and the vehicle. The management system on the other hand provides real-time delivery data.

Control Center is the second part of the backend. It acts as a supervisor for the fleet of autonomous vehicles and continuously monitors the vehicles states. In case of a problem the Control Center can step in and support the autonomous car by retrieving its sensor data, evaluate the situation and try to solve it.

The Vehicle carries the parcels near their destination. Then the courier picks up some of them and delivers them on foot. He then calls the vehicle to move to the new destination automatically.

The communication itself takes place using so-called ComBoxes. A ComBox is a special communication device that serves as an abstraction of the overall system communication. It can be seen as kind of gateway into the secure network. Each courier and each vehicle in the system gets equipped with such a ComBox whereas a courier's ComBox is called SBox and a vehicle's ComBox VBox (c. f. Figure 3, page 104).

Service Domains

According to the employed approach, the roles and entities described above form a set of different service domains. A User Domain includes the use case specific components that make use of an autonomous fleet. In the example, this is the Control Center of the parcel service and its subcomponents involved. One of the subcomponents is the smartphone app that implements the use case specific behavior.

Another domain is the Fleet Control Domain. It is responsible to control and manage a fleet of autonomous vehicles that can be accessed by the User Domain. The Fleet Control Domain consists of the Control Center as the general coordinator of the fleet and the ComBoxes as the gateway to the domain.

The autonomous vehicles themselves form the last domains, the Vehicle Domain. The Vehicle Domain allows any vehicle manufacturer to prepare its vehicles to be part of the proposed systems as long as it sticks to the VBox interface to which it has to connect.

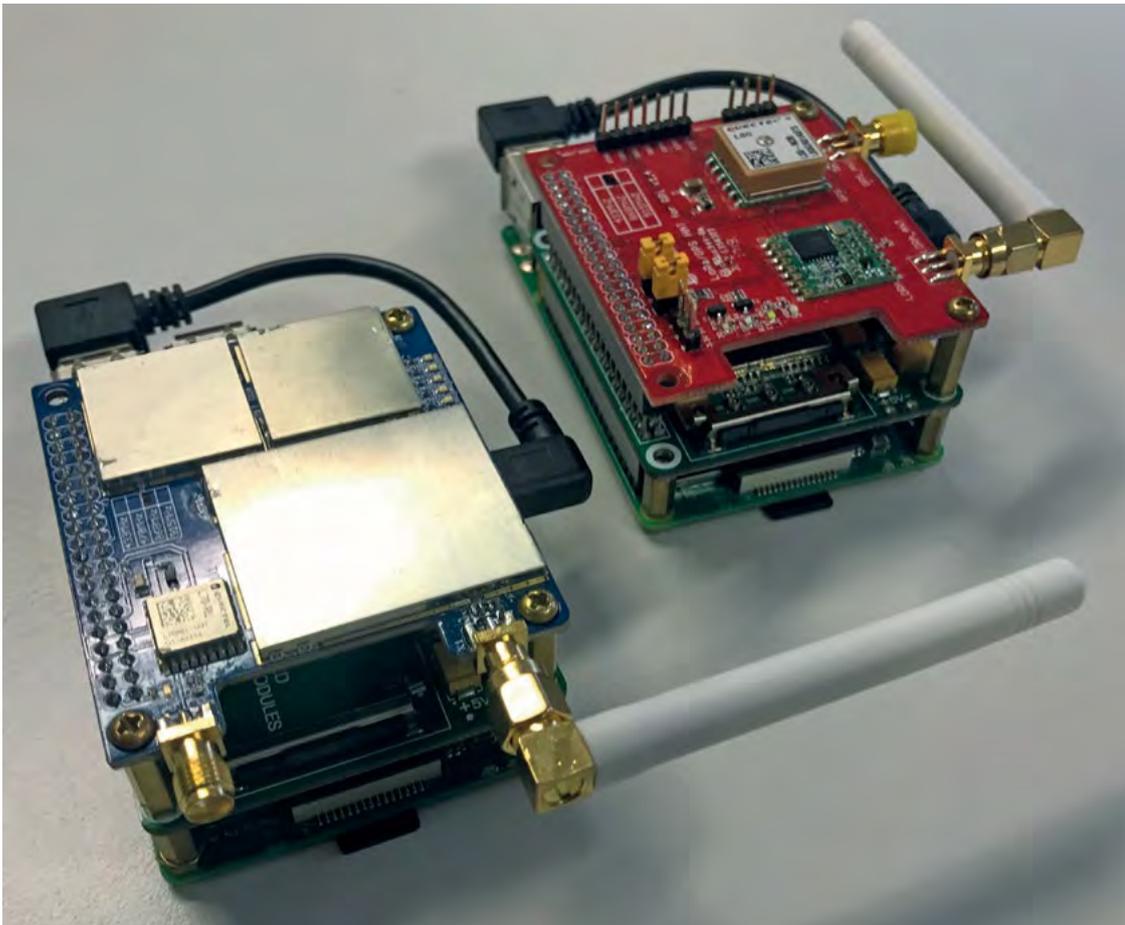


Fig. 3:
Prototypes of the VBox (l.) and SBox (r.)

Communication Paths

To provide reliability of the network, the overall communication between a courier and his vehicle splits into a primary communication and a secondary communication using different technologies and protocols. While the primary communication is the main communication path used, the secondary communication serves as a fallback that only takes place when connection problems occur on the primary path. Furthermore, the secondary path only allows a subset of the available commands to prevent security risks.

On the other hand, the backend components, in the example namely the Control Center and Logistic Center, need to be interconnected. Since large scale server infrastructures are anticipated, a Wide Area Network (WAN) is considered here.

Communication Protocols

The communication architecture uses different technologies and protocols between the several entities. The Bluetooth Low Energy (BLE) protocol serves as a short-range communication in the system to connect the courier

and its SBox using a well-defined GATT (Generic Attribute Profile) based interface.

The primary and secondary communication paths both base on long-range communications. The primary path connects to a cellular network whereas the secondary communication channel sets up a dedicated LoRaWAN network between the courier and a vehicle to make this fallback independent from other service providers.

Security

The security architecture of the communication system is designed in a way that it meets two main requirements. On the one hand, of course, it shall be secure e.g. to avoid some intruder systems to control any of the fleets vehicles. On the other hand, it shall be flexible enough so that the system can be easily integrated and extended, so that it can fit to other use cases as well. E.g., any fleet management provider shall be usable by any service provider such as parcel delivery.

To fulfill those requirements, the architecture consists of different security domains analog to the user domains, which makes it able

to merge the system into other use cases seamlessly. The separation into different security domains allows users (in the use case: Logistic Center) to have their own security domain while the fleet management center itself (in the use case: Control Center) acts within another security domain. The security reference between the entities is established by a smart combination of so-called trust anchors and private secrets that need to be exchanged between the components and by the usage of dynamic security tokens. According to [11], trust anchor is “an established point of trust (usually based on the authority of some person, office, or organization) from which a certificate user begins the validation of a certification path.”

To avoid large efforts while setting up or changing/extending a system, the introduced approach only requires the main components of the User and the Fleet Domain (in the example namely Logistic Center and Control Center) to exchange security information during setup. It does not require that each component is aware of the security information of the components of the other domains (e.g. every ComBox needs security information from Control Center).

Ongoing Activities and Future Outlook

After the development phase, VanAssist is currently integrating the project components: The demonstrator is being assembled on the campus of the Technical University of Braunschweig, where the test track for demonstrating the functions of the fully autonomous delivery vehicle is also located. The vehicle is

expected to be fully operational by m/o the year, with the final presentation scheduled for summer 2021.

Acknowledgment

This work results from the joint project “VanAssist - Interactive, intelligent system for autonomous telemonitored vans in parcel logistics” and has been funded by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure based on a resolution of the German Bundestag.

AUTOREN



Dipl.-Inform. (FH) Manuel Schappacher
Akademischer Mitarbeiter, Institut ivESK
manuel.schappacher@hs-offenburg.de



Saeed Abdlinezhaad M.Sc.
Akademischer Mitarbeiter, Institut ivESK
saeed.abdlinezhaad@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora
Wissenschaftl. Leiter ivESK, Lehrgebiete:
Kommunikationsnetze, Bussysteme und
Schnittstellen, eingebettete u. industrielle
Netzwerke
axel.sikora@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] E. Morganti, S. Seidel, C. Blanquart, L. Dabanc, and B. Lenz, “The impact of e-commerce on final deliveries: alternative parcel delivery services in france and germany,” *Transp. Res. Procedia*, vol. 4, pp. 178–190, 2014
- [2] A. K. Dieke, R. Arnold, C. Bender, A. Hillebrand, A. Niederprüm, S. Taş, S. Thiele, and J. Wielgosch, “Development of cross-border e-commerce through parcel delivery,” *Study for the European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*, 2019
- [3] C. C. Murray and A. G. Chu, “The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery,” *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 54, pp. 86–109, 2015
- [4] M. Poeting, S. Schaudt, and U. Clausen, “A comprehensive case study in last-mile delivery concepts for parcel robots,” 2019 Winter Simulation Conference (WSC), National Harbor, MD, USA, pp. 1779–1788, 2019
- [5] A. Buchegger, K. Lassnig, S. Loigge, C. Mühlbacher, and

- G. Steinbauer, “An autonomous vehicle for parcel delivery in urban areas,” 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Maui, HI, pp. 2961–2967, 2018
- [6] F. Wang, F. Wang, X. Ma and J. Liu, “Demystifying the crowd intelligence in last mile parcel delivery for smart cities,” *IEEE Netw.*, vol. 33, no. 2, pp. 23–29, March/April 2019
- [7] Y. O. Scherr, B. A. Neumann-Saavedra, M. Hewitt, and D. C. Mattfeld, “Service network design for same day delivery with mixed autonomous fleets,” *Transp. Res. Rec.*, vol. 30, pp. 23–32, 2018
- [8] Y. Kondratenko and L. P. Klymenko, “Comparative analysis of evaluation algorithms for decision-making in transport logistics,” *Stud. Fuzziness Soft Comput.*, vol. 312, pp. 203–217, January 2014
- [9] Y. Kondratenko, G. Kondratenko, I. Sidenko, and M. Taranov, “Fuzzy and evolutionary algorithms for transport logistics under uncertainty,” *Proceedings of the INFUS 2020 Conference, Istanbul, Turkey*, pp.1456–1463, July 21–23, 2020
- [10] <https://motionboard.de>
- [11] Internet Security Glossary, Version 2 (RFC 4949), August 2007

Narrowband Wireless Wide Area Networks: Erweiterte Testumgebung

Sebastian E. Jubin M.Eng., Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Axel Sikora

Um die vielfältigen Anforderungen hinsichtlich großer Reichweite, schmaler Bandbreite und geringer Leistung vieler Anwendungsfälle im Internet of Things (IoT) und in der Industrie 4.0 zu erfüllen, wurde das Narrowband Wireless WAN (NBWWAN) eingeführt. Für Tests und Messungen dieser Netzwerke, die in einer räumlich verteilten Umgebung arbeiten, gilt es verschiedene Herausforderungen zu adressieren. Dieser Artikel beschreibt eine erweiterte Testumgebung für automatisierte Tests der Funkkommunikation und für systematische Messungen der Leistung von NBWWAN, die am Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) entwickelt wird.

To meet the diversified requirements in terms of long range, narrow bandwidth, and low power of many Internet of Thing (IoT) and Industry 4.0 use cases the Narrowband Wireless WAN (NBWWAN) introduced. There are various challenges to be addressed for tests and measurements of these networks, which operate in a spatially distributed environment. This article describes extended test environment for automated testing of radio communication and for systematic measurements of the performance of NBWWAN, which is developed at the Institute of Reliable Embedded Systems and Communication Electronics (ivESK).

Narrowband Wireless Wide Area Networks (NBWWAN)

Wireless communication technologies play a major role to enable megatrends like Internet of Things (IoT) and Industry 4.0. To meet the long range and low power requirements of spatially distributed wireless communication use cases, many new wireless technologies are introduced during last years. Collectively these technologies are referred as Narrowband Wireless Wide Area Networks (NBWWAN) since they operate on narrow bandwidth and mainly target to achieve wide-area coverage. NBWWAN is a novel type of wireless communication wide area networks, designed to allow long range communication to interconnect low-bandwidth and battery-powered devices (connected objects).

In general, NBWWANs may operate in unlicensed and licensed bands. The networks that operate in unlicensed bands are kind of ad-hoc networks. Proprietary solutions are already available in the market, mainly LoRa/LoRaWAN [1], SigFox [2], and MIOTY [3]. LoRa/LoRaWAN [1] is based on chirp spread spectrum (CSS) radio modulation technology [1]. LoRaWAN supports private and public network structures. LoRa based LPWAN technology is widely deployed, as there are many network

operators, network servers, outdoor gateway and end devices are commercially available. SigFox is based on Ultra Narrow Band (UNB) modulation technology. The SigFox LPWAN technology is an example of using a slow modulation rate to achieve longer range. Due to this design choice, SigFox is an excellent option for applications where the system only needs to send small, infrequent amount data. MIOTY is empowered with telegram splitting technology. MIOTY is based on UNB technology with very narrow signal bandwidth (2kHz) to achieve long distance data communication between thousands of IoT Devices and a base station. MIOTY works with standard transceivers.

The cellular technology variants of NBWWANs, being standardized by the 3rd Generation Partnership Project (3GPP) under the umbrella term of cellular IoT (cIoT) [4]. Among them Narrowband Internet of Things (NB-IoT) is getting more traction due to attractive system parameters, energy saving mode of operation with low data rates and bandwidth, and its applicability in 5G use cases. The narrowband versions of cellular technology approaches are with reduced bandwidth and simplified node

and network management mechanisms. Over the last years it emerged as a mobile operator driven, global LPWAN standard, using licensed spectrum on a range of possible bands. It was designed to offer 20dB coverage improvement versus GSM, 12-15 years operation on a single battery charge, low device cost, and compatibility with existing cellular network infrastructure, with the same level of security as LTE. It can be deployed in a variety of frequency bands using a bandwidth of only 200 kHz as a self-contained carrier. A theoretical comparison of various NB-WWAN technologies is given in table 1.

Challenges in testing and performance measurements of NBWWANs

A typical NBWWAN consists of many spatially distributed communication devices, which use wireless communication channels, and which are usually resource constrained. Furthermore, the networks typically have high requirements regarding the reliability. To ensure reliable performance, extensive tests and performance measurements are the key activities during the design and development phases. The wireless communication devices of these networks need to be tested under different reliable channel operation conditions, and these conditions should also be reproducible for better analysis. The devices also need to be tested in negative scenarios in the lab to understand its behaviour in such conditions.

Since several technologies are available and because the underlying use cases come with various requirements, it is essential to perform a systematic comparative analysis of competing technologies to choose the right technology. For cellular technologies like NB-IoT only public installation is available and the access to the base station is limited. It is required to have integration of NB-IoT system emulators (with the core and access network).

The main requirements considered in this work to set up the systematic test environment for NBWWANs are [5]:

- It must be flexible and shall provide a systematic environment to test and measure the performance of various technologies identically.
- The environment should have an option to control System Under Test (SUT) remotely. Sometimes tester needs to run test cases without being physically on the same machine with the SUTs.
- The environment needs a centralized control of automation of communication devices, RF environment, and measurement devices.

Parameters	NB-IoT	LoRa/ LoRaWAN	SIGFOX	MIOTY
Coverage	< 22 km	< 14 km	< 17 km	<15 km
Frequency Spectrum	licensed	ISM band	ISM band	ISM band
Signal Bandwidth	180 kHz	125kHz	0.1 kHz	2kHz (UNB)
Data Rate	200 kbps	10 kbps	10 bps	2.4 kbps
Messages per day	unlimited	unlimited	limited	unlimited
Open Standard	partial	yes	partial	no
Deployments	widely	widely	widely	a few
Interference Immunity	very high	low	moderate	moderate

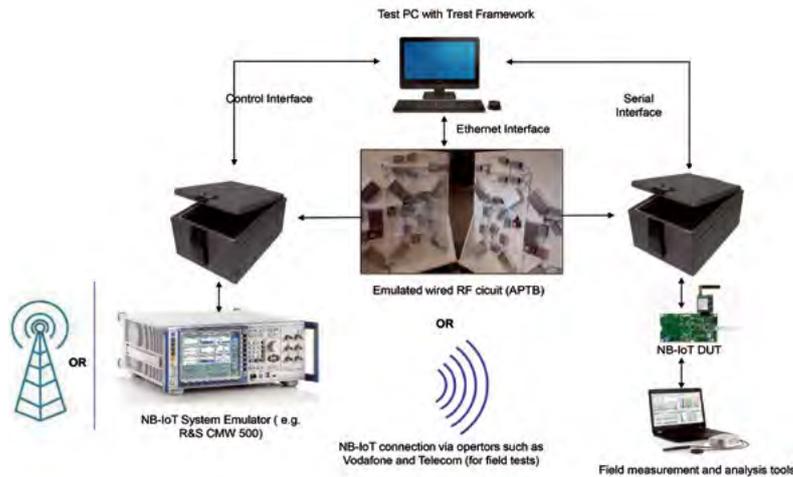
Tab. 1:
Theoretical comparison of NBWWAN technologies

- The environment needs to have an option to deliver control information and messages to the SUT without direct usage of specific communication interfaces.
- The environment should have systematic performance measurement and analysis options.

Extended Systematic Test Environment of NBWWAN

The testing and validation of these technologies before deployment are essential. For systematic testing, it is essential to test these technologies in a laboratory environment that emulates an RF environment that comes very close to the real structure. The testing will also complete only with free field tests, which also introduces different challenges. The systematic test environment for NB-IoT is set up both in the laboratory emulated testbed and in field testbed. The overall structure of the extended test environment is shown in Fig. 1. An emulated testbed is developed by the authors' institute, which is called Automated Physical Testbed (APTb) [6]. It is extended with the integration various NWWANs end devices, Gateway / Base station, and test solutions to support various test and measurements of NBWWANs. This systematic test environment is capable of (1) test scenario description and automated test execution, (2) automated control of emulated RF environment, (3) automated control of communication devices, and (4) automated control of measurement devices and analysis tools.

The initial step in testing process is to describe the test scenario and the behavior description of various elements. The definition of static and dynamic test scenario and the control of the spatially or logically separated networks use scripting languages quite often. A significant effort goes into the definition of the notation. Therefore, the proposed automated infrastructure shall use a given testing and test control notation, like Testing and Test Control Notation version 3 (TTCN-3). For description of test cases and



automated test execution, we have developed a TTCN-3 test framework. The eclipse titan framework provides unified environment for test case description and test execution [10].

In order to set up NBWWAN test environment we have various corresponding set of communication devices. We have obtained the commercially available communication devices of NBWWAN, they are basically of two types, base stations (some cases it is referred as gateway) and end devices. Depending upon the underlying wireless connectivity protocols, the end devices can be of various types such as fully functional device or reduced functional devices. These networks are used to monitor physical or environmental conditions like sound, humidity, pressure, temperature and co-operatively pass data through the network to a main location. In most of the cases, the end device has significant capabilities to cope with failures. The base station establishes connection with other networks or a remote monitoring entity to perform data monitoring and remote control.

To systematically test the cellular technologies in laboratory environment, it is essential to have access to the complete system (especially to the base station), which is practically challenging with the real network deployment scenario. So, for systematic testing NB-IoT systems, we have integrated an NB-IoT System Emulator from Rohde & Schwarz, the CMW 500 Wideband Radio Communication Tester (CMW 500) [7], which can emulate the NB-IoT Core Network (CN) and Radio Access Network (RAN) features and can be used as base station (eNodeB) to attach the various User Equipments (UEs). With the integration with emulated testbed, the APTB, various channel conditions can be systematically created. A bidirectional RF connection is established, with which both the

downlink and the uplink signal, can synchronize between the CMW 500 and Device Under Test (DUT). The downlink signal is used to transfer signaling messages and user data to the DUT. The DUT transmits an uplink signal that the eNodeB can receive, decode, and analyze. With the help of various test options available with the emulated test system, different measurements are recorded, and post-processed.

We have also extended the performance measurements to field environment to collect the real measurement data. The field test setup consists of a sophisticated measurement tool from Rohde & Schwarz, called ROMES and TSMA Scanner [8] along with the various NB-IoT devices as DUT. ROMES is a Windows PC application, which is capable to support NB-IoT modems from different vendors. It also allows the configuration of the DUT and the collection of measurement data for the different test cases, such as various RF metrics, NB-IoT specific metrics, Random Access metrics, etc. For the various test cases, measurements of various metrics are recorded at different measurement points. In field tests, this device initially performs a network attach, and after that, it transmits and receives UDP packet to and from a server. For the post-processing, Network Problem Analyzer (NPA) software is used [8].

Fig. 1: Structure of extended systematic test environment of NBWWANs

Overview of NBWWAN Test capabilities

For NBWWAN, using this systematic test environment, functional/system tests, performance measurements and protocol verification are performed. To systematically compare the competing NBWWAN technologies, identical test cases are executed in our systematic environment. In our test and measurement campaign we selected various identical metrics to systematically compare the performance.

The test cases for NBWWANs functional tests are mainly network establishment, network stability, routing, payload flexibility, co-existence behavior, capacity and scalability, power saving mechanisms analysis. Performance measurements are performed mainly for RF coverage, signal quality metrics, packet loss rate, throughput, latency, power consumption etc.

For test and measurements, we encapsulate the SUT devices in to shield boxes. The SUT devices are shielded from each other so that very less communication occurs over air. With the SMA antenna connector the SUT is connected

Referenzen/References:

- [1] LoRa Alliance, <https://www.lora-alliance.org/>
- [2] SigFox, <https://www.SIGFOX.com/en>
- [3] MIOTY Alliance, <https://mioty-alliance.com/>
- [4] 3GPP, <http://www.3gpp.org/specifications/releases>
- [5] E. Jubin Sebastian, J. M. Jose, M. Schappacher, and A. Sikora, "Seamless test environment for distributed embed-ded wireless networks," in 2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and In-formatics (ICACCI), 2017, pp. 681–686
- [6] A. Sikora, E. Jubin Sebastian, A. Yushev, E. Schmitt, and M. Schappacher, 'Automated Physical Testbeds for Emulation of Wireless Networks', MATEC Web of Conferences, vol. 75, p. 06006, 2016
- [7] Rohde & Schwarz, CMW 500, https://www.rohde-schwarz.com/de/produkt/cmw-500-produkt-startseite_63493-10341.html
- [8] Rohde & Schwarz, NB-LoT Test Solutions, https://www.rohde-schwarz.com/nl/solutions/test-and-measurement/wireless-communication/iot-m2m/nb-iot/nb-iot-theme_234030.html
- [9] E. Jubin Sebastian, A. Sikora, "Performance Measurements of Narrow Band-LoT Network in Emulated and Field Testbeds," The 10th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, 18-21 September 2019, Metz, France
- [10] E. Jubin Sebastian, A. Sikora, M. Schappacher, and Z. Amjad, "Test and Measurement of LPWAN and Cellular IoT Networks in a Unified Testbed," INDIN IEEE International Conference special session on 5G for Vertical Industry Services, Jul. 2019
- [11] A. Yushev, M. Schappacher, and A. Sikora, "Titan TTCN-3 Based Test Framework for Re-source Constrained Systems," MATEC Web of Conferences, vol. 75, p. 06005, 2016
- [12] E. Jubin Sebastian, A. Sikora, "Advances in the Automated Test and Measurement Infra-structure of Narrow-band Wireless WAN", International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT), 5-6 July 2019, Kannur, India

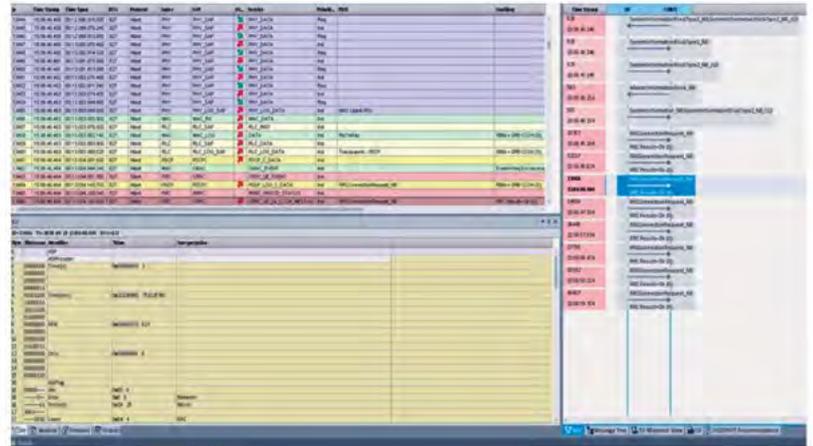


Fig. 2: NB-LoT protocol validation test execution with CMW 500

ted to the emulated RF circuit, depending on the test scenario various measurement/ analysis tools connected to the SUT or in the emulated RF environment. To perform automated test and measurements various configurations need to be done. In general, there are three levels of configuration, such as control of emulated RF conditions, SUT and measurement devices. Depends upon the various test cases various RF conditions are created. To fully automate the test execution and statistics collection a set of open interfaces and statistics are needed from the underlying SUT's software. This test interfaces allows the test framework to control the state machines of the SUT and their observation of the states and the generation of statistics (e. g. packet error rate, timing).

Protocol verification is mainly performed for NB-LoT, with the help of the Medium Layer API (MLAPI) protocol tester available in CMW500. This MLAPI test case package consists of scenarios like Initial Access, NB-LoT Radio Resource Control (RRC) and Non-Access Stratum (NAS) procedures, NB-LoT Medium Access Control (MAC) procedures, and NB-LoT Layer 1 procedures. Detailed reporting of performance measurement results using this test environment for NBWWANs are available in [9],[10]. An overview of NB-LoT protocol validation test execution and result analysis environment is shown in Fig 2.

Summary & Outlook

To address the need for systematic and fully automated test and measurement environment for spatially distributed NB-LoT networks, a systematic test and measurement environment is built, and the entire architecture and an overview of sample test results are described in this article. Our test campaign of NBWWAN showed the value of this infrastructure for comparison of competing spatially distributed wireless networking technologies. This environment is extensively used for various test campaign by the authors. Currently work in progress towards integration of 5G system emulator and User Equipment in this test environment.

AUTOREN



Sebastian E. Jubin M.Eng.
Akademischer Mitarbeiter ivESK
sebastian.jubin@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora
Wissenschaftl. Leiter ivESK, Lehrgebiete:
Kommunikationsnetze, Bussysteme und
Schnittstellen, eingebettete u. industrielle
Netzwerke
axel.sikora@hs-offenburg.de



Fraunhofer ISE-Neubau
Zentrum für höchst-
effiziente Solarzellen

Innovative Konzepte für innovative Kunden

Industrie – Forschung – Kommunen

Unsere Leistungen:

- / Nutzungskonzepte
- / Gebäudeplanung
- / TGA-Planung
- / Generalplanung

Unser Know-how:

- / Über 30 Jahre Erfahrung
- / Eigene Planungsteams für die Gewerke
- / Heizung-Sanitär-Lüftung-Klimatechnik
- / Elektrotechnik
- / Prozesstechnik
- / MSR-Technik
- / CAD-Konstruktion
- / Neueste 3D-Planungssoftware (BIM)



REHATEC
Technische Gebäudeausrüstung

QMS

Qualitäts-
management
Seit 2005

BIM

Building
Information
Modeling
Seit 2016

REHATEC
Planungsgesellschaft mbH
Im Oberwald 6
79359 Riegel am Kaiserstuhl
www.rehatec.de

REHATEC. Intelligent gelöst.

VdF | Verein der Freunde und Förderer
der Hochschule Offenburg e.V.

**CLICK
CLICK
CHILL**

Der Verein der Freunde und Förderer finanziert regelmäßig studentisch orientierte Hochschulprojekte mit, wie schon das Beachvolleyballfeld. Geplant sind z. B. eine Chill-out-Area oder das Campus Open Air im Sommer. Unterstützen können Sie den VdF schon beim Onlineshopping. Wählen Sie über den Link bildungsspender.de/vdf-offenburg Ihren gewünschten Shop aus und ein kleiner Prozentsatz Ihres Einkaufs wird automatisch an den Verein gespendet. Sie haben keine Mehrkosten!

Geht auch mit Amazon: smile.amazon.de/ch/14-047-50210
Oder einfach den QR-Code scannen.



Shoppen und mit zwei Klicks spenden. Chillig, oder?
Mehr erfahren und Mitglied werden: verein-der-freunde.hs-offenburg.de



www.klocke.com

Wir suchen:

**PRAKTIKANT (PFLICHTPRAKTIKA)/
STUDENTISCHE HILFSKRAFT FÜR**

1. die Qualitätskontrolle
2. das Qualitätsmanagement

QUALIFIKATION:

Student/in des Studiengangs
Verfahrenstechnik, Biotechnologie
oder ähnlicher Studiengang



Klocke Pharma-Service GmbH, Personalabteilung, Straßburger Str. 77, 77767 Appenweier
susanne.bruder@klocke-pharma.de



Peter-Osypka-Institut für Medizintechnik – POIM

2017 wurde der POIM-Neubau fertiggestellt

Im Dezember 2020 wurde das Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation (POI) in das Peter-Osypka-Institut für Medizintechnik (POIM) umgewandelt. Das POIM ist der Forschung und Entwicklung von Produkten mit medizinischer Zweckbestimmung, die für die Anwendung beim Menschen bestimmt sind, gewidmet. Mit der Umbenennung und Neustrukturierung wird nun ein erweitertes Spektrum der Medizintechnik im Institut abgedeckt.

Folgende Arbeitsgruppen sind dem POIM zugehörig:

- Chirurgische Navigation und Augmented Reality (Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe)
- Elektrostimulation und Ablation (Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber)
- Kardiovaskuläre Medizintechnik und Rhythmologie (Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke)
- NeuroAkustik (Prof. Dr. rer. biol. hum. Stefan Zirner)
- NeuroScience (Prof. Dr. med. Andreas Otte)

Im Zentrum der wissenschaftlichen Arbeit im Bereich Chirurgische Navigation und Augmented Reality steht die Entwicklung neuer Technologien zur Unterstützung computergestützter chirurgischer Eingriffe. Dabei kommen auch Augmented-Reality-Brillen zum Einsatz, um dem Chirurgen ortsgenaue Einblendungen direkt im Operationssitus zur Verfügung zu stellen.

Der Schwerpunkt der Forschung im Bereich Elektrostimulation und Ablation liegt auf der stetigen Verbesserung der Diagnostik und Therapie von Herzerkrankungen. Darüber hinaus werden didaktische Lösungen für Lehr- und Lernmittel zur Elektrotherapie des Herzens in Zusammenarbeit mit der Pädagogischen Hochschule Freiburg entwickelt.

Der Forschungsschwerpunkt der Arbeitsgruppe für Kardiovaskuläre Gerätetechnik und Rhythmologie liegt auf der Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen, Herzinsuffizienz und kardiovaskulärer Erkrankungen sowie das Offenburger Herzrhythmusmodell mit den Schwerpunkten kardiovaskuläres Engineering, kardiovaskuläre Informatik, kardiale Rhythmologie, biomechanische Stimulation und Neurostimulation.

Im Fokus der Forschung im Bereich NeuroAkustik steht das vertiefte Verständnis des Hörsystems des Menschen – auch in Interaktion mit anderen Sinnesorganen. Ziel ist es, Diagnostik und Therapie von Schwerhörigkeit, beispielsweise mit Hörgeräten oder Cochlea-Implantaten, weiter zu verbessern. Dabei kommen Methoden der Signalverarbeitung, der technischen und audiologischen Akustik, der Elektrotechnik und Informatik zum Einsatz.

Im Zentrum der Forschung der Arbeitsgruppe NeuroScience steht derzeit die Entwicklung neuer intelligenter Neuroprothetik-Ansätze vornehmlich für die Hand. Zum Einsatz kommen dabei 3-D-Computer-Aided-Design (CAD), Multimaterial-Polymerdruck, Finite-Elemente-Methode (FEM), Deep-Learning und Augmented-Reality-Methoden.

Mit solch einem breiten Portfolio im zukunfts-trächtigen Bereich der Medizintechnik und guter Vernetzung mit der Industrie sieht sich das POIM gut aufgestellt. In allen Arbeitsgruppen werden regelmäßig Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten sowie Doktorandenstellen ausgeschrieben. Interessierte Studierende (nicht nur der Medizintechnik) können sich jederzeit gern melden.

Institutsleitung

Prof. Dr. rer. biol. hum. Stefan Zirner

Entwurf eines einfachen Messaufbaus zur Bestimmung der Durchlaufzeit von Hörgeräten

Julian Angermeier M.Sc., Niels Würz B.Sc., Sebastian Roth M.Sc., Prof. Dr. rer. biol. hum. Stefan Zirn

Schwerhörigkeit ist gerade in der alternden Gesellschaft ein wachsendes Problem. Häufig ist der Hörverlust auf beiden Ohren unterschiedlich stark ausgeprägt. In solchen Fällen kann die apparative Versorgung mit unterschiedlichen Hörsystemen helfen, beispielsweise mit einem Cochlea-Implantat auf der einen und mit einem Hörgerät auf der anderen Seite. Solch eine Konfiguration wird im Folgenden als bimodale Versorgung bezeichnet. Aufgrund seitenverschiedener Signalverarbeitung, den verschiedenen Stimulationsorten und bisher nicht vorhandener Synchronisation der Geräte kommt es bei bimodalen Konfigurationen meist zu einem statischen Zeitunterschied bei der Stimulation der rechten gegenüber der linken Hörbahn. Eigene vorangegangene und bereits publizierte Studien haben gezeigt, dass durch technische Kompensation dieses Zeitversatzes die Schalllokalisationsfähigkeit der Betroffenen verbessert werden kann. Für die Kompensation ist die messtechnische Bestimmung der Durchlaufzeit von Hörgeräten Voraussetzung. Am POIM wurde ein simpler Messaufbau basierend auf einem Arduino DUE Mikrocontroller-Board entwickelt, der diese Aufgabe mit hoher zeitlicher Präzision bei kurzer Messzeit erledigt.

Hearing loss is a growing problem, especially in an aging society. Hearing loss is often pronounced to different degrees in both ears. In such cases, the use of different hearing systems, for example a cochlear implant on one side and a conventional hearing aid on the other, can help. Such a configuration is referred to below as bimodal provision. Due to the different signal processing, the different stimulation sites and the lack of synchronization between the devices, bimodal configurations usually result in a static time difference between the stimulation of the right and the left auditory pathway. Our own previous and published studies have shown that sound localization can improve in such listeners when this device delay mismatch is reduced. To perform such an adjustment, the hearing aid processing delay must be determined by measurement. For this purpose, a measuring table based on an Arduino DUE microcontroller board was developed at the POIM with which hearing aid processing delays can be measured quickly with high temporal precision.

Einleitung

Dank seiner zwei Ohren ist der Mensch in der Lage, die Schalleinfallrichtung mit hoher Präzision wahrzunehmen. Je nach Schallsignal ist eine Winkelauflösung von bis zu 1° möglich. Dazu wertet das menschliche Gehör neben spektralen Differenzen auch Pegel- und Laufzeitunterschiede der Ohrsignale aus. Fällt Schall beispielsweise aus 90° von rechts ein, so erreicht das Schallsignal das zugewandte rechte Ohr ca. 700 µs vor dem abgewandten linken Ohr. Solche interauralen Zeitunterschiede (Interaural Time Differences - ITD) sind bis ca. 10 µs wahrnehmbar – eine beeindruckende Zeitauflösung [1].

Etwa 16 % der erwachsenen Gesamtbevölkerung in Deutschland ist schwerhörig [2]. Oft mündet die Behandlung von Schwerhörigkeit in der apparativen Versorgung der Ohren mit Hörgeräten oder Hörimplantaten, um die lautsprachliche Kommunikation der Betroffenen zumindest eingeschränkt zu ermöglichen. Eine in Zentren für Cochlea-Implantation häufig anzutreffende Konfiguration ist ein Cochlea-Implantat (CI) einerseits und ein konventionelles digitales Hörgerät (HG) auf dem gegenüber liegendem Ohr – im Folgenden als bimodale Versorgung bezeichnet. Vorangegangene Studien im POIM in Zusammenarbeit mit den Unikliniken Freiburg und Heidelberg sowie

Referenzen/References:

[1] W. A. Yost, „Discriminations of interaural phase differences“, *J. Acoust. Soc. Am.*, Bd. 55, Nr. 6, S. 1299–1303, Juni 1974, doi: 10.1121/1.1914701

[2] P. von Gablenz, E. Hoffmann, und I. Holube, „Prävalenz von Schwerhörigkeit in Nord- und Süddeutschland“, *HNO*, Bd. 65, Nr. 8, S. 663–670, Aug. 2017, doi: 10.1007/s00106-016-0314-8

[3] J. M. Wess, D. S. Brungart, und J. G. W. Bernstein, „The Effect of Interaural Mismatches on Contralateral Unmasking With Single-Sided Vocoders“, *Ear Hear.*, Bd. 38, Nr. 3, S. 374–386, 2017, doi: 10.1097/AUD.0000000000000374

[4] S. Zim, S. Arndt, A. Aschendorff, und T. Wesarg, „Interaural stimulation timing in single sided deaf cochlear implant users“, *Hear. Res.*, Bd. 328, S. 148–156, Okt. 2015, doi: 10.1016/j.heares.2015.08.010

[5] S. Zim, J. Angermeier, S. Arndt, A. Aschendorff, und T. Wesarg, „Reducing the Device Delay Mismatch Can Improve Sound Localization in Bimodal Cochlear Implant/Hearing-Aid Users“, *Trends Hear.*, Bd. 23, S. 233121651984387, Jan. 2019, doi: 10.1177/2331216519843876

[6] Atmel, „ATMEL SAM3X / SAM3A Series Datasheet“. März 23, 2015

[7] D.-A. Huh, Y.-H. Choi, M. S. Ji, K. W. Moon, S. J. Yoon, und J.-R. Sohn, „Comparison of Pure-Tone Average Methods for Estimation of Hearing Loss Caused by Environmental Exposure to Lead and Cadmium: Does the Pure-Tone Average Method Which Uses Low-Frequency Ranges Underestimate the Actual Hearing Loss Caused by Environmental Lead and Cadmium Exposure?“, *Audiol. Neurotol.*, Bd. 23, Nr. 5, S. 259–269, 2018, doi: 10.1159/000494049

[8] H. R. Staff, „Acceptable Processing Delay in Digital Hearing Aids - Hearing Review“. <https://www.hearingreview.com/practice-building/practice-management/acceptable-processing-delay-in-digital-hearing-aids> (zugegriffen März 03, 2021)

dem Hersteller von CI-Systemen MED-EL Elektromedizinische Geräte GmbH aus Innsbruck haben gezeigt, dass es bei bimodaler Cochlea-Implantat (CI) / Hörgerät (HG)-Versorgung typischerweise zu einem interauralen zeitlichen Versatz der beidseitigen Stimulation kommt, der die ITD überlagert [3], [4]. Der Höreindruck über das CI eilt bei den Implantaten von MED-EL dem Höreindruck über das HG zwischen 1 und 10 ms voraus, abhängig vom verwendeten HG-Typ. Der Zeitversatz ist also häufig um ca. eine Größenordnung größer als die maximalen ITD. Im Jahr 2019 konnten wir zeigen, dass eine Reduktion des Zeitversatzes durch adäquate Verzögerung der CI-Stimulation zu einer signifikanten Verbesserung des Schalllokalisationsvermögens bimodaler CI-/ HG-Träger führt [5]. Nach dieser Veröffentlichung hat die Firma MED-EL diese Form der Zeitanpassung in die neueste Generation ihres CI-Systems implementiert. Damit steht dieser neue Anpassparameter klinisch zur Verfügung. Die Frage, wie dieser Parameter patientenindividuell optimal eingestellt werden muss, ist aber noch nicht umfassend beantwortet. Als Orientierungswert zur Verzögerung der CI-Stimulation hat sich die HG-Durchlaufzeit (DLZ) erwiesen, die aber in den Datenblättern aktueller HG üblicherweise nicht aufgeführt wird. Sie beträgt je nach HG-Typ zwischen 3 und 10 ms. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, mit einfachen Mitteln und überschaubarem Aufwand einen eigenen Messaufbau zu entwickeln, der die Vermessung der HG-DLZ schnell und präzise ermöglicht. Zwei Studierende der Medizintechnik haben im Rahmen ihrer Bachelorarbeiten wesentlich zu dem Projekt beigetragen.

Material und Methoden

Der Messaufbau besteht aus einem Messtisch, auf dem das Testmikrofon mit 2-ccm-Kuppler, das Referenzmikrofon sowie ein Lautsprecher zur Stimuluswiedergabe verbaut sind. Beim Test- und Referenzmikrofon handelt es sich um identische Elektretmikrofone, die in jeweils gleichem Abstand zum Lautsprecher montiert sind. Das Hörgerät kann über einen Sockel an einer definierten Stelle platziert werden. Unter dem Messtisch befindet sich die verwendete Elektronik, bestehend aus einem Arduino DUE Mikrocontroller und einem dafür angefertigten Shield (Platine, die auf das Arduino-Board aufgesteckt werden kann). Der fertige Messaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. Im Folgenden werden diese Komponenten detailliert beschrieben.

Messtisch

Der entwickelte Messtisch sowie der Hörgerätesockel wurden mit dem 3-D-Druck aus Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) im Fused-Deposition-Modelling-Verfahren gefertigt. Das verwendete Material besitzt eine hohe Stabilität und Haltbarkeit bei relativ geringen Herstellungskosten (<50 €Materialwert). Der Messtisch enthält Aussparungen für die beiden Mikrofone sowie eine Lautsprecheraufhängung, um definierte Abstände zwischen Schallquelle und Messmikrofonen zu realisieren. Eine einfache Steckverbindung dient zur Anbringung eines Hörgerätesockels, in welchen das HG eingelegt werden kann. Weiterhin ist eine Aussparung für den Drehregler eines 10 kΩ-Potentiometers vorhanden, mit welchem der Stimuluspe-

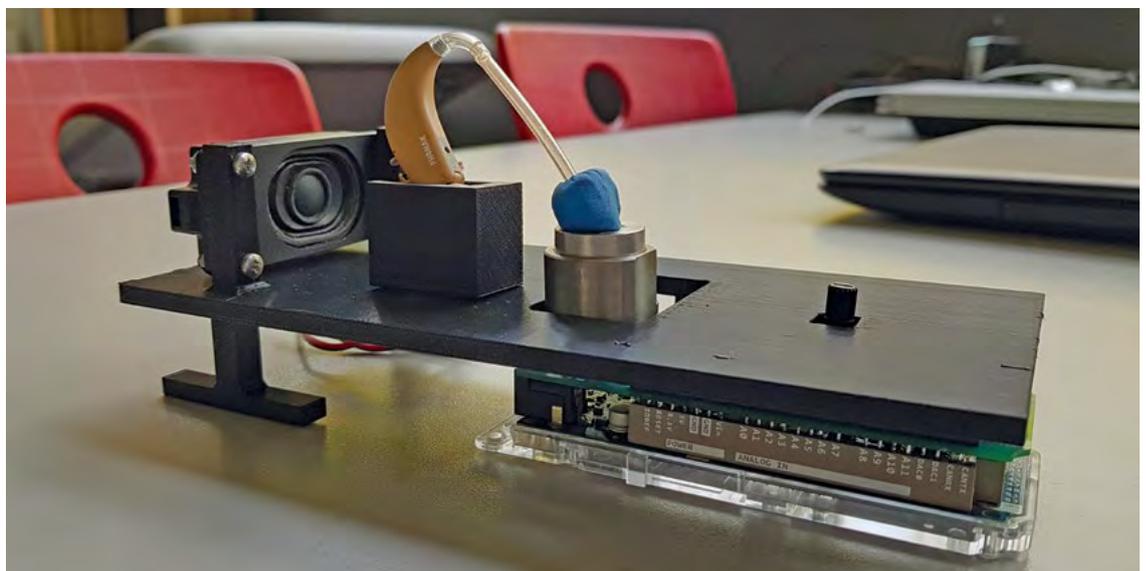
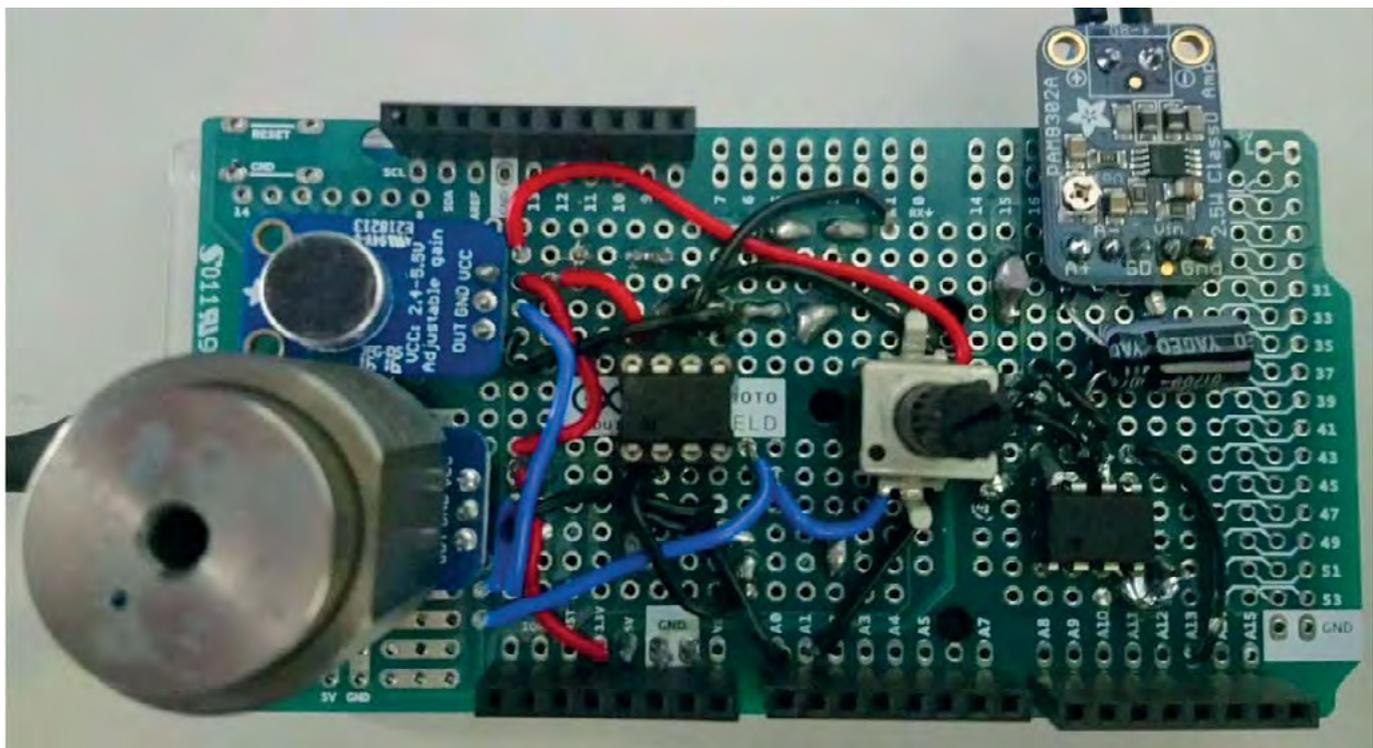


Abb. 1: Messaufbau bestehend aus Messtisch mit Lautsprecher und aufgesetztem Hörgerät. Unter dem Tisch befindet sich der Mikrocontroller mit Shield.



gel variiert werden kann. Zusätzlich wurde ein 2-ccm-Kuppler gemäß IEC 60318-5:2006-08 hergestellt. Die Anfertigung erfolgte in der Mechanikwerkstatt der Hochschule Offenburg. Der Kuppler kann über eine Hülse auf dem verwendeten Testmikrofon platziert werden. Hörgeräte mit Schallschlauch können ohne Weiteres direkt mit dem Kuppler durch Einstecken des Schallschlauchs verbunden werden. Dazu wird ein Schallschlauch mit 2,5 cm Länge verwendet, dessen Schalllaufzeit im Schlauch (75 μ s) aus der resultierenden DLZ herausgerechnet wurde. Hörgeräte mit externem Hörer können beispielsweise mit Typenreiniger mit dem Kuppler verbunden werden.

Elektronik

Kernstück der Elektronik ist ein Atmel SAMX38E ARM [6] Mikrocontroller (μ C) des Arduino DUE. Dieser μ C verfügt über geeignete Analog-Digital (A/D)- und Digital-Analog(D/A)-Wandler sowie 512 kB Flash Memory zur Speicherung der aufgenommenen Signale. Passend zum verwendeten μ C wurde ein Shield entwickelt, auf dem sich die analoge Signalkonditionierung für Einlesen und Ausgabe befindet (siehe Abbildung 2).

Ausgabeseitig wurde eine nicht invertierende Verstärkerschaltung mit variabler Verstärkung verbaut, die zusätzlich noch zur Impedanzwandlung für den D/A-Wandler des μ C dient. Das resultierende Signal wird nach Entfernung des Gleichanteils über einen Audio-Leistungsverstärker skaliert und an den verbauten Lautsprecher übertragen.

Die Aufnahme von Test- und Referenzsignal erfolgt über zwei Elektretmikrofone. Die Mikrofonsignale wurden in ihrer Verstärkung so angepasst, dass sowohl das Referenzsignal als auch das Testsignal, welches durch das HG zusätzlich verstärkt wird, im Arbeitsbereich des 12-Bit A/D-Wandlers des μ C zwischen 0 und 3,3V liegen.

Programmierung

Die Programmierung des ATMEL SAMX38E erfolgte in der Programmiersprache C++. Der Timer Interrupt wurde auf 25 μ s eingestellt, in dem jeweils AD-Wandlungen der Signale des Mess- und des Referenzmikrofons erfolgen. Dies führt zu einer Abtastrate von 20 kHz pro Kanal. Somit können nach dem Nyquist-Shannon-Abtasttheorem Frequenzen bis 10 kHz fehlerfrei eingelesen werden, was für die Analyse der DLZ im PTA4-Frequenzband [7] zwischen 0,5 und 4 kHz ausreichend ist. Quasiparallel wird während jeder AD-Wandlung ein Zufallswert an den DA-Wandler des μ C gesendet, um eine gleichzeitige Ausgabe des Testsignals in Form von weißem Rauschen zu realisieren. Die Berechnung der Amplitudenwerte des Testsignals innerhalb der Interrupt Service Routine hat den Vorteil, dass hierbei im Gegensatz zu vordefinierten Testsignalen kaum Speicher im μ C belegt wird. So bleibt mehr Speicherplatz für die abgetasteten Messwerte beider Messkanäle, die in einem vordefinierten Array abgelegt werden. Sobald die Messung abgeschlossen ist, überträgt der μ C die gespeicherten Messwerte über die serielle Schnittstelle an den Mess-PC. Auf diesem PC erfolgt anschließend die Berechnung der frequenzspezifischen Verzögerung

Abb. 2: Auf einer Lochplatte angefertigtes Shield, das alle notwendigen Schaltungskomponenten enthält. Mit den an Ober- und Unterseite befindlichen Stiftleisten kann das Shield einfach auf das Arduino DUE-Board aufgesteckt werden.

mittels MATLAB. Hierzu werden Test- und Referenzsignal zuerst über eine Butterworth-Bandpassfilterbank achter Ordnung bestehend aus acht Filtern mit Mittenfrequenzen zwischen 0,5 kHz und 4 kHz aufgeteilt. Die Filter sind hierfür so konzipiert, dass ihre Phasenverschiebung für alle Frequenzen bei 0° liegt. Anschließend wird für jedes Frequenzband eine Kreuzkorrelation zwischen Referenzsignal und Testsignal durchgeführt, um die HG-DLZ zu errechnen. Die Anwendung der Kreuzkorrelation hat den Vorteil, dass selbst bei Übersteuerung in den Aufnahmekanälen noch eine hohe Genauigkeit der Messergebnisse erzielt werden kann. Auch gegenüber Störgeräuschen im Raum erwies sich diese Art der Signalanalyse als sehr robust. Abschließend wird die HG-DLZ über der Frequenz grafisch ausgegeben.

Ergebnisse

Erste Messungen mit dem erstellten Messaufbau bei einem Schalldruckpegel von 65 dB (A) wiesen bei 200 Messwiederholungen eine mittlere DLZ von 7,3 ms mit einer Standardabweichung von 0,03 ms für ein HG des Typs Phonak UNA M auf (siehe Abbildung 3).

Um den Arbeitsbereich des Messaufbaus zu spezifizieren, wurden für Pegel zwischen 45 dB (A) und 75 dB (A) jeweils 200 Messdurchläufe durchgeführt. Ab einem Pegel von 50 dB (A) lagen stabile Messbedingungen vor. Sowohl die gemessene DLZ als auch die Standardabweichung blieb auch oberhalb des Pegels von 70 dB (A) stabil, obwohl es hier bereits zu Übersteuerung kam.

Diskussion

Der vorgestellte Messaufbau liefert die (frequenzabhängige) DLZ von HG mit hoher zeitlicher Präzision bei kurzer Messzeit. Die Messergebnisse können dazu genutzt werden, um CI und HG bei bimodaler Versorgung zeitlich aufeinander abzustimmen. Dieser Abgleich setzt neben der HG-DLZ auch das Vorliegen der frequenzspezifischen Verzögerungswerte des vom Patienten getragenen CI-Systems voraus, die in [3] und [4] nachgelesen werden können. Wir konnten zeigen, dass die Verzögerung der CI-Stimulation um die HG-DLZ bei MED-EL-CI-Versorgung zu einer signifikanten Verbesserung der Schalllokalisationsfähigkeit führt [5].

Neben der zeitlichen Anpassung bei bimodaler Versorgung kann mit dem Messaufbau auch der Einfluss verschiedener HG-Vorverarbeitungsalgorithmen auf die DLZ bestimmt werden [8].

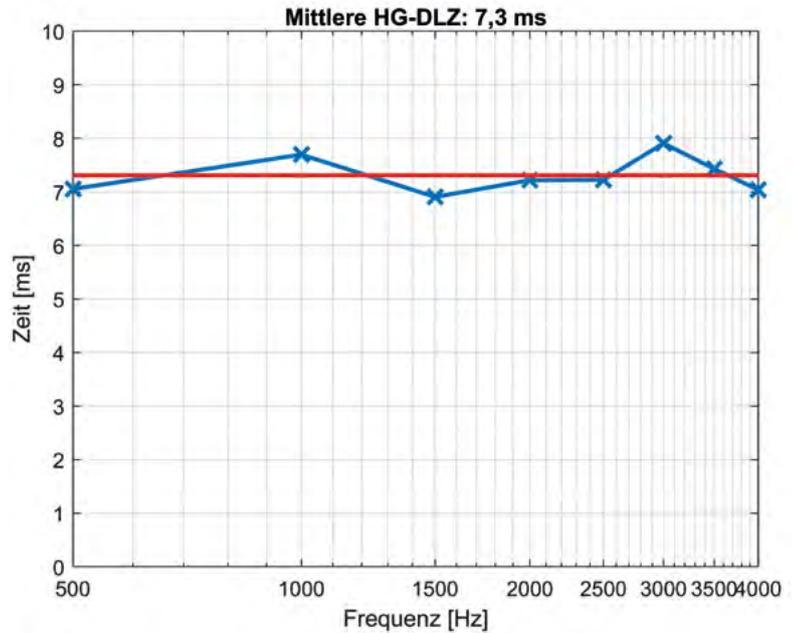


Abb.3: Graphische Darstellung der errechneten HG-Durchlaufzeit für das Phonak Una M sowie des Mittelwerts (rote horizontale Linie) nach Abschluss der Messung im Titel der Abbildung

Eine erweiterte Version dieses Artikels ist in der Zeitschrift für Audiologie im Open Access erschienen und hier abrufbar: <https://opus.hs-offenburg.de/frontdoor/index/index/docId/4299> bzw. [doi: 10.3205/zaud000011](https://doi.org/10.3205/zaud000011)

AUTOREN



Julian Angermeier M.Sc.
Doktorand Hochschule Offenburg in Kooperation mit der TU München
julian.angermeier@hs-offenburg.de



Niels Würz B.Sc.
Akademischer Mitarbeiter
niels.wuerz@hs-offenburg.de



Sebastian Roth M.Sc.
Akademischer Mitarbeiter
sebastian.roth@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. biol. hum. Stefan Zirn
Institusleitung POIM, Fakultät EMI,
Lehrveranstaltungen: Elektrotechnik,
Informatik und Audiologie
stefan.zirn@hs-offenburg.de

Hochauflösende Elektrokardiographie mit NI myRIO

Anna Nikitin B.Sc., Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Wolfgang Schultz M.Sc., Johannes Hörth M.Sc.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung eines Systems zur Aufnahme von hochauflösenden Elektrokardiogrammen (EKGs). Damit die EKG-Signale mit dem NI myRIO-1990 (National Instruments) abgetastet werden können, soll eine analoge Schnittstelle diese in den geforderten Spannungsbereich überführen. Mit einer eigens entwickelten Software HF ECG können die EKGs im Anschluss aufgezeichnet werden.

This work deals with the further development of a system for recording high-resolution electrocardiograms (HR ECGs). In order for the ECG signals to be sampled with the NI myRIO-1990 (National Instruments), an analog interface should transfer them into the required voltage range. With a self-developed software HF ECG the ECGs can be recorded afterwards.

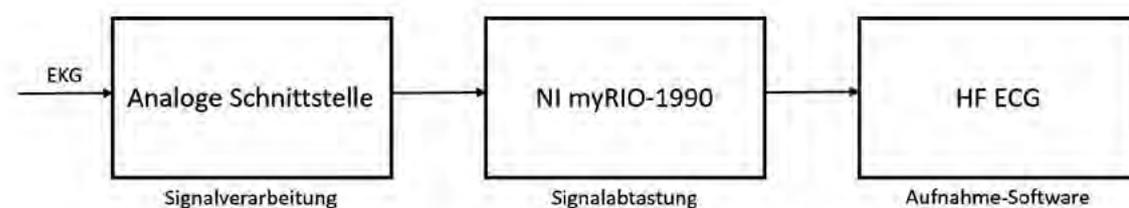


Abb. 1:
Schematische Darstellung des hochauflösenden EKG-Systems

Einleitung

Mit üblichen EKG-Karten besteht die Möglichkeit, Signale mit einer Frequenz von 500 Hz bis 1 kHz abzutasten. Jedoch können aufgrund der geringen Sampling-Frequenz die Impulse von Herzstimulatoren nicht jedes Mal zuverlässig und deren Formen nicht immer realitätsnah dargestellt werden. Anhand des hochauflösenden EKG-Systems (siehe Abbildung 1) soll dies zukünftig ermöglicht werden. Folglich können die Signale mit bis zu 16 kHz abgetastet und mit einer Auflösung von 12 Bit aufgezeichnet werden [1]. Somit lässt sich zum einen der Informationsgewinn erhöhen und zum anderen die Darstellung der Morphologie der Signale verbessern. Dies führt sowohl zu einem Fortschritt in der Erkennung von Stimulationsimpulsen als auch von fraktionierten Signalen.

Zielsetzung

Eine Schaltungssimulation bietet einen Überblick über die Funktion der analogen Schnittstelle zur Überführung der EKGs in einen Spannungsbereich von 0V bis 5V [1]. Hierbei handelt es sich speziell um die bipolaren EKG-Ableitungen nach Einthoven. Die EKGs sollen am Schaltungsausgang in Bezug auf die

Morphologie möglichst unverfälscht und ohne Zeitverschiebung vorliegen. Zusätzlich soll die von Wolfgang Schultz, M.Sc. entwickelte Software HF ECG um die Berechnung der unipolaren Ableitungen nach Goldberger aVR, aVL sowie aVF aus den elektrisch erfassten Einthoven-Ableitungen I, II und III erweitert werden. Dies ist möglich, da beide Systeme in der Frontalebene liegen [2, 3].

Methoden

Die Schematics wurden mit Orcad Capture erstellt. Zum Testen der Schaltungssimulation in PSpice wurden mit der EMB-3/6-EKG-Platine und dazugehöriger Corscience-Development-Plattform verschiedene Herzrhythmen des Simulators InterSim III mit 1 kHz Abtastfrequenz aufgenommen. So können die EKGs alsTXT-Dateien gespeichert und im PSpice als Eingangssignale verwendet werden. Zur Abtastung von EKGs dient der NI myRIO-1990 und für die Aufnahme sowie Darstellung der HR ECGs wird die mit LabVIEW programmierte Software HF ECG verwendet. Durch einen Funktionsgenerator wurden verschiedene Signale zwischen 0V und 5V eingespeist, um die Software zu testen.

Ergebnisse

Zur Verarbeitung der Einthoven-Ableitungen I, II und III dient jeweils ein separater Schaltkreis. Hierbei sind alle identisch in ihrer Funktion. In der Abbildung 2 ist der Workflow der analogen Schnittstelle zu sehen. Diese wird am Eingang vor Überspannung geschützt. Dem Anwender wird die Möglichkeit geboten, die am Herzrhythmusimulator InterSim III erfassten Einthoven-Ableitungen variabel zu verstärken. Da das Signal in der Mitte des Spannungsbereichs liegen soll, wird jenes mit einem Offset von +2,5 V versehen. Die darauffolgenden Schaltungsbestandteile schützen den NI myRIO-1990 durch das Einhalten der definierten Range. In der Abbildung 3 ist das von der analogen Schnittstelle verarbeitete Signal dargestellt.

In der Abbildung 4 ist die Benutzeroberfläche der Software HF ECG zu sehen. Die ersten drei Kanäle repräsentieren die elektrisch eingespeisten Einthoven-Ableitungen. In den letzten drei werden die daraus berechneten Goldberger-Ableitungen dargestellt. In diesem Fall findet der vierte Kanal keine Verwendung, kann aber zukünftig für anderweitige Aufnahmen genutzt werden.

Schlussfolgerungen

Die Schaltungssimulation bietet einen praktikablen Überblick über die Funktionen der analogen Schnittstelle zur Erfüllung aller Anforderungen an die Elektronik. Durch die Softwareweiterentwicklung erschließt sich die Möglichkeit, ein hochaufgelöstes Sechs-Kanal-EKG aufzuzeichnen.

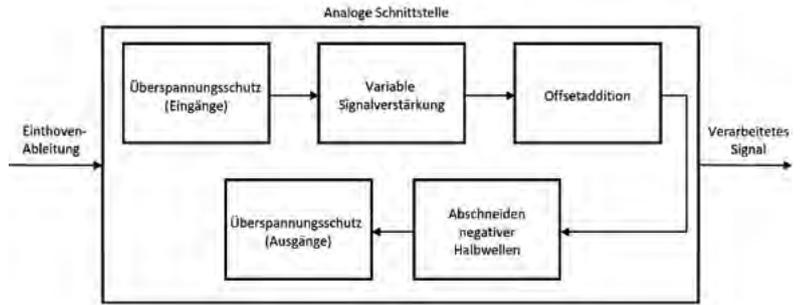


Abb. 2: Workflow der analogen Schnittstelle

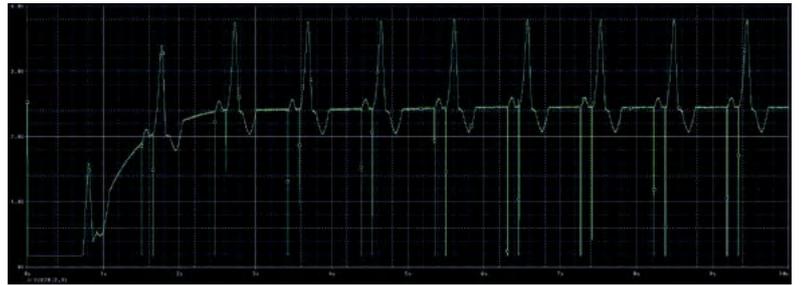


Abb. 3: Verarbeitete Einthoven-Ableitung I mit unipolarem Pacing



Abb. 4: Benutzeroberfläche der Aufnahme-Software HF ECG

AUTOREN	
	<p>Anna Nikitin B.Sc. Fakultät EMI, Medizintechnik Absolventin anikitin@stud.hs-offenburg.de</p>
	<p>Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke Fakultät EMI, Praktikantenamtsleiter Medizintechnik, Wissenschaftl. Ltg. Labor Kardi-ovaskuläre Gerätetechnik u. Rhythmologie matthias.heinke@hs-offenburg.de</p>
<p>Wolfgang Schultz M.Sc.: Fakultät EMI; Akad. Mitarbeiter wolfgang.schultz@hs-offenburg.de Johannes Hörth M.Sc.: Fakultät EMI, Akad. Mitarbeiter; johannes.hoerth@hs-offenburg.de</p>	

Referenzen/References:

- [1] National Instruments: User Guide and Specifications. 2016, URL: <http://www.ni.com/pdf/manuals/376047c.pdf>, aufgerufen am 14.03.2020
- [2] CardioSecur: ECG Lead Systems. URL: <https://www.cardiosecur.com/magazine/specialist-articles-on-the-heart/lead-systems-how-an-ecg-works>, aufgerufen am 21.05.2020
- [3] M. Gertsch: Das EKG : Auf einen Blick und im Detail, 1. Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2007, Seite 10

Simulation der His-Bündel-Stimulation

Domenic Pascual B.Sc., Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Reinhard Echle M.Eng., Johannes Hörth M.Sc.

Eine Erkrankung des kardialen Reizleitungssystems kann bei betroffenen Patienten zur Verschlechterung der linksventrikulären Ejektionsfraktion (LVEF) führen, die in vielen Fällen auf eine Blockierung des linksanterioren Tawaraschenkels zurückzuführen ist. Eine neue Möglichkeit neben der biventrikulären Stimulation bietet die His-Bündel-Stimulation. Hierzu wird eine Schrittmachersonde im rechten Atrium in der Nähe des His-Bündels für eine Schrittmacherstimulation zur Unterdrückung des Linksschenkelblocks platziert. Ziel dieser Arbeit war es, die His-Bündel-Stimulation in das bestehende Offenburger Herzrhythmusmodell zu integrieren, um die elektrischen Felder im Herzgewebe analysieren zu können.

In affected patients, a disease of the cardiac conduction system can lead to a reduction of the left ventricular ejection fraction (LVEF), which in many cases can be explained by a pathological left anterior Tawara's branch. His bundle stimulation offers a new option to existing biventricular stimulation. For this purpose, a pacemaker probe is placed in the right atrium near the His-bundle for pacemaker stimulation with suppression of the left bundle branch block. The aim of this work were to integrate the His-bundle stimulation into the existing Offenburg heart rhythm model in order to be able to analyze the electrical fields in the heart tissue.

Einleitung

Die in diesem Forschungsbericht vorgestellten Methoden und Forschungsergebnisse zur Modellierung und Simulation der His-Bündel-Stimulation wurden in einem Postervortrag und einer Publikation auf der BMT Conference of the German Society for Biomedical Engineering (DGBMT within VDE), 29. September bis 1. Oktober 2020 vorgestellt und sind Bestandteil dieses Forschungsberichtes [1]. Die Entwicklung von neuen, innovativen Herzschrittmacher-Therapieansätzen und Elektroden sind mit hohen Kosten verbunden. Durch die virtuelle Simulation von neuen Konzepten können diese Kosten deutlich gesenkt werden. Derartige 3-D-Simulationen können bspw. genutzt werden, um die Auswirkungen eines elektrischen Stimulationsimpulses auf das umliegende Herzgewebe zu untersuchen.

Zielsetzung

Eine pathologische Erkrankung des kardialen Reizleitungssystems durch Blockierung des linken Tawaraschenkels kann bei betroffenen Patienten zu einer Verschlechterung der linksventrikulären Ejektionsfraktion (LVEF) und zu Herzinsuffizienz führen. Eine Einschränkung der Lebensqualität und die Entwicklung einer Herzinsuffizienz sind in der Regel die Folgen für die Patienten. Bei medikamentös nicht therapierbaren Patienten mit Herzinsuffizienz und Linksschenkelblock bietet die kardiale Resynchronisationstherapie (CRT) eine etablierte Möglichkeit zur Behandlung der elektrischen ventrikulären Desynchronisation. Die elektrische ventrikuläre Resynchronisation wird durch eine gezielte Herzstimulation mittels zwei implantierbaren Schrittmachersonden im rechten und linken Ventrikel ermöglicht. Eine neue Methode im Vergleich zur konventionellen CRT bietet die His-Bündel-Stimulation, bei der statt zwei nur eine Schrittmachersonde benötigt wird. Hierbei wird an das untere septale Ende des rechten Atriums im Bereich des His-Bündels eine Elektrode platziert und ein speziell für die His-Bündel-Stimulation programmierter Stimulationsimpuls mit hoher Stimulationsamplitude abgegeben [2, 3]. Ziel dieser Arbeit war es, die His-Bündel-Stimulation in das bestehende Offenburger Herzrhythmusmodell zu integrieren, um die elektrischen Felder und dessen Auswirkungen auf das umliegende Herzgewebe mit zu analysieren.

Methoden

Die Modellierung und Simulation der vorliegenden Arbeit wurden mit der Simulationssoftware CST (Computer Simulation Technology) von Dessault Systems durchgeführt. Als Vorlage für die durchzuführenden Messungen diente die Schrittmachersonde Select Secure 3830 des Herstellers Medtronic. Anhand des technischen Handbuchs konnten die erforderlichen Maße der Schraubelektrode erfasst und für die Modellierung genutzt werden (Abbildung 1). Das bestehende Offenburger Herzrhythmusmodell diente als Simulationsumgebung und besteht aus den vier Herzkammern, welche mit Blut gefüllt sind, einem Erregungsbildungssystem, dem Reizleitungssystem und dem Herzmuskelgewebe (Abbildung 2). Eine weitere im rechten Atrium platzierte Select Secure 3830 Schrittmachersonde diente zur Erfassung der Herzaktivitäten des Sinusknotens. Für die in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse wurde ein anteriorer Linksschenkelblock im linken Tawaraschenkel simuliert. Um eine zeitlich chronologische Reihenfolge der Signalausbreitung zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse mittels einer magnetoquasistatischen Berechnung im „Low Frequency Time Domain Solver“ erhoben. Um die elektrische Feldausbreitung zu berechnen, wurden in CST Maxwell-Gleichungen gelöst. Für den Ablauf der simulierten His-Bündel-Stimulation wird zunächst das intrinsische Herzsignal im Sinusknoten erzeugt, welches sich anschließend über dem rechten und linken Atrium ausbreitet. Nach Ablauf der atrioventrikulären Leitungszeit (AV-Zeit) wird ein Stimulationsimpuls über die Schrittmachersonde erzeugt, welcher zu einer synchronisierten Kontraktion der Ventrikel führen soll. Um an definierten Bereichen innerhalb des Modells genaue Messwerte des elektrischen Feldes zu erhalten, wurden 3-D-field-Monitore im Herzrhythmusmodell implementiert.



Abb. 1:
Modellierung der Select Secure 3830 Elektrode von Medtronic

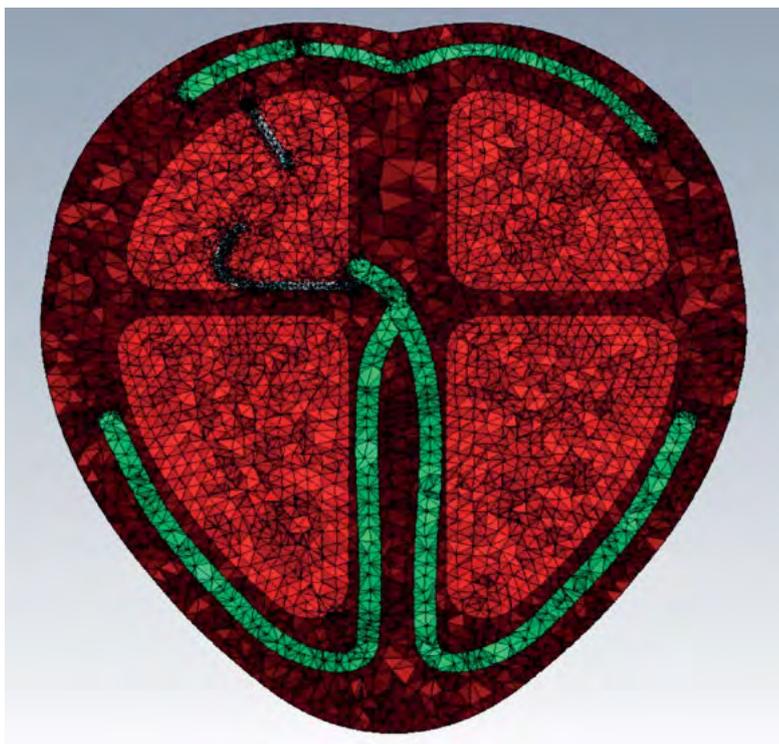


Abb. 2:
Mesh-Ansicht des
Offenburger Herzrhyth-
musmodells in der
Frontalschnittebene

Ergebnisse

Die mit den verschiedenen 3-D-field-Monitoren erfassten elektrischen Feldausbreitungen sind in der Tabelle 1 dargestellt. Erwartungsgemäß stellte sich heraus, dass das elektrische Feld mit zunehmender Distanz zu der Elektrodenspitze abnimmt. Darüber hinaus zeigte sich, dass in unmittelbarer Nähe zur Elektrodenspitze die größten elektrischen Feldstärken gemessen werden konnten. Hier konnten Spitzenwerte von 23,6 V/m bei einem 3 V Stimulationsimpuls gemessen werden. Bei einer Entfernung von sechs mm zur Elektrodenspitze wurde immerhin noch ein elektrisches Feld von 1,97 V/m gemessen. Ein 2 V Stimulationsimpuls erzeugte vier mm von der Elektrodenspitze entfernt ein elektrisches Feld von 2,25 V/m. Der 1,5 V Stimulationsimpuls konnte zwei mm von der Elektrodenspitze entfernt ein elektrisches Feld von 4,74 V/m generieren. In der nachfolgenden Abbildung auf Seite 120 ist die Visualisierung des elektrischen Feldes bei einem 3 V Stimulationsimpuls dargestellt.

Tab. 1:
Gemessene Feldstärke
bei den verschiedenen
3D-field-Monitoren

Stimulationsimpuls	3 V	2 V	5 V
Elektrodenspitze	23,6 V/m	15,79 V/m	11,84 V/m
3D-field-Monitor 1 [Spitze + 2 mm]	9,5 V/m	6,3 V/m	4,74 V/m
3D-field-Monitor 2 [Spitze + 4 mm]	3,36 V/m	2,25 V/m	1,68 V/m
3D-field-Monitor 3 [Spitze + 6 mm]	1,97 V/m	1,32 V/m	0,99 V/m
3D-field-Monitor 4 [Spitze + 8 mm]	1,39 V/m	0,93 V/m	0,69 V/m

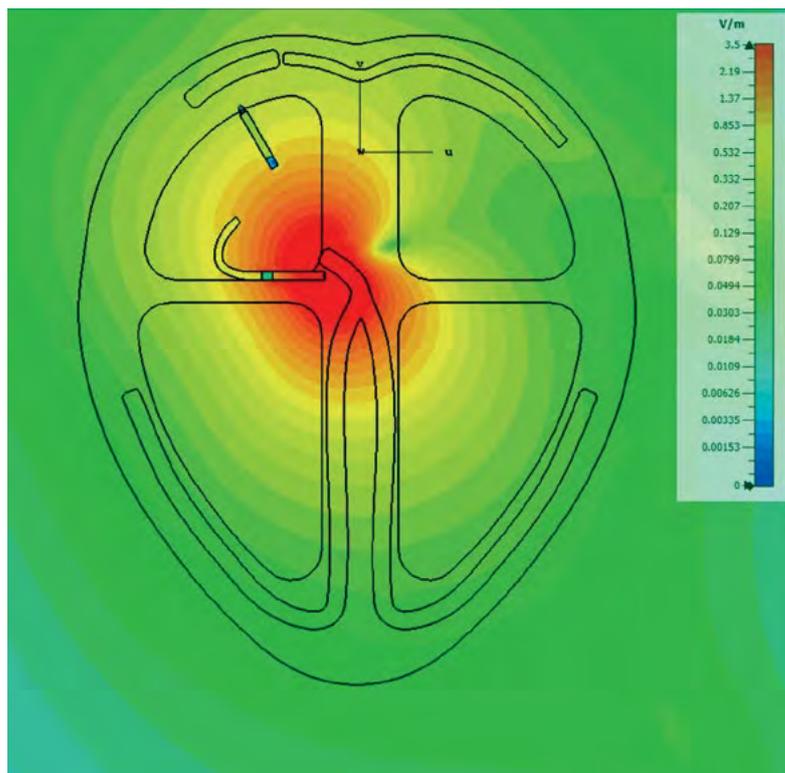


Abb. 3:
Visualisierung des elektrischen Feldes bei einer His-Bündel-Stimulation mit Drei

Diskussion

Sharma und Mitarbeiter haben bereits 2018 in einer klinischen Studie nachgewiesen, dass die His-Bündel-Stimulation bei einem Linkschenkelblock mit einer Verbesserung der linksventrikulären Ejektionsfraktion (LVEF) assoziiert [4]. Die in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse der simulierten His-Bündel-Stimulation konnten aufzeigen, dass sich das elektrische Feld über einen weitläufigen Bereich ausbreitet und dies möglicherweise zu einer effektiven ventrikulären Stimulation führen kann. Blockierungen des linksanterioren Tawaraschenkels können mit dieser Methode hierdurch effektiv behandelt werden. Da es sich um ein niederfrequentes elektrisches Feld handelt, sollte ein Stimulationsimpuls von 2V bereits hierfür ausreichen, um den linksanterioren Tawaraschenkel elektrisch zu erregen. In der Praxis stellt des Weiteren die Position der Schrittmachersonde eine besonders wichtige Rolle dar. Je näher die Elektrode an der Blockadestelle des Reizleitungssystems liegt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese durch eine His-Bündel-Stimulation effektiv erregt werden kann.

Schlussfolgerungen

Die His-Bündel-Stimulation stellt eine interessante Möglichkeit zur kardialen Resynchronisation dar und könnte in der physiologischen Schrittmachertherapie in Zukunft eine wichtige Rolle einnehmen. Die dargestellten Ergebnisse sind durch die Grenzen, die durch das verwendete Mesh entstehen, limitiert. Möglicherweise ermöglicht das Offenburger Herzrhythmusmodell die Entwicklung neuer Herzschrittmacher, Elektroden und individualisierte Schrittmachertherapien.

Referenzen/References:

- [1] D. Pascual, M. Heinke, J. Hörth: Electrode Model and Simulation of His-Bundle Pacing for Cardiac Resynchronization Therapy. Current Directions in Biomedical Engineering, Band 6, Heft 3, Seiten 555 – 558, ISSN(Online) 2364-5504, DOI: <https://doi.org/10.1515/cdbme-2020-3142>, <https://www.degruyter.com/view/journals/cdbme/6/3/article-p555.xml>
- [2] Vijayaraman P, Dandamudi G. How to Perform Permanent His Bundle Pacing: Tips and Tricks. Pacing Clin Electrophysiol. 2016;39(12):1298-1304. doi:10.1111/pace.12904
- [3] Scherlag, Benjamin J.; Subthreshold Stimulation for His Bundle Pacing, Cardiac Electrophysiology Clinics, Volume 10, Issue 3, 431 – 435; 2018; doi: 10.1016/j.ccep.2018.05.004
- [4] Parikshit S. Sharma et al., Permanent His Bundle Pacing as an Alternative to Biventricular Pacing for Cardiac Resynchronization Therapy: A Multi-Center Experience, 2018; doi: 10.1016/j.hrthm.2017.10.014

AUTOREN



Domenic Pascual B.Sc.
Fakultät EMI, Medizintechnik Absolvent
dpascua@stud.hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke
Fakultät EMI, Praktikantenamtsleiter Medizintechnik, Wissenschaftl. Ltg. Labor Kardi-ovaskuläre Gerätetechnik u. Rhythmologie
matthias.heinke@hs-offenburg.de

Reinhard Echle Dipl.-Ing. (FH), M.Eng.: Fakultät EMI; Akad. Mitarbeiter, reinhard.echle@hs-offenburg.de
Johannes Hörth M.Sc.: Fakultät EMI, Akad. Mitarbeiter; johannes.hoerth@hs-offenburg.de

Impact of an elective in-vitro training course in cardiac pacing on student's grades – a controlled study

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber, Corinna Brenner M.Sc., Wesley Dean Jones M.Sc.,
Prof. Dr. med. Eva-Maria Bitzer, Prof. Dr. med. Juraj Melicherčík, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Die Implantation elektronischer Schrittmacher ist zur Behandlung von Herzrhythmusstörungen etabliert. Die individuelle Aggregatauswahl sowie die notwendigen Vermessungen und Programmierungen erfordern von Ärzten und den sie unterstützenden Medizintechnikern spezielle Fachkenntnisse und Training. In Kooperation mit der Sektion Public Health & Health Education der Pädagogischen Hochschule Freiburg untersuchten wir über einen Zeitraum von sieben Jahren mittels einer kontrollierten Studie den Nutzen der Teilnahme von Studierenden der Medizintechnik am praktischen Wahlfach „Individuelle Vermessung und Programmierung von Herzschrittmachern“ bezüglich ihrer Ergebnisse einer obligatorischen schriftlichen theoretischen Prüfung.

Implantation of electronic pacemakers is an established treatment of cardiac arrhythmias. For physicians and their attending medical engineers special expertise and training for individual implant selection, measurements and parameter optimisation is obligatory. In a controlled study in cooperation with the Public Health & Health Education Department of the Freiburg University of Education over a period of seven years, we investigated the effectiveness of the elective practical training course 'Individual Pacemaker Setup and Measurements' concerning their results to a mandatory written theory exam for medical engineering students.

Introduction

Patients suffering from cardiac arrhythmias such as bradycardia, tachycardia and cardiac desynchronization can be successfully treated using implantable single, dual and three chamber pacemakers or defibrillators. A vast number of studies have impressively demonstrated their effectiveness on quality of life, morbidity and mortality of the affected patients [1, 2]. To achieve best results, measurements and programming of numerous implant parameters must be individually performed for each patient, both intraoperatively and during follow-up. This requires special experience and expertise of the attending physicians as well as the supporting medical technicians including a well functional interdisciplinary teamwork.

Regarding this background, there is a need for an innovative, theoretically well-founded approach in teaching medical engineering students the technically

and medically demanding skills in such a way that theoretical concepts and their practical application can both be attained in combination.

Therefore, in the medical engineering study path at the Offenburg University of Applied Sciences, obligatory lectures in cardiac electrography and pacing were supplemented by a 1.5 hours weekly elective in-vitro hands-on training on 'Individual Pacemaker Setup and Measurements' over the course of one semester. The elective was offered to provide interested students skills that are essential in professional settings such as heart centres and medical device suppliers.

Aims

Considering a period of seven years, we aimed to supply evidence whether elective hands-on training in cardiac pacing provides interested medical engineering students a measurable benefit in their final written mandatory exam on 'Electrocardiography and Pacing'

Methods

Elective hands-on training on cardiac pacing which also took part in numerous workshops for physicians and their assisting medical and biomedical company staff, was carried out for medical engineering students following the slogan 'Learning by Watching, Touching and Adjusting'. It involves consolidation of theoretical basics and intensive exercises of intra- and postoperative pacemaker setups and measurements as well as troubleshooting necessary for clinical routine. The course was performed using a didactic concept comparable with the 'Four-Component Instructional Design Model' published by van Merriënboer et al. [3] in a specially equipped and configured laboratory (Figure 1). It was offered for medical engineering students, working in tandems on one of six learning stations. To simulate realistic clinical environments, we utilized original medical devices combined with the InterSim II USB heart rhythm simulators (Ingenieurbüro Lang, Rossau, Germany). Each station (Figure 2) consists of a pacemaker programmer and different implants of the companies Medtronic (Minneapolis, USA) or Biotronik (Berlin, Germany). Due to their battery depletion status, they were full functionally refurbished in our laboratory and mounted with an external battery into an isolating box.

To supply evidence on the impact of our elective hands-on training we compared our medical engineering students' grades in the mandatory final written exam on 'Electrocardiography and Pacing' between participants in the elective with those who did not. Grades range as discrete values between 1.0 (= excellent) - 1.3 - 1.7 ... 4.3 - 4.7 to 5.0 (= poor). To check for selection bias of participating students, we compared the arithmetic average grades of all prior exams (pre-grades) of both groups.

Additionally, to study gender related differences, we compared the results of both groups in the above mentioned final written exam between female and male students.

Study Design

Our controlled study was designed in close cooperation with the Public Health & Health Education Department at Freiburg University of Education. A total of 128 students who participated in hands-on training (=intervention group), and 93 who did not (=control group), were included.



Fig. 1: Realized laboratory for practical teaching and training in pacemaker and defibrillator therapy for medical engineering students, physicians and medical staff as well as employees of the medical technology industry. The specially made hexagonal table and large screen monitors allow didactically guided discussions for six small groups of two participants, each.



Fig. 2: Typical equipment of one learning station used for practical in-vitro hands-on training on 'Individual Pacemaker Setup and Measurements'. Current Pacemaker-programmers (left: Biotronik ICS 3000, right: Medtronic 2090); below: pacemakers mounted into special connection boxes with attached programming head, which is operated via a connection module of the cardiac rhythm simulators InterSim II USB (in the middle).

The final written examination grades in the subjects 'Electrocardiography and Pacing' of these 221 students were compared. Both groups were similar in age (23.7 ± 4.6 vs. 23.4 ± 2.6 years) and gender distribution (87m/41f vs. 58m/35f). Regarding pre-grades, the intervention group performed on average 0.2 grades better than control group (2.2 vs. 2.4, $p < 0,027$). We used anonymized exam data of the years 2012 to 2018 from the universities' database and excluded students who attended the hands-on training at an irregular time or repeated the written exam for any reason.

A subgroup analysis was carried out to clarify whether participation in this elective course has an impact on the result of the final written exam in regard to the previous performance level.

Therefore, participating students were divided into two subgroups according to their pre-grades, better than 2.15 and worse than 2.14. The difference of 0.01 is required due to rounding. These subgroups were also analyzed regarding gender.

Results

Results of the study demonstrate that the group of 128 students who participated in the elective hands-on training achieved highly sig-

nificant better grades in the final written exam, than those of the 93 students that did not participate (1.9 ± 1.0 vs 2.4 ± 1.1 ; $p < 0.001$; Figure 3 left).

Comparing both groups by gender, we found considerable differences: While mean results of the female subgroups (Figure 4 left) did not significantly (n. s.) differ (1.9 ± 1.1 vs. 2.0 ± 1.0), the male subgroup with elective hands-on training (Figure 5 left) resulted in highly significant ($p < 0.001$) better exams by 0.8 points (1.9 ± 0.9 vs. 2.7 ± 1.1).

Fig. 3: Comparison of percentual distribution of grades in the mandatory final written exam on 'Electrocardiography and Pacing' between all study participants with and without elective hands-on training in the elective 'Individual Pacemaker Setup and Measurements' training course (left) and those with pre-Grades of, at mean, worse than 2.14 in all previous exams (right).

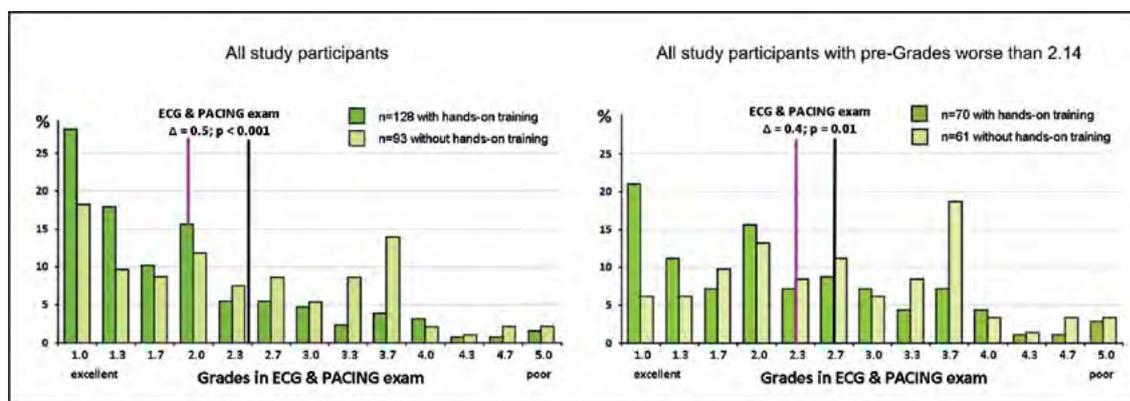


Fig. 4: Comparison of percentual distribution of grades in the mandatory final written exam on 'Electrocardiography and Pacing' between the female study participants with and without elective hands-on training in the elective 'Individual Pacemaker Setup and Measurements' training course (left) and those with pre-Grades of, at mean, worse than 2.14 in all previous exams (right).

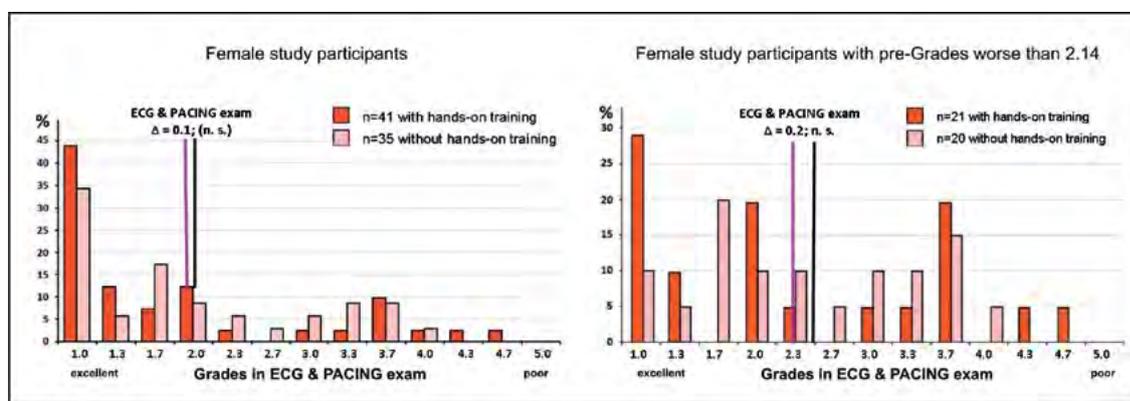
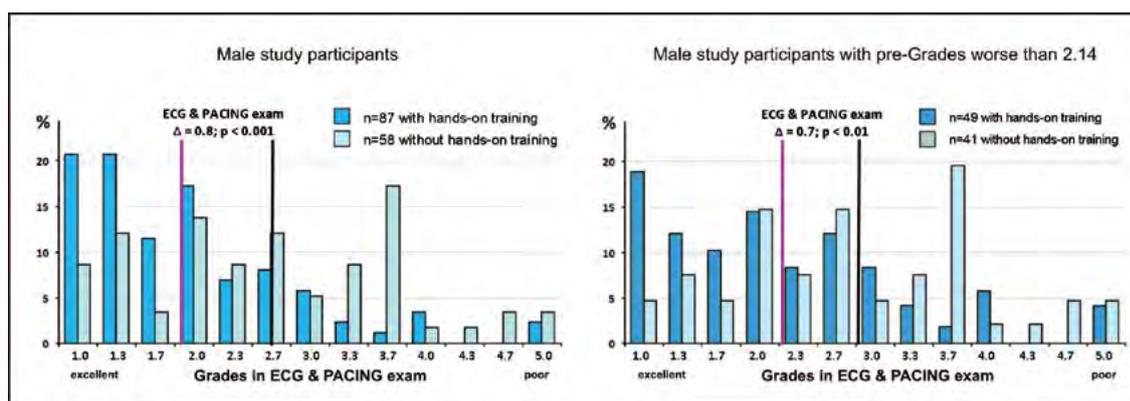


Fig. 5: Comparison of percentual distribution of grades in the mandatory final written exam on 'Electrocardiography and Pacing' between the male study participants with and without elective hands-on training in the elective 'Individual Pacemaker Setup and Measurements' training course (left) and those with pre-Grades of, at mean, worse than 2.14 in all previous exams (right).



Comparing both groups by pre-grades, the subgroup of all students with pre-grades worse than 2.14 (n=131, female + male) demonstrated a significant improvement (p=0.01) of 0.4 points on average (Figure 3 right), while the subgroup of all students with pre-grades better than 2.15 (n=90) did not significantly benefit concerning results of their final written exam.

This was also observed regarding the male subgroup with pre-grades worse than 2.14 (n=90), who significantly benefited from this elective with on average 0.7 points (2.2±1.1 vs. 2.9±1.1; p=0.01) (Figure 5 right). The male subgroup with pre-grades better than 2.15 (n=55) attending the elective, resulted in non-significant differences (1.6±0.5 vs. 2.1±1.0; p=0.05).

In the female subgroups with pre-grades worse than 2.14 (n=41, Figure 4 right) and better than 2.15 (n=35) no significant differences were observed. Thus, the greatest measurable benefit was evidenced in male students with pre-grades worse than 2.14.

Discussion

Both, results of the regular voluntary anonymized evaluations of our workshops for healthcare professionals as well as of the teaching courses are based on subjective assessments and quality comments. They suggest that participation in the elective hands-on training can improve the participants' performance in the field of cardiology by extending their interest and experience.

In contrast to the regular evaluations, the present study prevents subjective assessments in order to deliver quantitative results. As it is restricted to medical engineering students, it provides a differentiated evaluation according to the students' prior performance level, based on their mean pre-grades.

Differences in this regard were previously not predictable to the actual extent found. Main limitations of this study are the Numerus clausus of participation in the elective and the final written exam combining only the theoretical knowledge of two separate lectures, 'Clinical Electrocardiography and Cardiac Pacing'.

Conclusions

In contrast to male students, the subgroup analysis showed that on average female students neither with pre-grades better or worse than 2.15 / 2.14 significantly benefited from

the elective regarding their grades in the final 'Electrocardiography and Electrostimulation' exam. This findings could be explained by a study of Arrenberg and Kowalski on different learning methods of female and male students: „learning by heart“ will be significantly more preferred by female students /4/.

In total, despite of a slight selection bias, the elective hands-on training course in 'Individual Pacemaker Setup and Measurements' significantly increased the medical engineering students' mean performance level in their final written examination on 'Electrocardiography and Pacing'.

Acknowledgement

The project 'Interactive practical university courses for electrotherapy of the heart in the medical engineering bachelors and master study path at Offenburg University' was awarded and supported by a fellowship of the Baden-Württemberg Stiftung and supported by the Marga und Kurt Möllgaard-Stiftung and the Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

Referenzen/References:

- (1) Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G et al. (2013) 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). Eur Heart J 34(29): p. 2281-329
- (2) Epstein A E, DiMarco J P, Ellenbogen K A et al. (2008) ACC/AHA/HRS 2008 Guidelines for Device-Based Therapy of Cardiac Rhythm Abnormalities: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the ACC/AHA/NASPE 2002 Guideline Update for Implantation of Cardiac Pacemakers and Antiarrhythmia Devices) developed in collaboration with the American Association for Thoracic Surgery and Society of Thoracic Surgeons. J Am Coll Cardiol 51(21): p. e1-62
- (3) Merriënboer J v (1997) Training Complex Cognitive Skills: A Four-Component Instructional Design Model for Technical Training. Addison Wesley, ISBN: 978-0877782988
- (4) Arrenberg J, Kowalski S (2007) Lernen Frauen und Männer unterschiedlich? Eine Studie über das Lernverhalten von Studierenden - Arbeitsbericht des Forschungsprojekts. Fachhochschule Köln

AUTOREN



Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber
Stellvertretender Leiter POIM
tobias.haber@hs-offenburg.de



Prof. Dr. med. habil. Eva-Maria Bitzer
Ltg. Fachrichtg. Public Health & Health
Education PH FB
evamaria.bitzer@ph-freiburg.de



Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer,
Elmenhorst
ehem. Leiter POIM
bruno.ismer@hs-offenburg.de

Corinna Brenner M.Sc.: Ludwig Maximilian University of Munich, corinna.brenner@outlook.com

Wesley Dean Jones M.Sc.: Institute for Experimental Cardiovascular Medicine Freiburg
wesley.jones@universitaets-herzzentrum.de

Prof. Dr. med. Juraj Melicherik: Ltg. Abt.: Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden; juraj.melicherik@mediclin.de



Das internationale ELCOD-Team bei einem seiner Probeflüge

Zum Ende des Sommersemesters 2020 hat Herr Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder seinen wohlverdienten Ruhestand angetreten. Neben herausragenden Projekten und Arbeiten insbesondere in den Bereichen der Photonik, Optik und Radartechnik galt sein großes Interesse den unbemannten Flugsystemen, woraus 2011 die Gründung des „Institut for Unmanned Aerial Systems – IUAS“ hervorging. Seither zeichnete er sich für dessen Leitung verantwortlich und prägte die Entwicklung des Instituts, seine Aktivitäten und Projekte in hohem Maße. Zukünftig wird Prof. Dr. Schröder das Institut in der Rolle eines Seniorprofessors weiterhin begleiten und unterstützen. Die wissenschaftliche Leitung des Instituts wurde daher im September 2020 an Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich übergeben, der sich seit mehreren Jahren am IUAS erfolgreich engagiert, wie auch die neue stellvertretende Institutsleitung an Frau Prof. Dr.-Ing. Marlene Harter.

Wenngleich Wechsel oft auch Wandel mit sich bringt, so werden die aktuellen Forschungsschwerpunkte in den Bereichen

- Unbemannte Flugsysteme & Anwendungen
- Radartechnologie & Anwendungen
- Digitale Prototypen und Virtuelle Produktentwicklung (Simulation, Rapid Prototyping, Additive Fertigung)

beibehalten; der Fokus des stark interdisziplinären Arbeitsumfeldes am IUAS richtet sich entsprechend dem Engagement der Kolleg*innen immer wieder neu aus.

Das deutsch-französische ELCOD-Konsortium, Projektleitung IUAS und Partner am INSA und CNRS (Straßburg), blickt auf eine erfolgreiche Projektlaufzeit zurück, in der neben zwei Prototypen für unbemannte Langstreckenflugzeuge spezielle Sensorik für Umweltmessungen und eine Reihe von Detaillösungen für Komponentensysteme der unbemannten Luftfahrzeuge konzipiert, entwickelt und erfolgreich realisiert

wurden. Die ursprünglichen Erwartungen wurden voll erfüllt und die finalen Prototypen der unbemannten Flugsysteme konnten sich in einer Reihe erfolgreicher Jungfern- und Testflüge mehrfach beweisen. So konnte mit innovativen Lösungen und Antriebskonzepten in Form eines optimierten Verbrennungsmotors für lange Flugzeiten und große Reichweiten sowie eines Brennstoffzellenantriebs für mittlere Reichweiten, ein vielversprechender und klimafreundlicher Ansatz für den Sektor „Handel, Transport, Logistik und Verkehr“ demonstriert werden.

Durch entsprechende Programme der letzten Jahre im Rahmen der „Single European Sky (SES) Initiative“ zeichnet sich eine Veränderung in der Luftfahrt für unbemannte Flugsysteme ab. Für innovative Lösungen, wie die im Rahmen von ELCOD entwickelte kostengünstige Langstreckendrohne DELTA, kann dies ein wichtiger Schritt vom Demonstrator zum realen Anwendungsszenario bedeuten – eine Möglichkeit und Chance, die das IUAS in der Zusammenarbeit mit acht weiteren europäischen Partnern im Rahmen des Horizon2020 Nachfolgeprogramms mit der Projektidee AELCOD bewirbt.

In der Radartechnik ist das IUAS gewohnt aktiv; so werden die Bereiche UAV und Radar in einer spannenden - fliegenden - Projektidee vereint. Das am IUAS entwickelte Lebensmittelradar hat nach intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeit einen hohen Technologie-Reifegrad. Erste Gespräche über eine prototypische Anwendung bei Industriepartnern sind positiv gestartet.

Auch 2021 bietet dem IUAS spannende Aufgaben, Projekte und eine Reihe von Herausforderungen. Bei Interesse an studentischen Projekten, Abschlussarbeiten sowie Promotionsthemen kontaktieren Sie uns.

Wissenschaftl. Leitung Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich

Verbesserung der Lebensmittelsicherheit mit Radartechnik

Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele, Dr. Valentin Ortega M.Sc., Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Radarsysteme haben heute Hochkonjunktur, weil sich mit ihrer Hilfe viele Messaufgaben auf elegante Weise lösen lassen. Am Institute for Unmanned Aerial Systems (IUAS) der Hochschule Offenburg wird ein flexibles, hochkomplexes Radar entwickelt, das in der Lage ist, kleine Fremdkörper in Lebensmitteln zu erkennen. Bei dem Radar handelt es sich um ein Entwicklungssystem, das leicht auf unterschiedliche Messanforderungen angepasst werden kann.

Radarsystems are booming today because they help solve many measurement tasks in an elegant way. At the Institute for Unmanned Aerial Systems (IUAS) of the University of Applied Sciences Offenburg, a flexible, highly complex radar is developed, which is able to detect small foreign bodies in food. The radar is a development system that can be easily adapted to different measurement requirements.

Lebensmittelsicherheit

Die Herstellung von Lebensmitteln erfolgt heute in industriellem Maßstab mit hohen Sicherheitsanforderungen bezüglich der Qualität der Produkte. Ein Problem stellen dabei Fremdkörper dar, die während der Produktion auf irgendeine Weise in Lebensmittel gelangen. Beispiele sind Steine, Glas- oder Kunststoffteilchen in Babynahrung. Oder man möchte sicher sein, dass Fischfilet keine Gräten, Hähnchenfleisch keine Knochen und Kirschen keine Steine mehr enthalten. Auch andere Eigenschaften bezüglich der Qualität der Lebensmittel, wie zum Beispiel die Anzahl und Größe der Löcher im Käse, will man überwachen. Dazu kommen unterschiedliche Sensoren wie Metalldetektoren oder Röntgentechnik zum Einsatz. Letztere ist eine sehr erfolgreiche Technik, mit der die meisten Fremdkörper bis zu einer Größe von ca. 0,4 mm erkannt werden können. Voraussetzung dafür ist, dass sich die Transmission des Fremdkörpers von seiner Umgebung unterscheidet. Es gibt aber Materialkombinationen, die mit dieser Technik kaum unterscheidbar sind. In solchen Fällen kann man mit der Verwendung von Mikrowellen weiterkommen. Denn diese können Materialien mit unterschiedlichen Dielektrizitätswerten erkennen, da die Mikrowellen an den Materi-

algrenzen teilweise reflektiert werden. Für solche Fälle kann die Radartechnik eine Lösung bieten. Sie hat außerdem die Vorteile, dass sie keinen Strahlenschutz erfordert und in der Herstellung günstiger ist. Ein Radar, mit dem Fremdkörper erkannt werden können, wurde am IUAS der Hochschule Offenburg entwickelt.

Funktionsprinzip eines Radars

Im Sender eines Radars wird eine elektromagnetische Welle mit einer Frequenz im GHz-Bereich erzeugt, die über eine Antenne in Richtung des Objekts abgestrahlt wird (siehe Abbildung 1). Die Welle kann kontinuierlich (CW = Continuous Wave) oder gepulst abgestrahlt werden, und sie kann zum Beispiel frequenzmoduliert (FM) sein. Der Teil der Strahlung trifft auf das zu untersuchende Objekt, von dem sie dann zurück reflektiert wird. Im einfachsten Fall ist die Empfangsantenne identisch mit der Sendeantenne. Das reflektierte Signal wird zum Empfänger geleitet und schließlich ausgewertet. Möchte man den Abstand von der Sendeantenne bis zum Objekt wissen, so ist das über eine Signallaufzeitmessung möglich.

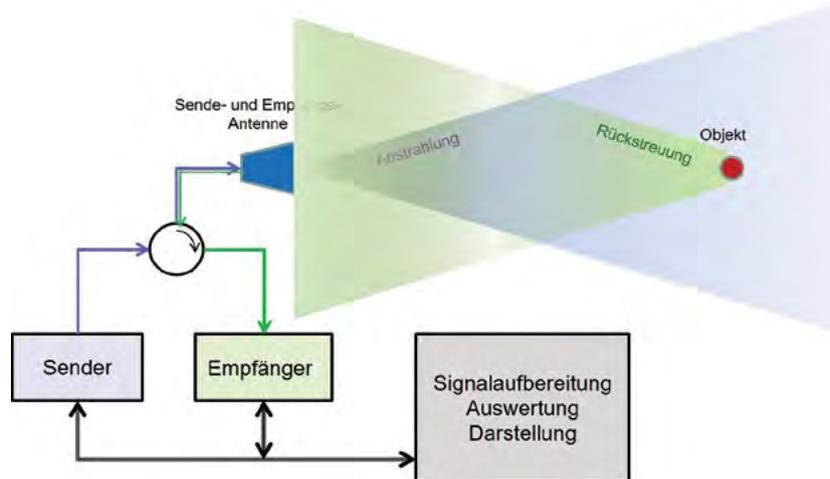


Abb. 1 Funktionsprinzip eines Radars

Radars für die Fremdkörpererkennung

Das an der Hochschule für den genannten Zweck entwickelte Radar ist ein Stepped-Frequency (SF) Radar, bei dem die Sendefrequenz in diskreten Schritten innerhalb von Mikrosekunden in einem definierten Frequenzbereich verändert wird (Abbildung 2). Das Hochfrequenzsignal (HF-Signal) wird verstärkt und über die Sendeantenne abgestrahlt. Eine zweite Antenne empfängt das reflektierte Signal, das rauscharm im LNA verstärkt wird. Im Frequenzmischer werden bei jeder Frequenz das Empfangs- und das Sendesignal miteinander auf Frequenz-, Phasen- und Amplitudenunterschiede verglichen und das Ergebnis über einen Tiefpass an die Auswerteeinheit weitergegeben. Der Vorteil dieses breitbandigen Verfahrens ist eine erhebliche Verbesserung des Kontrasts und der Messgenauigkeit.

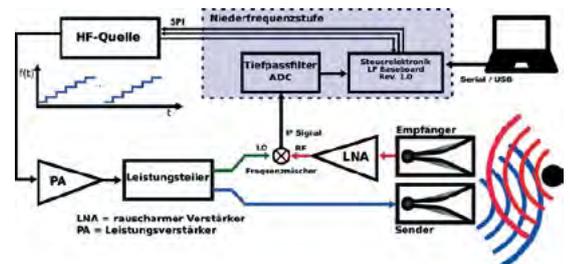


Abb. 2 Stepped Frequency Radar

Um ein zweidimensionales Radarbild zu erhalten, muss man das Objekt aus mehreren Positionen betrachten. Man erhält ein zweidimensionales Bild, wenn dies aus einer Ebene heraus geschieht, so wie das in Abbildung 3 zu sehen ist. Darin sind acht Vivaldi-Antennen auf einem Halbkreis um das Objekt herum angeordnet. Jede der acht Antennen fungiert einmal als Sendeantenne und alle anderen als Empfangsantennen. Dadurch erhält man insgesamt $8 \times 7 = 56$ SF-Messungen. Erst mit dieser sogenannten MIMO-Anordnung (MIMO = Multiple In Multiple Out) kann eine 2-D-Zuordnung des Objekts erreicht werden. Um eine dreidimensionale räumliche Auflösung des Objekts und dessen Lage zu erhalten, muss die beschriebene 2-D-Messung mehrfach wiederholt werden, während das Messobjekt auf dem Transportband unter dem Antennenhalbkreis durchfährt. Die dafür nötige Messzeit erhöht sich entsprechend.

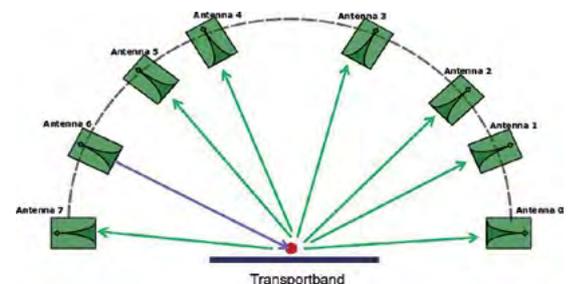


Abb. 3 MIMO-Anordnung der Antennen. In der Darstellung sendet Antenne 6 (blau), alle anderen Antennen empfangen

Die Abbildung 4 ist das Ergebnis eines 2-D-Radarbildes von einer 10 mm Stahlkugel zu sehen. Die Stahlkugel ist der rote Bereich in der Mitte des Bildes. Der Halbkreis mit den Antennen sowie das Transportband sind schwarz in das Bild eingezeichnet. Die vielen hellen Flecken im Radarbild sind sogenannte Clutter. Sie entstehen durch Überlagerung von Wellen und sind für Radarbilder typisch. Um die Clutter klein zu halten, ist ein hochpräziser Phasenabgleich der gesamten Radarkonfiguration für alle Frequenzen notwendig. Im vorliegenden Fall sind die hellsten Clutter im Bild etwa 20-mal dunkler als die Stahlkugel.

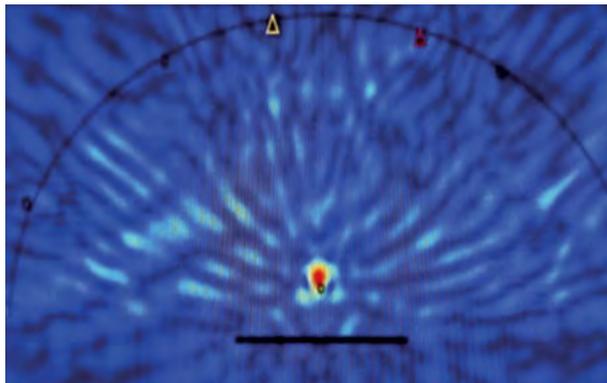


Abb. 4:
2-D-Radarbild einer
10 mm Stahlkugel

Ein entsprechendes 2-D-Radarbild von einem Glas-Teilchen zeigt Abbildung 5. In diesem Fall wurde eine kleine Glasscherbe in die Schokoladenschicht zwischen zwei Kekslagen eingebracht. Dargestellt ist das Differenzbild aus den beiden Messungen mit und ohne Glas. Wie man sieht, hebt sich das Glas deutlich als rote Fläche ab. Weil das Glas, aber auch das elektromagnetische Wellenfeld in seiner Umgebung beeinflusst, ist im Differenzbild ein Helligkeitskranz um das Glasteilchen sichtbar. So ist auch der helle Bereich über und unter dem Transportband (siehe Bildausschnitt in Abbildung 5) eine Folge der Strahlungsabschattung durch das Glasteilchen.

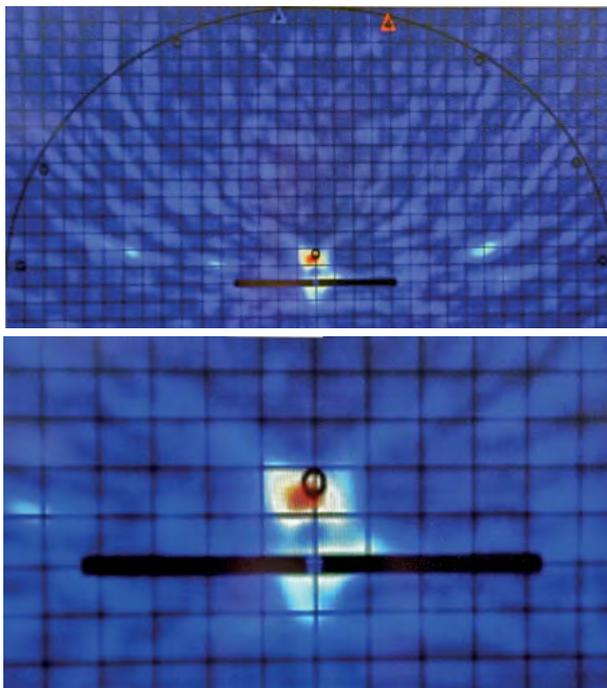


Abb. 5:
Stückchen Glas in
einem Schokolade-
keks, Gesamtansicht
und vergrößerter
Bildausschnitt

Entsprechende Versuche wurden auch mit anderen Fremdkörpern wie PVC oder Teflon durchgeführt. In allen Fällen erhält man ähnliche Bilder mit recht guter Erkennung des jeweiligen Fremdkörpers.

Zusammenfassung

Das an der Hochschule Offenburg entwickelte SF-Radar ist in der Lage 2-D- und auch 3-D-Radarbilder von Fremdkörpern in Lebensmittel zu erzeugen. Das Radar ist ein Laboraufbau und sehr flexibel verwendbar. So können nahezu alle Parameter wie Frequenzbereich, Anzahl der Frequenzsteps, Sendeleistung, Bandbreiten, Verstärkungen per Software gesteuert werden. Optimierungen bezüglich Geschwindigkeit und Bildauswertung sind am IUAS in Arbeit.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele
Mitglied am Institute for Unmanned Aerial
Systems (IUAS)
l.schuessele@hs-offenburg.de



Dr. Valentin Ortega Clavero M.Sc.
Akad. Mitarbeiter am IUAS: Erforschung und
Entwicklung von Ultrabreitband-Radaren
valentin.ortega@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder
bis Feb. 2020 Leiter des IUAS
w.schroeder@hs-offenburg.de

Für den vollen Durchblick bringen wir das Eis zum Schmelzen

Prof. Dr.-Ing. Marlene Harter, Markus Rösch, Ahmed Abuelkassem B.Eng.

Seit mehreren Jahren ist Radar ein fester Bestandteil moderner Fahrzeuge. Für eine designverträgliche Integration werden die Radarsensoren zunehmend verdeckt hinter Stoßfängern und Emblemen verbaut. Um die volle Funktionalität auch im Winter zu gewährleisten, können störende Schnee- und Eisablagerungen mit folienintegrierten Widerstandsheizungen vermieden werden. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die automatisierte Auslegung der Heizfolie entsprechend der erforderlichen Heizleistung bei gleichzeitiger Sicherstellung der Durchlässigkeit für die Radarwellen.

Radar has been an integral part of modern vehicles for several years. A design-compatible integration can be achieved by mounting the radar sensors behind bumpers and emblems. To ensure full functionality even during winter time, interfering snow and ice deposits can be avoided with the help of foil-integrated resistance heaters. The aim of this research project is the automated design of the heating foil according to the required heating power while providing good signal penetrability in the desired frequency band.



Einleitung

Die rasante Entwicklung der Fahrzeugtechnik auf dem Weg vom teilautomatisierten hin zum vollständig autonomen Fahren erfordert immer genauere, durch Sensoren ermittelte Umfeldinformationen. Als eine zentrale Sensorkategorie für die Umfelderkennung und Abstandsmessung ist die Radarsensorik geeignet. Moderne Fahrzeuge sind mit zahlreichen Radarsensoren für die unterschiedlichsten Funktionen ausgestattet. Für eine designverträgliche Integration gehen die Fahrzeughersteller zunehmend dazu über, die Radarsensoren verdeckt hinter Stoßfängern, Design-Emblemen und Kunststoffteilen zu verbauen. Diese Abdeckungen, auch genannt Radome (engl. Radar Domicile), müssen für die entsprechenden Radarwellenlängen über die gesamte Fläche möglichst homogen und gut durchlässig sein, da es ansonsten zu Winkelfehlern, Verzerrungen oder zu einer starken Dämpfung der Radarsignale kommen kann [1-3]. Um die volle Funktionsfähigkeit eines Radarsensors auch im Winter gewährleisten zu können, muss die Abdeckung eisfrei gehalten werden. Über eine in die Abdeckung eingebrachte folienintegrierte Widerstandsheizung, wie in Abbildung 1 dargestellt, lassen sich die Schnee- und Eisablagerungen vermeiden.

Projektziel

Zusammen mit der Firma New Albea wird im Rahmen des gemeinsamen Projekts „Entwicklung einer Technologieplattform zur automatisierten Produkt- und Produktionskonfiguration radartransparenter Radom-Heizfolien mit maßgeschneiderter Geometrie und Funktionscharakteristik“, gefördert durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand, eine Anwendung zur automatisierten Layout-Generierung sowie die optimale radartransparente Auslegung dieser Heizfolien entwickelt und erforscht.

Die von der Firma New Albea entwickelten Heizfolien bieten den Vorteil, dass sie sehr nah an die Oberfläche platziert werden können und dadurch nur einen geringen Stromverbrauch bei sehr guter Heizleistung haben. Zudem lassen sich die Folien bedrucken, sodass sie auch aus Designsicht neue Möglichkeiten eröffnen. Die Kontaktierung der Heizdrähte ist eine große Herausforderung, da sie nicht sichtbar sein darf und absolute Zuverlässigkeit über die Lebensdauer gewährleisten muss. New Albea hat hier im Rahmen des durch das Zentrale Innovationsprogramms Mittelstand geförderten Projekts eine patentierte Lösung entwickelt.



Bei der elektrischen Beheizung von Radomen durch eine folienintegrierte Widerstandsheizung besteht die Herausforderung nun darin, dass das Legemuster und die Abstände der Heizdrähte auf die erforderliche Heizleistung, die geometrischen Vorgaben entsprechend den Anforderungen des Einbauorts, Montagevorgaben sowie Lage und Art der Kontaktierung der Heizdrähte abzustimmen ist. Zugleich muss aber auch die einwandfreie Radartransparenz gewährleistet werden, die von der verwendeten Radarfrequenz, dem Drahtdurchmesser und den Drahtabständen abhängig ist. Wie in Abbildung 2 gezeigt, können die an der Heizfolie bzw. an dem Radom reflektierten Signale die Radar-Performanz hinsichtlich der Genauigkeit und Detektionsempfindlichkeit beeinträchtigen oder die empfangenen Signale sogar stören. Zur Sicherstellung der Verlässlichkeit und für eine optimale Performanz des Radarsensors ist die Radartransparenz der Heizfolie zwingend erforderlich.

Abb. 1:
Radar-Emblem mit
Widerstandsheizung
[Quelle: New Albea]

Bei der Folienauslegung sind also mehrere wechselseitig abhängige Kenngrößen sowie Geometrie- und Konstruktionsmerkmale zu bestimmen und für eine geeignete, funktional hochwertige und zugleich wirtschaftlich produzierbare Heizfolie zu konsolidieren. Mangels automatisierter Berechnungsmethoden muss eine zielführende Konfiguration bisher für jeden Anwendungsfall in aufwendigen Versuchs- und Korrekturschleifen iterativ erarbeitet werden. Zusätzliche Aufwände ergeben sich bezüglich der Sicherstellung der erforderlichen Radartransparenz, die vom Legemuster und Durchmesser des Heizdrahts abhängt. Das Projektziel ist die Entwicklung einer Technologie zur automatisierten Produkt- und Produktionskonfiguration von Radom-Heizfolien mit optimierter Geometrie und Funktion.

Projektverlauf und Ausblick

Im Vordergrund des zweijährigen Projekts steht die Entwicklung eines softwarebasierten Verfahrens, das eine automatisierte Layout-Generierung unter Gewährung der erforderlichen Radartransparenz für die relevanten Automotive-Radar-Frequenzbereiche bei 77 und 79 GHz ausgehend von bestimmten Zielspezifikationen ermöglicht. Hierzu gehören u. a. die geforderte Heizleistung, die verfügbare Fläche, geometrische Formvorgaben, und die Position der Kontaktierung der Heizdrähte.

Um die vorliegende Aufgabenstellung einer algorithmenbasierten Generierung und Bewertung zugänglich zu machen, wird eine geeignete Formalisierung erforscht, durch die die anwendungs- und fertigungsseitigen Rahmenvorgaben in dem automatisierten Prozess der Variantenberechnung und -bewertung geeignet eingebracht werden können. Dazu wird das

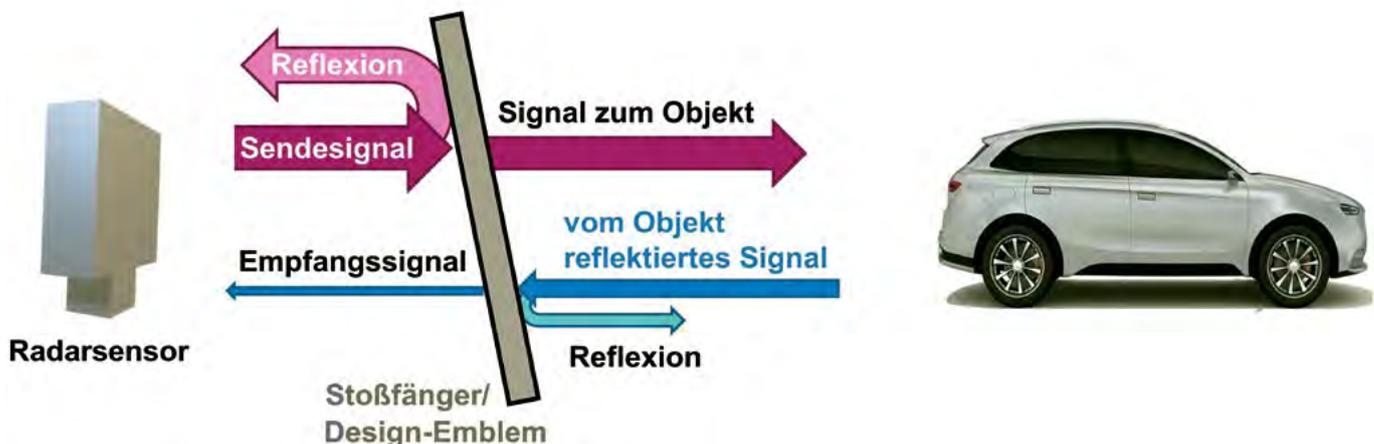


Abb. 2:
Transmission und Reflexion von Radarwellen bei verdecktem Verbau des Radarsensors im Fahrzeug

elektromagnetische Verhalten der Heizfolie in Abhängigkeit vom Legemuster und den Drahtabständen sowohl simulationsbasiert als auch messtechnisch untersucht. Abbildung 3 zeigt ein exemplarisches rechteckförmiges Drahtlayout mit vier Heizdrähten, welches innerhalb der Simulationssoftware CST (Computer Simulation Technology, Dassault Systèmes) über ein im Projekt entwickeltes Makro mit darin enthaltenem Drahtlege-Algorithmus automatisiert generiert wurde. Somit kann innerhalb von CST das Drahtlayout entsprechend vorgegebener Eingabeparameter, wie z. B. Form- und Flächenvorgaben nicht nur generiert, sondern auch hinsichtlich seines elektromagnetischen Verhaltens analysiert werden. Im weiteren Projektverlauf wird die Entwicklung einer eigenständigen Software-Applikation zur automatisierten Draht-Layout-Generierung fokussiert. Zudem wird ein Transmissionsmessplatz zur messtechnischen Charakterisierung der Strahlungs- und Wechselwirkungseffekte der realisierten Heizfolien im Frequenzbereich von 76 bis 81 GHz aufgebaut. Die Abbildung 4 zeigt ein Foto des derzeitigen Stands des Transmissionsmessplatzes in Draufsicht. Darin sind die Sende- und Empfangsantenne in Form von Hornantennen und die Folienhalterung in der Mitte ersichtlich. Dem Foto ist eine simulierte Wellenfront exemplarisch überlagert. Die ebenfalls skizzierten Linsen vor den Sende- und Empfangsantennen befinden sich aktuell noch in der Fertigung.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für die Förderung des Projekts im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand mit dem Förderkennzeichen ZF4098910LP9.

Referenzen/References:

- [1] M. Harter, J. Hildebrandt, A. Zirotto and T. Zwick, „Self-calibration of a 3-D-Digital Beamforming Radar System for Automotive Applications with Installation Behind Automotive Covers,“ in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 64, no. 9, pp. 2994-3000, Sept. 2016
- [2] N. Chen, R. Gourova, O. A. Krasnov and A. Yarovoy, „The influence of the water-covered dielectric radome on 77 GHz automotive radar signals,“ 2017 European Radar Conference (EURAD), Nuremberg, 2017, pp. 139-142
- [3] S. Matsuzawa and T. Watanabe, „Influence of resin cover on antenna gain for automotive millimeter wave radar,“ 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), Okinawa, Japan, 2016, pp. 704-705

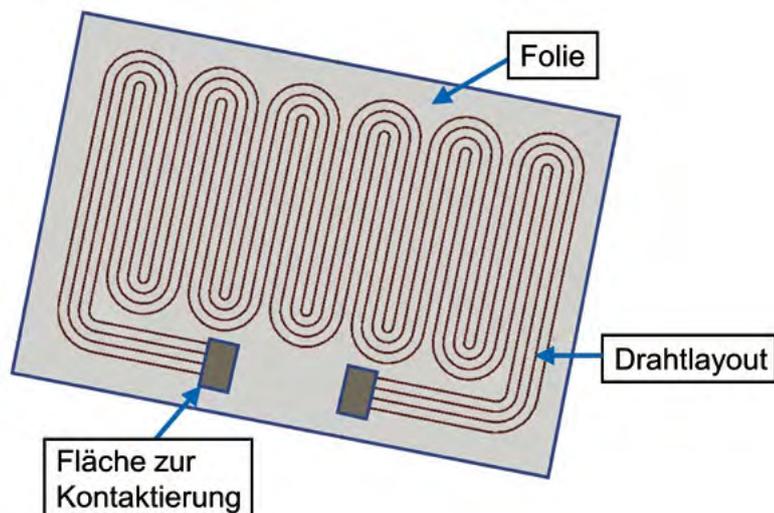


Abb. 3: Exemplarisch generiertes Heizdraht-Layout bestehend aus vier Heizdrähten in Rechteckform

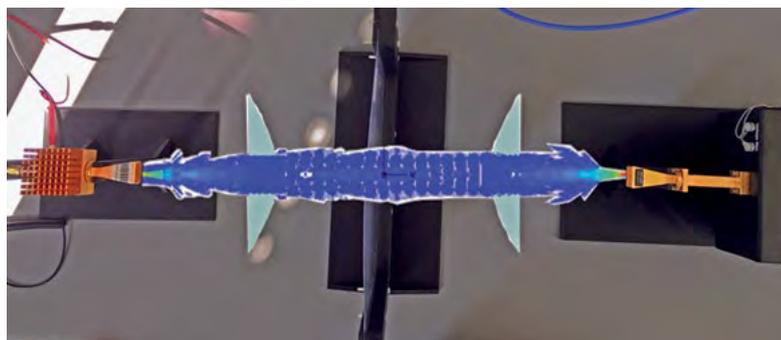


Abb. 4: Foto des sich im Aufbau befindlichen Transmissionsmessplatzes mit Sende- und Empfangsantenne und exemplarisch überlageter, simulierter Wellenfront

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Marlene Harter
 Fakultät EMI, Stellvertretende Institutsleiterin IUAS, Hochfrequenz- und Radartechnik
 marlene.harter@hs-offenburg.de



Markus Rösch
 Fakultät EMI
 Studierender im Studiengang Angewandte Informatik
 mroesch2@stud.hs-offenburg.de



Ahmed Abuelkassem B.Eng.
 Wiss. Mitarbeiter
 Studierender im Studiengang Communication and Media Engineering
 ahmed.abuelkassem@hs-offenburg.de

Hast Du schon gehört?

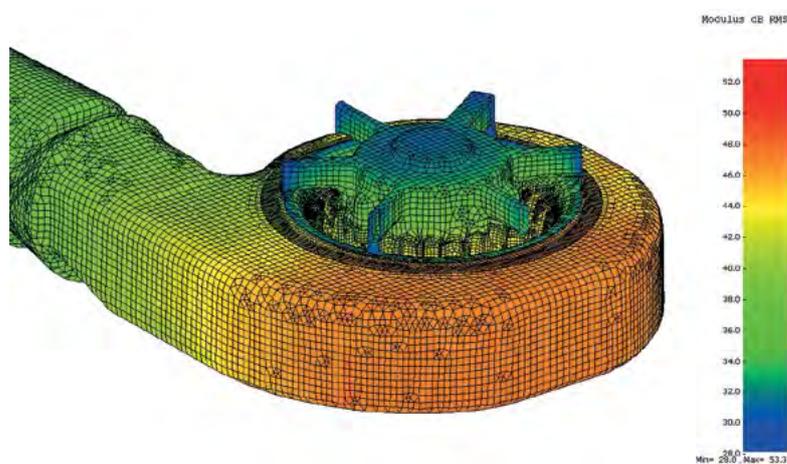
Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich

Im Vergleich zu klassischen Simulationsverfahren der Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics, CFD), werden solche aus dem Bereich der Aeroakustik (Computational-Aero-Acoustics, CAA) heute noch recht zurückhaltend eingesetzt. Diese Arbeit gibt einen ersten Einblick in das Engagement der Arbeitsgruppe Simulation des IUAS im Bereich Aeroakustik.

Compared to classical simulation methods of fluid mechanics (Computational Fluid Dynamics, CFD), those from the field of aeroacoustics (Computational Aero Acoustics, CAA) are still used rather cautiously today. This paper gives a first insight into the engagement of the Simulation group of IUAS in the field of aeroacoustics.

Wenn von einer Optimierung technischer Einrichtungen die Rede ist, denkt der Ingenieur in der Regel an energetische Größen, Wirkungsgrade, Effizienz oder Stromverbrauch. In den letzten Jahren rücken jedoch eine Reihe weiterer Kriterien in den Vordergrund, wie z. B. chemische oder biologische Agenzien, Licht- oder auch Schallemissionen. Bei Letzteren wird in den Medien mitunter von akustischer Umweltverschmutzung gesprochen, und tatsächlich ist Lärm - also der als störend empfundene Schall - ein psychosozialer Stressfaktor. Angesehen von dem individuellen subjektiven Empfinden, führt Lärm nachweislich zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Dies spiegelt sich nicht zuletzt auch in den immer strengeren Verordnungen und Richtlinien wieder, welche Hersteller vor gänzlich neue Herausforderungen stellen, vgl. [1-4]. Hohe Schallpegel oder auch andauernde Schallemissionen begegnen uns auch in vielen alltäglichen Lebenssituationen, weshalb dieser Aspekt für die Hersteller von Lösungen für die Raum- und Gebäudebelüftung von zunehmender Bedeutung ist.

Eine erste Beurteilung von Konzepten, Konstruktionen und Lösungsansätzen ist für die effiziente Entwicklung geeigneter Produkte bereits in einem möglichst frühen Entwicklungsstadium wichtig. Oft möchte man bereits vor dem ersten Prototyp unterschiedliche Varianten bewerten und so eine gezielte Entwicklung durchführen. Durch die hohe Verfügbarkeit ständig steigender Rechenleistung und -kapazität sind heute äußerst realitätsnahe Computersimulationen selbst komplexester Vorgänge möglich. Darüber hinaus bieten Sie Einblicke in Bereiche, die in experimentellen Untersuchungen nur äußerst schwer oder mitunter überhaupt nicht messbar sind. Während in den Bereichen der Struktur- oder Strömungsmechanik



moderne Simulationsverfahren heute oft schon selbstverständliche Werkzeuge im Alltag der Produktentwicklung sind, ist die Anwendung vergleichbarer Methoden für die akustische Vorhersage noch weniger verbreitet.

In Zusammenarbeit mit der Firma HELIOS Ventilatoren GmbH & Co KG aus Villingen-Schwenningen untersuchen die Autoren einen Radialventilator vor dem Hintergrund der eingangs genannten Herausforderungen mit numerischen Simulationsverfahren. Neben der grundlegenden aerodynamischen Analyse ist vor allem die Evaluation und Validierung der akustischen Simulation von Interesse. Durch den Vergleich mit aerodynamischen und akustischen Messdaten sowie die detaillierte Auswertung strömungsmechanischer Größen können Optimierungspotenziale identifiziert werden. Ziel ist es, sowohl die Effizienz als auch die Schallemissionen der Strömungsmaschine nachhaltig zu verbessern. Zum Einsatz kommen die Simulationsprogramme FINETM/Open und FINETM/Acoustics der Firma NUMECA.

Geräuschentstehung

Im Rahmen dieser Arbeit wird ausschließlich die Aerodynamik bzw. Aeroakustik der Strömungsmaschine betrachtet, d. h. die Schalleitung, -ausbreitung oder Transmission in Bauteilen (Körperschall und Fluid-Struktur-Interaktion, FSI) wird nicht betrachtet. Für Strömungsmaschinen gibt es eine Reihe von grundlegenden Entstehungsmechanismen für Schall oder Geräusche. Zum einen führen wechselladungsbehaftete Volumenströme sowie die Wechselladungsbeaufschlagung überströmter Oberflächen zu Schallemissionen, dies sind sog. Monopolquellen bzw. Dipolquellen. Andererseits sind auch die turbulenten Effekte in Scherschichten oder innerhalb der freien Strömung ursächlich für entsprechende Schallemissionen, wobei hier sog. Quadrupolquellen vorliegen [5, 6]. Die überwiegende Zahl an akustischen Untersuchungen in Ventilatoren betrachten vor allem die Schallemission aufgrund der Schaufelkräfte (Dipolquellen), da für den Betrieb bei i. d. R. sehr niedrigen Machzahlen mit einem nur untergeordneten Einfluss der übrigen Effekten ausgegangen wird [7].

Hinsichtlich der Ursache für eine entsprechende Wechselladungsbeaufschlagung muss zwischen stationären und instationären Kräften unterschieden werden. Während bestimmte Anteile des Druckfeldes im rotierenden Bezugssystem des Laufrades konstant sind, führen diese zu einer periodisch veränderlichen Druckschwankung im ortsfesten Bezugssystem. Dabei rufen die komplexen Strömungsvorgänge in den unterschiedlichen Inertialsystemen sowie deren Wechselwirkungen meist tonale Schallfelder hervor. Charakteristisch hierfür sind die sog. Blattpassierfrequenzen (blade passing frequency, BPF) mit welcher z. B. die Schaufeln des Laufrades an einem ortsfesten Beobachter vorbeilaufen, sowie deren Harmonische. In gleicher Weise wird das rotierende durch das ortsfeste Bezugssystem angeregt, wodurch äußert komplexe tonale Frequenzspektren entstehen können. Bei instationären Schaufelkräften hingegen handelt es sich um Kräfte, die im jeweiligen Inertialsystem transient auftreten können; beispielsweise durch eine ungleichmäßige Anströmung des Laufrades, durch eine stromaufwärts gelegene Ursache oder durch turbulente Effekte. Hieraus resultiert schließlich die sog. breitbandige Schallabstrahlung, die eine ganze Bandbreite an Frequenzbereichen abdeckt.

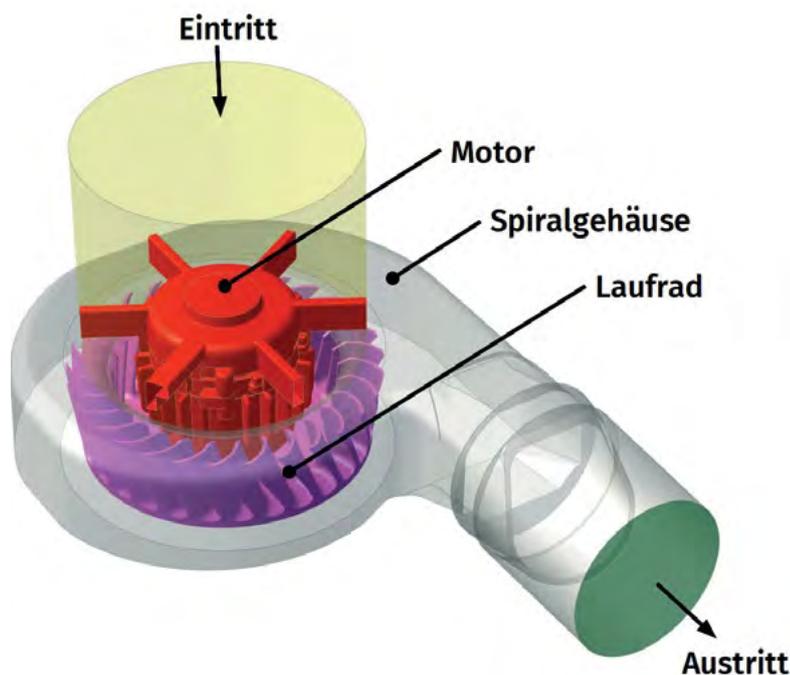


Abb. 1:
Die Geometrie eines Radialventilators (Einlaufbereich mit komplexer Motor-geometrie, Rotor und Spiralgehäuse) als Testfall für die kombinierte aerodynamische und aeroakustische Simulation.

Vorläufige Ergebnisse laufender Arbeiten

Für die aktuell andauernden umfangreichen Arbeiten können an dieser Stelle erste exemplarische Ergebnisse gezeigt werden. Untersucht werden insgesamt sechs unterschiedliche Betriebspunkte, die allesamt im ausgeprägten Teillastbereich - auch „off-design“ - der Strömungsmaschine liegen. Allein dies ist eine Herausforderung für aerodynamische Simulationen, die letztlich als Basis für die aeroakustische Untersuchung dienen.

Da für diesen Testfall sowohl tonale als auch breitbandige Schallemissionen betrachtet werden sollen, müssen zusätzlich zu stationären Simulationen auch instationäre Simulationen für insgesamt sechs Betriebspunkte durchgeführt werden. Die Ergebnisse der stationären und instationären Untersuchungen bieten einen wertvollen und detaillierten Einblick sowohl für die aerodynamische als auch die aeroakustische Beurteilung.

Während für die stationären Untersuchungen die Annahme gleicher Strömungsverhältnisse in jedem Schaufelkanal des Rotors getroffen wird und somit die Modellierung einer Laufradschaufel ausreichend ist, muss für die instationäre Untersuchung das komplette Laufrad mit allen Schaufeln berücksichtigt werden. Hierdurch steigt der Aufwand von rund fünf Millionen Gitterpunkten für den stationären Fall auf etwa sieben Millionen Gitterpunkten für den instationären Fall an. Auch hinsichtlich der Rechenzeiten ergeben sich ganz unterschiedliche Bedarfe. Ein stationärer Be-

triebspunkt benötigt auf einem 64-Prozessor Hochleistungsrechner der Hochschule Offenburg etwa zwei Stunden Rechenzeit. Um hingegen für einen instationären Betriebspunkt ein periodisches bzw. voll eingeschwungenes Betriebsverhalten zu erreichen, sind auch in der Simulation bis zu zehn volle Umdrehungen des Laufrades bei einer Winkelauflösung von etwa einem Grad durchzuführen – dies führt auf dem gleichen Hochleistungssystem zu einer Rechenzeit von mehreren Tagen.

Die Abbildung 2 zeigt einen Vergleich der stationären Simulationsergebnisse mit Messdaten für aerodynamische Kenngrößen. Vor dem Hintergrund, dass bei diesem Testfall Betriebspunkte im ausgeprägten Teillastbereich untersucht werden, weshalb komplexe Strömungsverhältnisse und Verlustmechanismen auftreten, ist die sehr gute Übereinstimmung bemerkenswert. Ein Ergebnis der tonalen Untersuchung auf Basis der instationären Simulationen zeigt Abbildung 3. Darin ist beispielhaft das Spektrum eines entdimensionalisierten Schalldrucks für einen exemplarischen Betriebspunkt für Auswertungen im Zuströmbereich des Radialventilators dargestellt. Hierin zeigen sich keine signifikanten diskreten Intensitäten bei den bekannten Schaufelpassierfrequenzen oder deren Harmonischen, d. h. die Interaktion zwischen den Komponenten im ortsfesten und rotierenden Bezugssystem rufen keine nennenswerten tonalen Schallemissionen hervor. Die deutliche diskrete Intensität bei geringer Frequenz stimmt mit der Drehfrequenz der Maschine in diesem Betriebspunkt überein. Dabei ist zu beachten, dass das diskrete Signal trotz deutlicher Amplitude in einem für das menschliche Ohr nur schwer wahrnehmbaren Bereich liegt und damit keinen signifikanten Einfluss hat.

Eine Auswertung der breitbandigen Schallemissionen auf Basis der stationären Strömungsberechnungen zeigt Abbildung 4. Dargestellt ist hier der direkte Vergleich gemessener Schallleistungspegel mit den Ergebnissen der aeroakustischen Simulation. Während die Charakteristik gut wiedergegeben wird, zeigen sich je nach Frequenzbereich Abweichungen von bis zu 8 dB(A). Dabei muss unbedingt erwähnt werden, dass eine Reihe von adaptierbaren Einflussgrößen in der vorgeschalteten Strömungsberechnung existieren, wie z. B. das eingesetzte Turbulenzmodell, Randbedingungen, sowie Parameter der numerischen Methoden, deren Einfluss im Rahmen einer Sensibilitätsanalyse bestimmt werden muss und die eine Verbesserung der Ergebnisse versprechen.

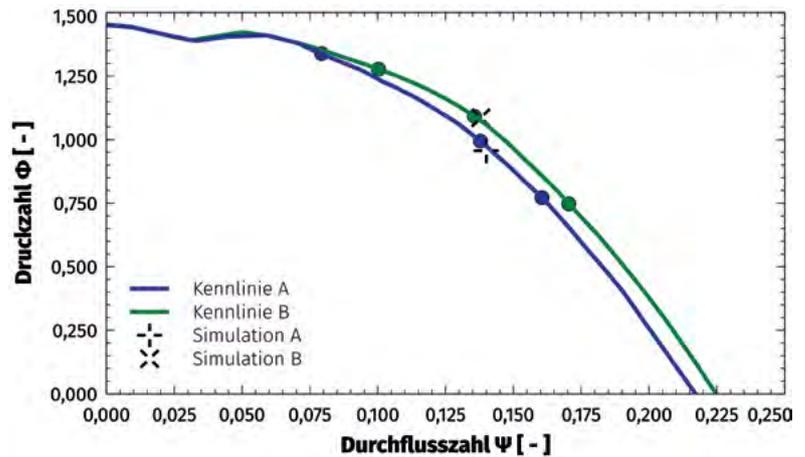


Abb. 2: Der Vergleich von Messung und aerodynamischer Simulation für zwei exemplarische Betriebspunkte A und B für den Testfalls des Radialventilators

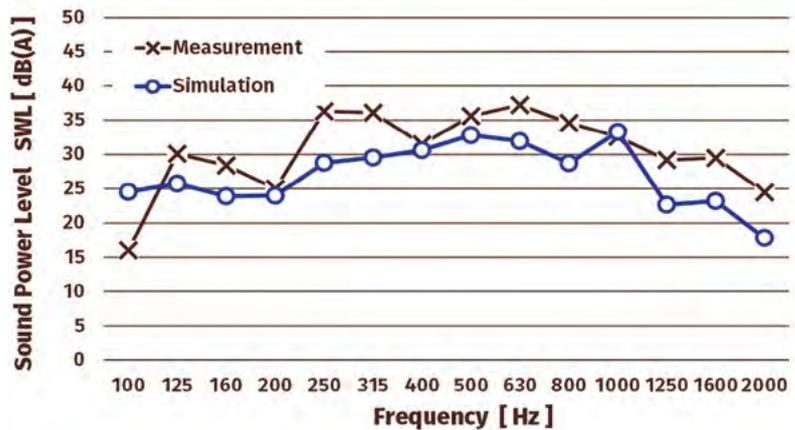


Abb. 3: Das Spektrum des Schalldrucks als beispielhaftes Ergebnis der tonalen Untersuchung für einen ausgewählten Betriebspunkt zeigt, dass die Schaufelpassierfrequenzen hier keinen signifikanten Einfluss haben

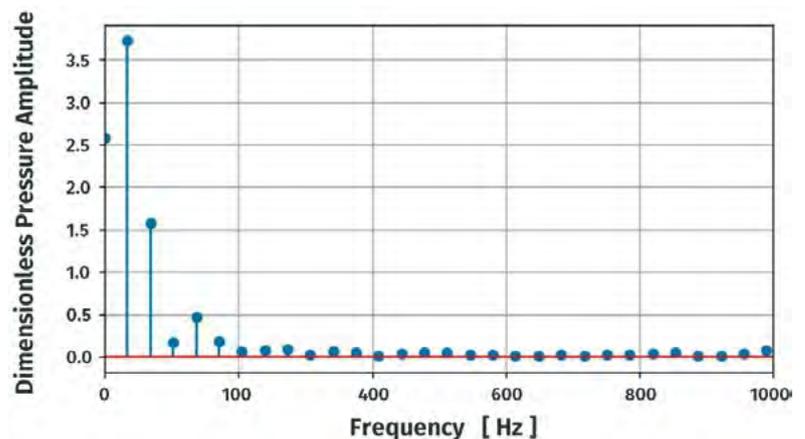


Abb. 4: Vergleich des gemessenen und der berechneten breitbandigen Schallleistungspegels im Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 2000 Hz für einen exemplarischen Betriebspunkt

Neben der tonalen und breitbandigen Auswertung im Frequenzbereich kann auch eine Auswertung des Schalldrucks im Fernfeld durchgeführt werden. Hierzu ist in Abbildung 5 der Schalldruckpegel in dB(A) für unterschiedliche diskrete Frequenzen auf einer horizontalen Hüllkurve von einem Meter Radius dargestellt. Der Pegel ist hier für alle gewählten Frequenzen in einem Abstand von einem Meter unterhalb 30 dB(A); ein Geräuschpegel, der vom menschlichen Gehör nur in geringem Maße wahrgenommen wird - zum Vergleich: Atemgeräusche in einem Meter Abstand entsprechen einem Schalldruckpegel von 30 dB(A) [5].

Zusammenfassung und Ausblick

Gezeigt wurden erste Ergebnisse der laufenden Arbeiten zur aeroakustischen Simulation. Die Resultate der zugrunde liegenden aerodynamischen Simulation sind von hoher Qualität, d. h. der Vergleich zu Messdaten zeigt Abweichungen von unter 3 %. Selbst komplexe Effekte für Betriebspunkte im ausgeprägten Teillastbereich konnten sehr gut abgebildet werden.

Die vorläufigen Auswertungen der aeroakustischen Simulationen sind vielversprechend. Die exemplarischen Darstellungen geben einen Eindruck möglicher Auswertungen und ein erster Vergleich mit Messdaten ist hervorragend. Für den Stand der Arbeiten und das Maß an gesammelter Erfahrung sind die genannten Abweichungen in einem vertretbaren und akzeptablen Rahmen.

Insgesamt stellen die detaillierten Einblicke in das Strömungsverhalten und deren akustische Auswirkungen einen hohen Mehrwert dar und erlauben so eine zielgerichtete Vorgehensweise bei der strömungsmechanischen und akustischen Optimierung. Wir freuen uns, Ihnen in Kürze mehr zu diesem spannenden Arbeitsgebiet präsentieren zu dürfen. Sollten Sie Interesse an Untersuchungen und Simulationen im Bereich der Strömungsmechanik und Akustik haben, melden Sie sich jederzeit gern am Institute for Unmanned Aerial Systems.

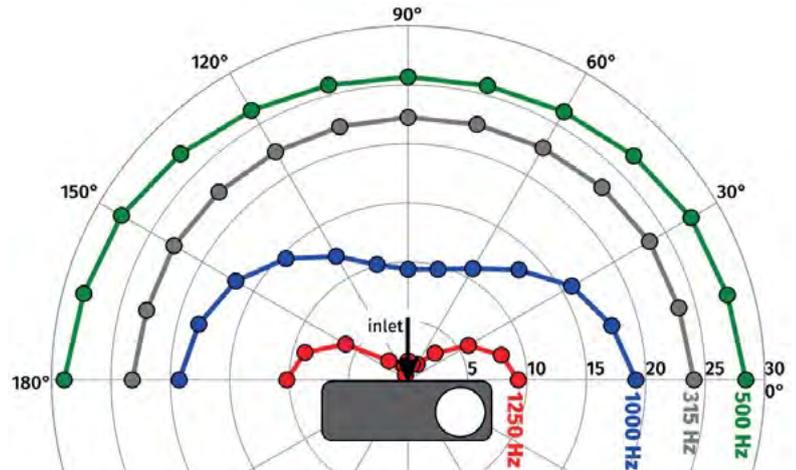


Abb. 5:

Auswertung des Schalldruckpegels gemessen in dB(A) für unterschiedliche diskrete Frequenzen auf einer horizontalen Hüllkurve von einem Meter Radius

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich
Fakultät M+V, Institutsleiter IUAS
Thermodynamik, Strömungslehre
Strömungsmaschinen,
Numerische Fluidmechanik, Gasdynamik
joerg.ettrich@hs-offenburg.de



Jonas Dattenberg B.Eng.
Fakultät M+V,
Studierender im Studiengang MME im
Wintersemester 2020/21
jonas.dattenberg@stud.hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- ¹ Finite-Elemente-Methode (FEM), oft stellvertretend für die sturkturmechanische Simulation und Computational-Fluid-Dynamics (CFD) stellvertretend für die numerische Strömungssimulation
- ² Computational Aero Acoustics (CAA)
- ³ <https://www.numeca.de>

- [1] Verordnung (EU) Nr. 1253/2014 der Kommission vom 7. Juli 2014 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsanlagen
- [2] DIN EN 13142:2016-03, Lüftung von Gebäuden - Bauteile/Produkte für die Lüftung von Wohnungen - Geforderte und frei wählbare Leistungskenngrößen
- [3] DIN EN 16798-3:2017-11, Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 3: Lüftung von Nichtwohngebäuden - Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme (Module M5-1, M5-4)
- [4] DIN EN 13053:2020-05, Lüftung von Gebäuden - Zentrale raumlufttechnische Geräte - Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten
- [5] G. Müller und M. Möser, Hrsg., Numerische Methoden der Technischen Akustik. Berlin: Springer Berlin, 2017
- [6] W. Neise und U. Michel, Aerodynamic noise of turbomachines, DLR Internal Report 22314-94/B5, Berlin, 1994
- [7] T. Carolus, Ventilatoren. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2013



IMLA – INSTITUTE FOR MACHINE LEARNING AND ANALYTICS

„Das IMLA bündelt Fach- und Fakultätsübergreifend die Forschungsaktivitäten in den Bereichen der Künstlichen Intelligenz, des Maschinellen Lernens und der Datenanalyse.“

Unter dem Oberbegriff der “Künstlichen Intelligenz” (KI) sind die Methoden des Maschinellen Lernens und der mathematischen Datenanalyse in den letzten Jahren aus akademischen “Nischenfeldern” zu viel beachteten Werkzeugen mit breiten Anwendungsmöglichkeiten herangewachsen. Während sich die methodischen Grundlagen der KI immer noch rasant weiter entwickeln, bedarf es für ihren erfolgreichen und nachhaltigen Einsatz zur Lösung praktischer Fragestellungen jedoch weit mehr als nur KI-Expertise: Ohne Fachwissen aus der Anwendungsdomäne und einer fundierten Technikfolgenabschätzung, insbesondere im Hinblick auf die gesellschaftlichen und ethischen Auswirkungen einzelner Anwendungen, sind KI-Projekte in der Praxis kaum umsetzbar. Aus diesem Grund haben sich im IMLA Forschende aus allen Fakultäten mit einem breiten technischen und wirtschaftswissenschaftlichen Anwendungsspektrum mit KI-Expertinnen und Geisteswissenschaftlern zusammengeschlossen, um gemeinsam die anwendungsnahe KI-Forschung an der Hochschule voranzutreiben (<https://imla.hs-offenburg.de/>).

Nachrichten aus dem IMLA:

- Prof. Dr. Daniela Oelke wurde auf die Professur “Machine Learning” berufen. Sie ist zum WS20/21 aus der Konzernforschung von Siemens an die Hochschule gewechselt und erweitert am IMLA die KI Forschung in den Gebieten “Erklärbare KI” und Visual Analytics.
- Team Magma siegt im Roboterfußball bei den “Brazil Open”: nachdem die Weltmeisterschaften Corona bedingt leider ausgefallen waren, konnte sich unsere amtierenden Vize-Weltmeister zumindest virtuell bei den Brazil Open beweisen und gewannen den nächsten Titel in Ihrer Klasse [1].
- Auch bei der Einwerbung von Forschungsgeldern war das IMLA 2020 weiter erfolgreich. Unter anderem konnte in Kooperation mit den Hochschulen in Karlsruhe und Furtwangen das KI-Anwendungszentrum Quality Assurance of Machine Learning Applications (Q-AMeLiA) [2] eingerichtet werden. In diesem vom Land Baden-Württemberg geförderten Projekt werden in enger Zusammenarbeit mit lokalen Firmen der Softwareentwicklungslebenszyklus und das Qualitätsmanagement in KI-Projekten untersucht.

Szene aus dem IMLA “Zumi-Labor”, unserer neuen Modellwelt für Forschung und Lehre autonomer Fahrzeuge. Die kleinen Zumi-Roboter verfügen über Kamera und weitere Sensoren und werden zur Erprobung von KI-Methoden unter kontrollierten Bedingungen eine Modellwelt eingesetzt.

*Institutsleitung
Prof. Dr.-Ing. Janis Keuper und
Prof. Dr. Dr. rer. nat. Tobias Hagen*

bwGPUL

Ralph Isenmann M.Sc., Steffen Ritter M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Janis Keuper, Prof. Dr.-Ing. Jan Münchenberg

Durch das Projekt bwGPUL soll der Landesdienst bwLehrpool befähigt werden, GPU Ressourcen adäquat in der Lehre nutzbar zu machen. Dies hat insbesondere bei Lehrveranstaltungen rund um das Fachgebiet Machine Learning und Künstliche Intelligenz an Bedeutung gewonnen. Mit der Realisierung eines Remotezugangs wird bwLehrpool befähigt, Lehrressourcen auch bei Schließzeiten bereitzustellen. Insbesondere hat dieser Zugang den online Lehrbetrieb in den Lockdown-Phasen während der Coronapandemie ermöglicht. Das Projekt wird vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) gefördert.

The bwGPUL project is intended to enable the bwLehrpool state-wide service to make adequate use of GPU resources in teaching. This has become especially important for courses in the field of machine learning and artificial intelligence. With the implementation of remote access, bwLehrpool will be enabled to provide teaching resources even during closing times. In particular, this access has enabled online teaching during lockdown periods during the corona pandemic. The project is funded by the Ministry of Science, Research and Arts Baden-Württemberg (MWK).

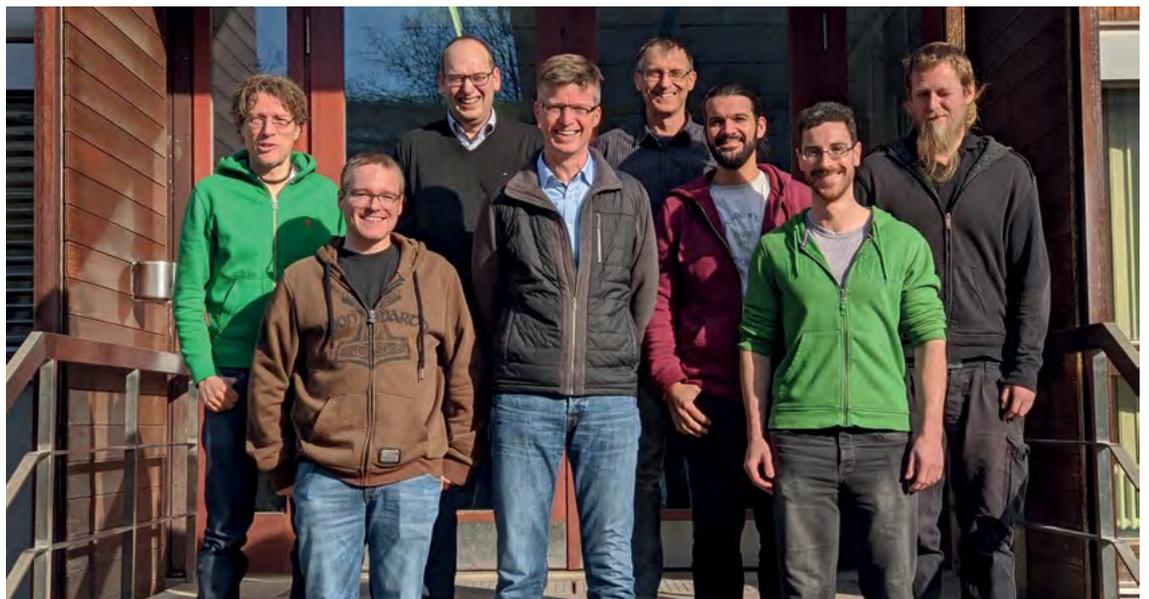


Abb. 1:
Die Projektbeteiligten
der Hochschulen
Offenburg, Furtwangen
und der Universität
Freiburg

Einführung

Schon seit einigen Jahren haben neue datengetriebene Methodiken die Bereiche der Künstlichen Intelligenz (KI) und des Maschinellen Lernens (ML) erweitert. Hierbei haben diese Methoden in den unterschiedlichsten Bereichen (Bildklassifikation, Objektdetektion, Spracherkennung und -generierung uvm.) Einzug erhalten und in den Bereichen neue Rekorde in Genauigkeit und Geschwindigkeit aufgestellt. Diese Methodiken haben jedoch hohe Anforderungen an die Recheninfrastruktur. Damit diese ML-Algorithmen adäquat in Lehre und Forschung genutzt werden können, ist eine geeignete GPU-basierte Recheninfrastruktur Voraussetzung.

Unternehmen wie Amazon, Google und Co bieten zwar Plattformen an, die es erlauben, entsprechende ML-Algorithmen auf performanter Hardware auszuführen. Jedoch sind diese Lösungen in der Regel mit hohen Kosten und meist ungenügendem Datenschutz verbunden. Zudem müssten Lehrinhalte speziell an diese Umgebung angepasst werden, womit Abhängigkeiten zu diesen Plattformen entstehen. Es existieren zwar bereits Speziallabore an Hochschulen, die eine GPU-Infrastruktur anbieten, jedoch können diese nicht optimal für neue Anforderungen zentral verwaltet werden. Die Notwendigkeit

an den Hochschulen und Universitäten, Poolräume zentral und für die unterschiedlichsten Lehrveranstaltungen zu betreiben, wird aufgrund der angespannten Finanzhaushalts- und Raumsituation immer wichtiger. Der Landesdienst bwLehrpool [1] stellt bereits eine etablierte Lösung bereit, die jedoch noch für rechenintensive Anwendungen (insbesondere das neue Lehrfeld KI/ML) optimiert werden muss.

bwGPUL

Das Projekt bwGPUL ist im März 2020 gestartet und wird kooperativ durch die Hochschulen Furtwangen und Offenburg sowie der Universität Freiburg (Abbildung 1) bearbeitet. Durch das Projekt werden Lösungskonzepte erarbeitet, welche den steigenden Bedarf an GPU-Ressourcen an Hochschulen in der Lehre entgegen soll. Zentraler Ausgangspunkt ist hierbei der Landesdienst bwLehrpool mit seinem gleichnamigen System, welches bereits jetzt schon ein hervorragendes Werkzeug ist, um die unterschiedlichen Poolräume einer Hochschule zentral zu verwalten. bwGPUL ist ein vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) gefördertes Projekt und endet im August 2021.

Derzeit beschäftigen sich viele Themengebiete aus Industrie und Forschung mit Künstlicher Intelligenz (KI) und Maschinellem Lernen (ML). Beispiele wie autonomes Fahren oder Bild- bzw. Videoerkennung sind nur zwei populäre Teilgebiete, die in den letzten Jahren großes Interesse wecken. In der Industrie gängige Vorgehensweisen wie das Bündeln von Rechenkapazität in einem zentralen Cluster sind in der Lehre häufig nicht praktikabel oder schlicht zu teuer. Dabei gibt es in Form von üppig ausgestatteten Workstations oder Einzelplatzrechnern durchaus Kapazitäten. Diese in Randzeiten häufig brachliegenden Ressourcen sollen im Projekt bwGPUL flexibel für die Lehre nutzbar gemacht werden.

Ziele

Durch bwGPUL sollen nachhaltige und kostengünstige Lösungsmöglichkeiten für die Beschaffung und Verwaltung von GPU-Ressourcen für die Lehre entwickelt werden. Zudem sollen prototypische Lösungen realisiert werden, die diese neuen Ressourcen innerhalb des bwLehrpool Systems optimal für Lehre und Forschung nutzen bzw. bereitstellen. Es

soll möglichst auf bestehender Infrastruktur aufgebaut und Synergien mit Anwendungen jenseits der KI wie z. B. CAD, MATLAB oder Simulationsumgebungen genutzt werden. Hierdurch wird eine Vereinheitlichung der Poollandschaft angestrebt, um diese mit den verfügbaren Mitteln verwalten zu können. Das Projekt hat folgende Arbeitspakete:

- Erweiterung von bwLehrpool für GPU-Anwendungen.
- Erstellen von prototypischen KI/ML/CAD/MATLAB-Lehrumgebungen in bwLehrpool, welche für die neue Infrastruktur optimiert sind.
- Erweiterung von bwLehrpool um einen Remote-Zugang. Hierdurch wird erreicht, dass die leistungsfähige Hardware auch außerhalb der Öffnungszeiten der PC-Pools für Hausaufgaben, Projekte und Thesen genutzt werden kann.
- Erarbeitung eines Hardwarekonzepts für eine einheitliche bwGPU-Workstation, die gleichermaßen auf die neuen und alten Nutzergruppenszenarien abgestimmt ist.
- Konzeption einer Schnittstelle zwischen bwLehrpool und bwCloud, sodass Lehrumgebungen aus lokalen PC-Pools nahtlos im Landesdienst bwCloud verwendet werden können, um den Studierenden erweiterte Rechenkapazitäten anzubieten.
- Konzeption eines institutslokalen Clusterbetriebs, bei der ungenutzte Poolrechner zur Abarbeitung von Batch Jobs in den unterschiedlichen Bereichen (ML, Rendering, Simulation) genutzt werden können.

Projektverlauf

Bis zur Projekthalbzeit war es möglich, erste prototypische Lösungen für die unterschiedlichen Meilensteine zu erarbeiten.

Remotezugriff auf Poolrechner

Einen besonderen Stellenwert hat der Meilenstein Remotezugriff durch das derzeit grassierende Coronavirus erhalten. Da Präsenzveranstaltungen an den Hochschulen nicht mehr möglich sind, musste eine Lösung geschaffen werden, um Studierenden weiterhin Zugriff auf Rechnerkapazitäten der Hochschule und die virtuellen Lehrumgebungen für Veranstaltungen wie Labore und Praktika zu ermöglichen. Schon zum Ende des Sommersemesters 2020 lag eine erste Version des Remotezugangs vor. Zu Beginn des Wintersemesters 2020/21 hatte sich bereits ein produktiver Betrieb ein-

Referenzen/References:

- [1] D. von Suchodoletz, J. Münchenberg, W. Honigberger, S. Rettberg, M. Wilson and M. Lohr, „bwLehrpool – ein landesweiter Dienst für die Bereitstellung von PC-Pools in virtualisierter Umgebung für Lehre und Forschung“, PIK - Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation, vol. 37, no. 1, 2014. Available: 10.1515/pik-2013-0046 [Accessed 19 February 2021]
- [2] „Apache Guacamole™“, Guacamole.apache.org, 2021. [Online]. Available: <https://guacamole.apache.org/>. [Accessed: 19- Feb- 2021].
- [3] „Empowering App Development for Developers | Docker“, Docker, 2021. [Online]. Available: <https://www.docker.com/>. [Accessed: 19- Feb- 2021]
- [4] „Podman“, Podman.io, 2021. [Online]. Available: <https://podman.io/>. [Accessed: 19- Feb- 2021]
- [5] G. M. Kurtzer, „Singularity 2.1.2 - Linux application and environment containers for science“. Zenodo, 23-Aug-2016
- [6] M. Markon, „Integration von Machine Learning Containern in die HFU-PC-Labor-Infrastruktur“, Bachelorthesis, Hochschule Furtwangen, 2020
- [7] „Production-Grade Container Orchestration“, Kubernetes, 2021. [Online]. Available: <https://kubernetes.io/>. [Accessed: 19- Feb- 2021]
- [8] „bwCloud - IaaS für Forschung und Lehre in Baden-Württemberg | bw-cloud.org“, Bw-cloud.org, 2021. [Online]. Available: <https://www.bw-cloud.org/>. [Accessed: 19- Feb- 2021]
- [9] „Welcome to Krake's documentation! — Krake 2.0.0 documentation“, Rak-n-rok. readthedocs.io, 2021. [Online]. Available: <https://rak-n-rok.readthedocs.io/projects/krake/en/latest/#>. [Accessed: 19- Feb- 2021]

gespielt. Die Basis des Zugangs stellt Apache Guacamole [2] dar, welches durch ein Plugin an bwLehrpool angepasst wurde. Der Zugang erfolgt über einen einfachen Internetbrowser (Abbildung 2 links). Nach erfolgreichem Login eines Hochschulangehörigen kann ein bestimmter Raum ausgewählt werden (Abbildung 2 rechts). Daraufhin gelangt man an einen freien Pool-PC innerhalb der Hochschule, an dem wie gewohnt eine virtuelle Lehrumgebung gestartet und somit die nötigen Programme genutzt werden können. Dies ermöglicht den Dozierenden weiterhin, den Studienbetrieb als Onlinevariante auch mit praktischen Übungen fortzuführen. Das bestätigt auch die Statistik zur Nutzungsdauer von bwLehrpool (Abbildung 3). Diese ist mit der ersten Lock-down-Phase stark eingebrochen, nimmt jedoch seit der Einführung des Remotezugangs wieder zu.

GPU-Anwendungen in bwLehrpool

Die Verwaltung von virtuellen Lehrumgebungen in bwLehrpool übernehmen die Dozierenden in der Regel selbst. Hierbei stehen vorbereitete virtuelle Maschinen bereit, welche heruntergeladen und mit der gewünschten Software ausgestattet werden können. Danach wird diese Umgebung dem System hinzugefügt und mit einer Lehrveranstaltung verknüpft. Fortan ist diese Veranstaltung auf den Clients verfügbar. Die bwLehrpool-Suite ist hierbei das Werkzeug, mit dem eigene Images und Veranstaltungen verwaltet werden.

Durch Bereitstellung eines kompletten Linux Betriebssystems (MaxiLinux) durch bwLehrpool wurde eine Umgebung geschaffen, in der die native Hardware eines Pool-Clients genutzt werden kann. Durch Containerisierung soll eine weitere Möglichkeit geschaffen werden, die es Dozierenden erlaubt, die Umgebung für eigene Lehrveranstaltungen zu nutzen und mit Anwendungen anzupassen. Somit ist die bwLehrpool-Suite entsprechend zu erweitern, sodass zukünftig auch Container-Images verwaltet werden können. In einer ersten Version wurde der Schwerpunkt auf Docker [3] als Container-Tool gelegt. Jedoch sollen in zukünftigen Entwicklungen weitere Container-Tools, wie Podman [4] oder Singularity [5] geprüft und unterstützt werden.

Wesentliche Implementierungsdetails in diesem Meilenstein für die Verwaltung von

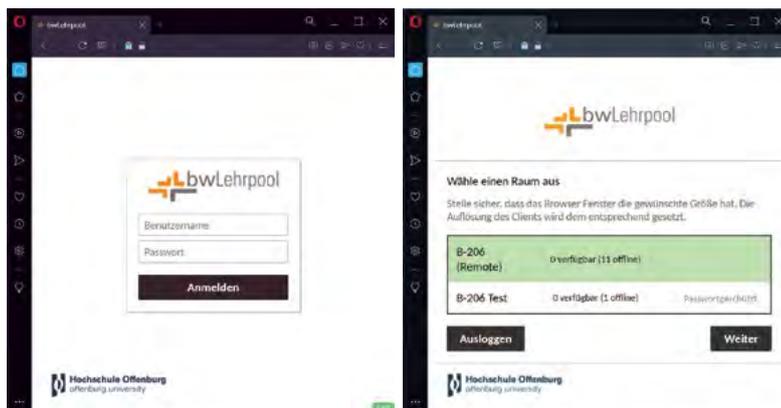


Abb. 2: Remotezugang über Browser (li), Remotezugang Raumauswahl (re)

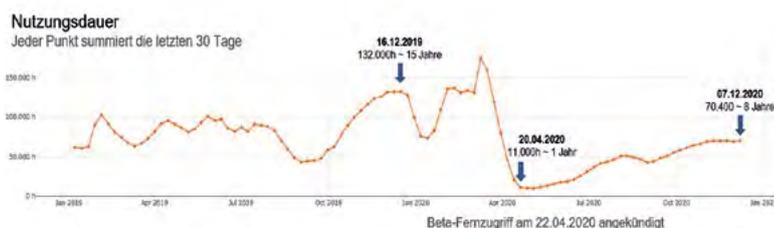


Abb. 3: Nutzungsstatistik des Remotezugangs von bwLehrpool

Container Images sind in der bwLehrpool-Suite sowohl server- als auch clientseitig umgesetzt. Somit ist es möglich, grundlegendes Know-how über Container vorausgesetzt, eigene Anwendungen als Container auszulagern und dem System hinzuzufügen. Selbst Anwendungen, die eine GPU voraussetzen sind somit auf geeigneten Client-Rechnern umsetzbar. Nachdem in der bwLehrpool-Suite entsprechende Veranstaltungen mit Containern angelegt wurden, sind diese sofort in der gewohnten Veranstaltungsauswahl auf einem Pool-Client auswählbar (Abbildung 4).

Im Dezember 2020 wurde in einem ersten Testszenario die Dockerintegration für eine spezielle Lehrumgebung geprüft. Die Lehrumgebung musste dabei eine Entwicklungsumgebung bereitstellen, die es erlaubt, Programme mit CUDA zu erstellen und direkt auf der Grafikkarte auszuführen (Abbildung 5). Dieses erste Szenario hat einen ersten Einblick in die Herausforderungen und den Aufwand für die Erstellung und Verwaltung solcher Lehrumgebungen ermöglicht.



Abb. 4:
Zusätzlich zu Veranstaltungen mit VM (Ubuntu, Windows) können jetzt Lehrveranstaltungen mit Container ausgewählt werden



Abb. 5:
Veranstaltung wird gestartet und lädt Ressourcen. Danach wird die Anwendung (NVIDIA Nsight) gestartet

Job-Manager und Ressourcebroker

Um die zur Verfügung stehende Hardware in den Poolräumen optimal auszunutzen, sollen Pool-Rechner während der Schließzeit (oder auch wenn diese ungenutzt sind), in einen Clusterbetrieb überführt werden. In diesem Betrieb können langandauernde Jobs, wie beispielsweise der Trainingsprozess eines Deep-Learnings-Modells (Bereich Machine Learning) oder Renderingaufgaben (Bereich Bildverarbeitung) definiert und durch Clients abgearbeitet werden.

Aufgrund der Corona Pandemie und der geänderten Priorisierung der Meilensteine haben in diesem Bereich erste Arbeiten zum Wintersemester 2020/21 begonnen. Durch eine zuvor durchgeführte Abschlussarbeit [6] konnten erste Erkenntnisse für einen Clusterbetrieb des bwLehrpool Systems gesammelt werden. Kubernetes [7] ist hierbei das eingesetzte Werkzeug, welches den Clusterbetrieb regelt. Sind freie Pool-Clients vorhanden, melden sich diese bei einem Master-Knoten als Worker-Knoten an. Äquivalent dazu muss sich jeder Client auch wieder abmelden, sobald er wieder für den Regelbetrieb benötigt wird.

Zusätzlich zum eigenen Clusterbetrieb durch bwLehrpool und Kubernetes in einem Poolraum soll auch ein Auslagern von Jobs zu externen Dienstleistern (z. B. bwCloud [8]) möglich sein. Krake [9] ist hierbei das in den Fokus gerückte Orchestrierungs- und Jobmanagementwerkzeug, welches zwischen den unterschiedlichen Plattformen (Kubernetes, OpenSlack, OpenShift) vermitteln soll.

Ausblick

Zur Hälfte der Projektlaufzeit liegen die abgeschlossenen Arbeiten mehrheitlich im Plan. Jedoch sind noch einige Punkte in der kommenden Projekthälfte umzusetzen. Allem voran

steht die Realisierung eines ersten Prototyps des „Job-Manager und Ressourcebrokers“ und den dazugehörigen Komponenten wie dem User Frontend. Zudem müssen Schnittstellen zur Anbindung externer Dienstleister konzipiert werden. Zur Vereinheitlichung der Pool-Landschaft ist ein Rechnerkonzept angestrebt, welches als Basismodell für eine GPU-Workstation dient. Dadurch wird vor allem die zentrale Verwaltung der Pools durch bwLehrpool vereinfacht. Zudem können durch Massenbestellungen die Kosten gesenkt werden. Eine Teststellung eines entsprechenden Rechnermodells, an der unterschiedliche Anwendungen getestet werden können, ist in Entwicklung.

AUTOREN



Ralph Isenmann M.Sc.
Akad. Mitarbeiter Campus IT (CIT)
ralph.isenmann@hs-offenburg.de



Steffen Ritter M.Sc.
Projektleitung bwLehrpool
Campus IT (CIT)
steffen.ritter@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Janis Keuper
Leiter Institute for Machine Learning and Analytics (IMLA)
janis.keuper@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Jan Münchenberg
Chief Information Officer (CIO) der Hochschule Offenburg
jan.muenchenberg@hs-offenburg.de

Fast allen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist die Wahrnehmung gemeinsam, dass (neue) Technik fundamentale Auswirkungen auf den einzelnen Menschen wie auch auf die globale Gesellschaft hat. Der Prozess der Digitalisierung lässt sich aber nicht auf die Lösung einzelner Probleme verkürzen, technische und gesellschaftliche Erzählungen wurden und werden verbunden und daraus werden neue Erzählungen komponiert:

- Je nach Standort wahlweise glücklich, dystopisch oder irgendwo dazwischen.
- Je nach Ziel technisch grundiert oder mit technischen Zuschreibungen aus dem Reich der Ideen von Gene Rodenberry.
- Je nach Einstellung, einem naiven Glauben an Rationalität und Logik unterworfen oder mit einer hohen Ambiguitätstoleranz verbunden.
- Je nach innerem Kompass einer persönlichen ethischen Kartierung verpflichtet, der bereit ist, im Feld der Terra Incognita Digitalis neue Wegmarken zu suchen.
- Je nach Menschenbild, als Hilfe zu persönlicher und gesellschaftlicher Freiheit (...je nachdem, wie man eben diese konstruiert).

Der erste Vortrag zur größeren Orientierung wurde von Prof. Dr. Vincent Müller gehalten: «Was ist heiß und was ist kalt in der Ethik der KI?». Er ist Professor in Ethics of Technology, Philosophy and Ethics Group an der Technical University of Eindhoven sowie auch am Interdisciplinary Ethics Applied Centre tätig und er ist auch Turing Fellow am The Alan Turing Institute. In seinem Vortrag grenzte er sich klar von Positionen wie „AI will solve all problems“ bzw. „AI may kill us all“ ab und plädierte für eine gesellschaftspolitische Auseinandersetzung bei der Frage, mit welchen Graden der „Verantwortung“ und „Autonomie“ Maschinen heute schon ausgestattet sind und wie reflexiv mit dieser Frage weiter umgegangen wird.

Auch der zweite Vortragende Prof. Dr. Dirk Helbing sprach zur Frage, wie sich die Gesellschaft schon verändert hat und sie sich weiter verändern wird. Herr Helbing ist Physiker und Soziologe und tätig an der ETH in Zürich. Er ist dort Professor für Computational Social Science am Department für Geistes-, Sozial- und Politikwissenschaften und an der ETH in Zürich Mitglied des Informatikdepartments und leitet an der Technischen Universität Delft die Doktorandenschule „Engineering Social Technologies for a Responsible Digital Future“

Dr. Uwe Pleban, der in seiner beruflich aktiven Zeit Direktor bei Accenture war, lenkte den Blick auf die Entwicklung von gpt2 bzw. gpt3 des OpenAI Projektes. Neben der technischen Entwicklung der letzten Jahre erläuterte er sowohl in theoretischer als auch in praktisch technischer Sicht die Möglichkeiten dieser Ansätze und zeigte an vielen Fallbeispielen die Einsatzmöglichkeiten dieser vorausschauenden „Art“ Texte selbst zu schreiben. Ein wichtiger Punkt in der Diskussion war auch die Verantwortung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wenn Texte gleichsam ohne Menschen möglich sind, diese aber z. B. in politischen Prozessen eine Wirksamkeit entfalten können.

Mit der Wirksamkeit von gesellschaftlichen Bildern zu den technischen Utopien und Dystopien befasste sich Prof. Dr. Oliver Krüger der Universität in Fribourg (CH). 2003 wurde Oliver Krüger an der Philosophischen Fakultät der Universität Bonn mit einer Dissertationsschrift über die Unsterblichkeitsutopien des Posthumanismus promoviert. Er arbeitete an der Universität Heidelberg sowie an der Princeton University. Er zeigte auf, wie der Begriff Künstliche Intelligenz normativ / ideell aufgeladen wurde und damit nicht nur ein Synonym für eine bessere Welt, sondern auch für einen Transhumanismus wurde, der einen besseren Menschen erschaffen will.

Wie beeinflusst es uns und andere, wenn wir mit dem Sensor-Shirt unsere Fitnessdaten aufzeichnen, mit der smarten Gabel unsere Ess-Intervalle messen oder mit einer App unseren Schlaf überwachen? Diese Fragen stellte Dhenya Schwarz M.A. von der RWTH Aachen als Ausgangspunkt ihres Vortrages: „Selbstvermessung des Körpers mittels Digitaltechnik.“

Selbstvermessung könne sehr nützlich sein, wie etwa im Rahmen eines Alzheimer-Forschungsprojekts, bei dem Kameras Bewegungsmuster von Personen aufzeichnen und dabei typische Entwicklungsmuster der Krankheit viel früher erkennen! Bei Selbstvermessungsgeräten sei aber eine grundsätzliche Distanz zu bewahren, nicht nur weil sie fehleranfällig sind, sondern weil sie sich auf die Psyche auswirken können: „Nur, weil ein Gerät sagt, dass ich schlecht geschlafen habe, muss das nicht bedeuten, dass ich mich nicht gut fühle“, so die Soziologin. Dhenya Schwarz benannte auch klar das Problem des Imposed Selftracking, bei dem der Gebrauch der Technologie beispielsweise von Versicherungen bestimmt

werden kann, die ihre Beiträge staffeln. Sehr spannend waren der theoretische Hintergrund ihrer Forschungen und der Rekurs auf die Positionen von Michel Foucault zur Gouvernementalität. Unter diesem Konzept versteht Michel Foucault „die Gesamtheit, gebildet aus den Institutionen, den Verfahren, Analysen und Reflexionen, den Berechnungen und Taktiken, die es gestatten, diese recht spezifische und doch komplexe Form der Macht auszuüben, die als Hauptzielscheibe die Bevölkerung, als Hauptwissensform, die politische Ökonomie und als wesentliches technisches Instrument die Sicherheitsdispositive hat.[...]“ Aus ihrer soziologischen Perspektive würden Körper nicht nur aus Neugierde vermessen, sondern auch aus Gründen der Kontrolle und Optimierung, wobei die gemessenen Zahlen als Mittel der Realitätskonstruktion herangezogen werden.

Dass Forschung und Entwicklung von Technologien soziale Fragen berücksichtigen müssen, darauf verwies Dr. Anton Schröpfer. Der wissenschaftliche Mitarbeiter der TU München ging der Frage nach, wie sich Technische Hochschulen zu den Erwartungen an den soziotechnischen Wandel und ihre attestierte Rolle als Akteure bisher verhalten haben. Dabei hat er vier Diskursstrategien organisationalen Handelns herausgefunden: Anerkennung, Leitbildgebung, Absorption und institutionelle Insellösungen (etwa das Einrichten von Gründerzentren). Beim Schlaglicht auf die Lehre betrachtete Dr. Schröpfer vor allem die Ingenieursausbildung: Hier werde ein Agieren als unternehmerisch-verantwortlich Forschende und das Erlernen soziotechnisch-integrativer Innovationsfähigkeit erwartet, sagte er. Vorschläge in Richtung soziotechnischer Integration würden nach wie vor stark von einem technologisch besetzten Innovationsverständnis dominiert, meinte Anton Schröpfer. Es solle hier in Einrichtungen durchaus auch passieren, dass eine Integration von ethischen Inhalten primär dazu dient, technologische Innovation und Fortschritt zu legitimieren und weniger zu reflektieren.

Unter dem theoretischen Rahmen der Gerechtigkeitstheorien von John Rawls analysierte Nadine Suttmöller gegenwärtige Big-Data-Strukturen. Frau Suttmöller ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für interdisziplinäre Forschung der Uni Bielefeld und leitet dort die Forschungsgruppe „Economic and Legal Challenges in the Advent of Smart Products“. Nach den Theorien von Rawls

ist eine Gesellschaft dann gerecht, wenn ihre Grundstruktur gerecht ist. Die Grundstruktur bilden Institutionen wie Privateigentum an Produktionsmitteln, Märkte mit Konkurrenz oder die Verfassung. Diese Institutionen verteilen gesellschaftliche Grundgüter wie Rechte und Freiheiten, Chancen, Einkommen und Vermögen. Für die gerechte Verteilung der Grundgüter müssen das Freiheitsprinzip und das Prinzip der Chancengleichheit gelten. Wie kann aber heute die Grundstruktur einer Gesellschaft angesichts Big Data (noch) und dessen Distributionsstrukturen und -Kanälen gerecht sein bzw. gerecht werden? Personenbezogene Daten werden als neues Produktionsmittel in den Markt gezogen, die aber im Vergleich zu bekannten Produktionsmitteln wie Arbeit, Boden oder Kapital immateriell sind, aber ungeheure Effizienz- und andere Gewinne erbringen können. Was bedeutet das hinsichtlich der Verteilung der Grundgüter? Geschieht diese Verteilung nach den Prinzipien der Freiheit der Chancengleichheit?

Die Reihe geht weiter!

Im Sommersemester werden voraussichtlich die Vortragenden Prof. Dr. Oliver Büsch, Medienpädagoge und Kommunikationswissenschaftler (Kath. Hochschule Mainz), Dr. Christoph Peylo, Leiter des Bosch Center for Artificial Intelligence und Dr. Jannina Loh, Technik- und Medienphilosophie (Universität Wien) mit dabei sein.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme.

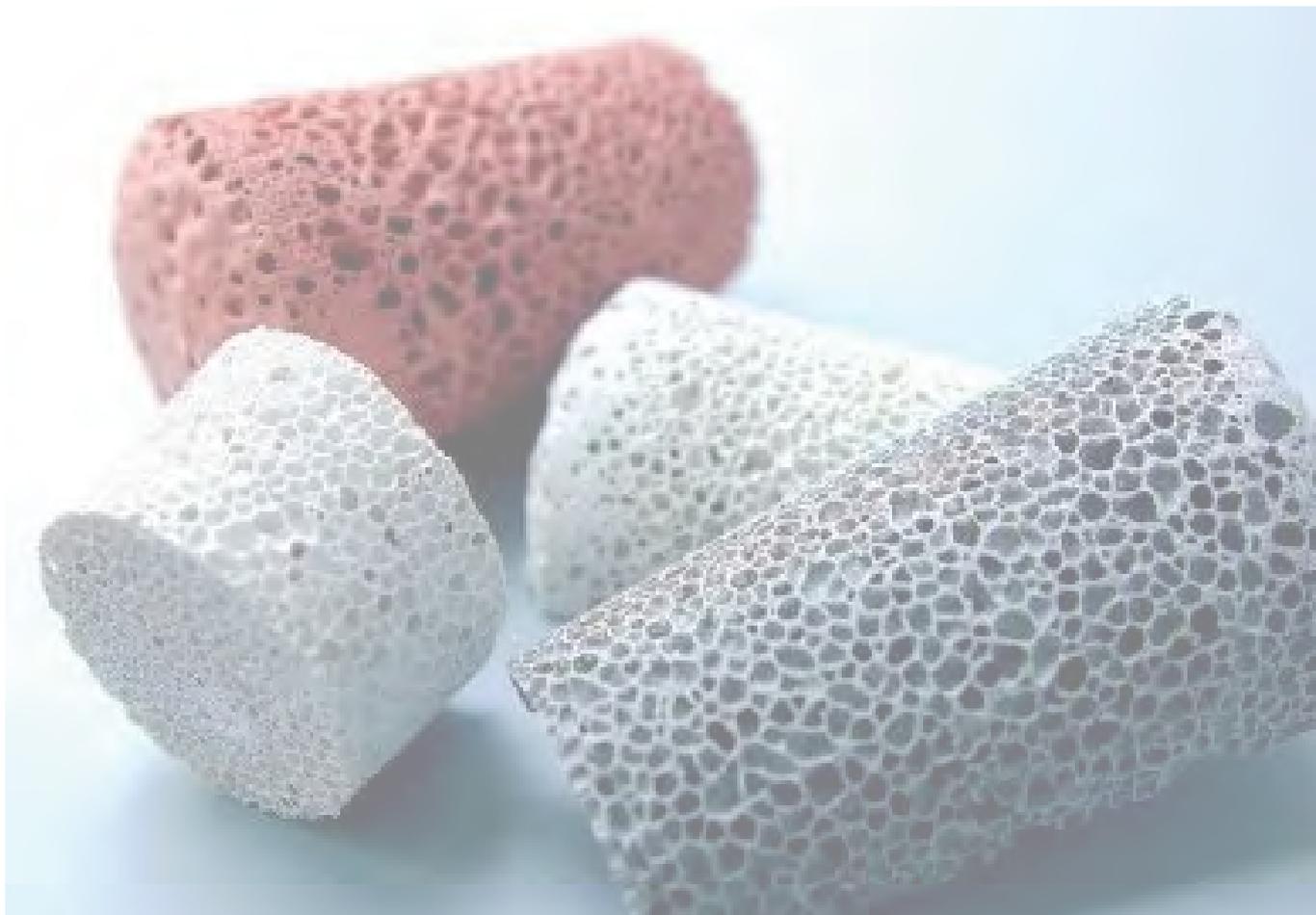
AUTOREN



Pfr. Dr. phil. Gernot Meier
Kulturwissenschaftler & Pfarrer (Ev. Akademie Bd.), Beauftragter für Ethik / Theologie der Digitalisierung (Ev. Landeskirche Bd.), ext. Mitglied IMLA, Lehrauftrag: Ethik in KI (HSO)
gernot.meier@ekiba.de



Prof. Dr.-Ing. Janis Keuper
Leiter Institute for Machine Learning and Analytics (IMLA)
janis.keuper@hs-offenburg.de



NaSiO – INSTITUT FÜR NACHHALTIGE SILIKATFORSCHUNG OFFENBURG

„Sustainably changing the world: the Institute for Sustainable Silicate Research Offenburg works on inorganic polymers (GEOPolymers), binders based on silicates“

The institute's goal is to develop materials with new properties from desert sand that are compatible with a future sustainable energy technology. GEOPolymer structures are the key to sustainable building technology, and it is the key to increased industrial use of desert sand. The simplest way to understand GEOPolymers is to think of them as polymeric sand.

GEOPolymer structures are formed from water glass, which can already be produced inexpensively from sand, soda ash and solar energy (s³ approach). The focus of the institute is on research into chemical reactions that enable GEOPolymer formation. In addition, the institute also works on the optimization of all processes for the formation of GEOPolymer structures. The main focus of all research is on resource conservation and environmental compatibility.

*Head of Institute
Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg*

A new kind of concrete for fire protection

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg, Simon Girsch B.Sc., Prof. Dipl. Ing. Dietmar Kohler

Das Institut NaSiO (Institut für Nachhaltige Silikatforschung in Offenburg, <https://inasio.hs-offenburg.de/>) arbeitet seit Jahren an klimafreundlichen Alternativen zu Dämmstoffen und anorganischen Bindern, wie auch dem sinnvollen Einsatz von Bauschutt in der Bauindustrie. Ziel der Forschung ist die Realisierung der enormen CO₂-Einsparpotenziale, die im Bausektor weltweit möglich sind. Ein Stoppen der Klimaerhitzung wird nur gelingen, wenn in der Bauindustrie diese klimafreundlichen Alternativen zum Einsatz kommen, denn nur so lassen sich die vor uns liegenden enormen CO₂-Einsparungen realisieren, die zur Einhaltung des Pariser Abkommens nötig sind.

The NaSiO Institute (Institute for Sustainable Silicate Research in Offenburg, <https://inasio.hs-offenburg.de/>) has been working for years on climate-friendly alternatives to insulation materials and inorganic binders, as well as the reasonable use of construction waste in the building industry. The aim of research is to realize the enormous CO₂ saving potential of the construction sector worldwide. A stopping of climate heating will only succeed if these climate-friendly alternatives are used in the construction industry. This is the only way to realize the enormous CO₂ savings that will be needed in future to comply with the Paris Agreement.

Problem definition

On December 14, 2020, the Badische Zeitung reported the fire of a Citroen Berlingo that caught fire while driving [1]. The fire risk of cars is still underestimated, and certainly will get worse in the future with increased use of electric cars. It happens again and again that because of a fire in an underground car park the whole building above has to be demolished because its stability is no longer guaranteed. The cause of such structural damage lies in the low stability of conventional concrete at high temperatures of over 650 °C [2].

In recent years concrete has also been in the headlines for two other issues. The production of concrete consumes a lot of river sand, which will no longer be available in future. The phrase „like the sand of the sea“ familiar from the Bible, applies no longer, because the inexhaustible sand deposits on or in the sea have long been a thing of the past. There is still plenty of sand worldwide, but only in sand deserts, which account for about 20 % of the world's desert areas. In the industrialized countries, the raw material quartz sand is slowly becoming scarce. River sand is needed in the construction sector because desert sand is largely unsuitable there for use. Its round grains, abraded by the wind, do not adhere to each other and cannot be used for concrete [3].

The biggest problem of modern concrete is only tentatively addressed in public: Approximately 0.80 tons of CO₂ are released per ton of cement produced. Due to the huge quantities of cement consumed worldwide (approx. four billion tons of cement in 2016), the cement industry is responsible for 5 to 8 % of anthropogenic carbon dioxide emissions. Most people are not aware of this problem with concrete, and it becomes clear when compared to the emissions from air travel that are so often in the headlines. While total air traffic resulted in CO₂ emissions of about 700 million tons per year in 2018, emissions from the cement industry were well over two billion tons of CO₂[4].

Against this background, there is an urgent need to search for new binders that have lower CO₂ emissions. Such new binders for example must be able to bind desert sand and they must be sufficiently stable at high temperatures. This is the reason, the NaSiO Institute (Institute for Sustainable Silicate Research in Offenburg) was founded. Here, research is still being carried out on the chemical conversion of water glass in combination with aluminates to form temperature-stable binders. Water glasses are colorless aqueous solutions of sodium and potassium silicate. The acronym NaSiO stands for the chemical formula of sodium water glass.

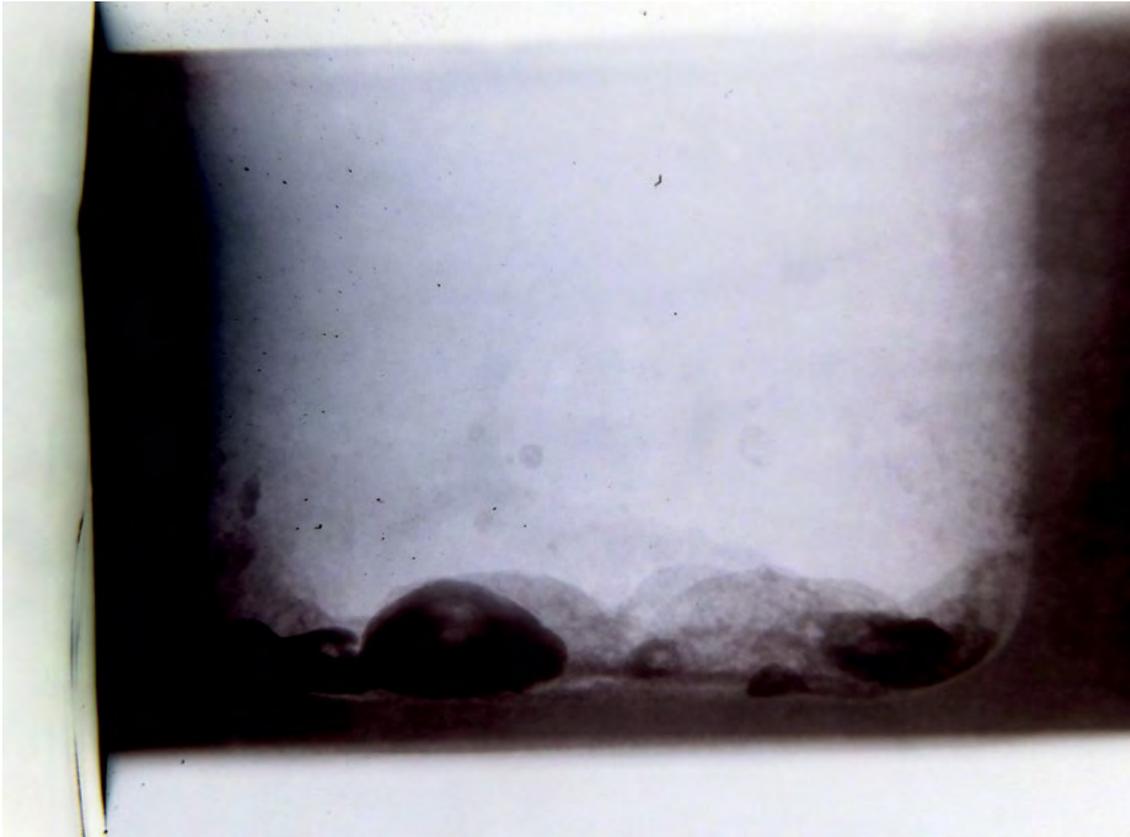


Fig. 1:
X-ray image of desert
sand mold with iron
lumps on the ground

The formula is $\text{Na}_2\text{Si}_s\text{O}_{2s+1}$, where s describes the modulus value, the molar ratio of silicon dioxide (SiO_2) to sodium oxide (Na_2O). Water glasses have modulus values of 1.5 to 5, depending on their silicon dioxide content. Water glasses react with aluminates to form polymeric Si-O-Al structures that have concrete-like properties. Water glass is produced from sand and soda or from sodium and potassium hydroxide. The energy required for production today comes from petroleum, but direct use of solar energy is also conceivable. A future water glass industry will probably be located near salt lakes in desert areas and, due to the availability of soda ash, (desert) sand and plenty of sunlight, will operate according to the so-called s^3 process.

Results and discussion

Testing of the new inorganic binder against heat

Concrete is stable up to temperatures of approx. 200 °C. At higher temperatures, however, its strength decreases rapidly. Above 500 °C, concrete is destroyed as the heated top layer of a few centimeters flakes off, because the water, bound in the concrete, evaporates. The rapid heating of concrete surfaces can lead to veritable explosions, with larger pieces of concrete

flying off the surface [5]. Charging stations for electric vehicles should therefore be protected from fires and especially from melted battery components by a fire-resistant coating [6]. The increasing number of electric car registrations impressively shows that this problem must be solved in the next few years.

To test the heat resistance of the new binder, a hollow mold (in the form of a beaker) was made from 800 g of Chinese desert sand, 172 g of water glass and 100 g of aluminate. The Si/Al ratio of the binder is 0.72. For its production, 70 % less CO_2 is released than for a concrete production of comparable strength, if the electricity used for production comes from renewable sources. The desert sand which was used, came from China and had an average grain size of about 130 μm with a very narrow grain size distribution. Thus, when referring to desert sand it is better to speak of sand dust. The mold cast produced with this sand had a bottom thickness of only about 7 mm. A thermite mixture consisting of 8.5 g aluminum powder and 25 g iron oxide was ignited in this mold. An X-ray image taken afterwards showed no damage to the mold bottom by the molten iron, which is visible as cherry-sized oval deposits in the X-ray image (figure 1). Where the iron was in contact with the bottom of the mold, only a few small stress cracks appeared.

The image in figure 2 (top) shows the repetition of the experiment, performed outdoors with four times the amount of thermite. (The shower of sparks observed compensated for the corona-related fireworks ban on New Year's Eve 2021.) After the chemical reaction, the white-hot liquid iron covered the entire bottom of the vessel. Within a few minutes, the molten iron cooled on the surface, showing a yellow-orange color (figure 2, bottom). The melting point of iron is 1538 °C. The iron produced in the reaction (in an amount of 88 g) was heated far above this. According to the Encyclopaedia Britannica, iron reaches a temperature of up to 2400 °C in a thermite reaction and forms a slightly mobile light yellow to whitish liquid [7]. It can be assumed that during the experiment the bottom of the vessel for a short time was exposed to a temperature of about 2400 °C.

Fig. 2:
Thermite reaction (left top) to 88 g of liquid iron (left bottom)



Testing results of the new inorganic binder against heat

After the iron had cooled, the mold was cut open in the middle and the mold surface was examined more closely at the iron contact points. The pre-damaged mold bottom showed a number of new small stress cracks, but withstood the load as no iron was leaking (figure 3). The newly developed stress fractures did not crack even when the mold was cut. At the points of contact with the molten iron, the new binder discolored slightly and flaked off in some places (figure 3). This can be explained by the enormous temperature differences during the reaction in the mold. The new binder did not lose stability during the thermite test, because a layer about 3 mm in thickness remained at the bottom of the mold when it was cut, although the thermally unstressed binder broke here. All this speaks rather against damage and in favor of a solidification of the mold due to heat exposure.

Figure 3 and figure 4 show very nicely the amazingly large number of air bubbles in the molten iron. In the enlargement of image 3 (please see figure 4), not only the porous structure of the iron at the contact point can be seen, but also the fine binder structure of the mold. The sand grains are difficult to see. The temperature-dependent discoloration of the new binder can be seen very clearly. Clearly visible is the stress cracking that occurs at the interface between heated and unheated material, but not within the heated area. Partial melting of the mold surface (figure 4, center of image, top) can also be seen, resulting in an intimate bond between the iron and the sand of the mold. The tests carried out show that the novel binder can withstand temperatures of about 2400 °C in the short term and can be used as a vessel for molten iron.

Fig. 3:
Image of the mold cut open in the middle (external dimensions: 10 cm x 10 cm x 10 cm)





Summary and outlook

The novel binder in its mixture with sand can be handled and mixed like conventional concrete. It cures at room temperature within a few hours and can be demolded after 24 hours. Its compressive strength can be freely adjusted in a range between 10 and 160 N/mm² via the additive content. At a compressive strength of 40 N/mm², its CO₂ footprint is about 70 % lower than the CO₂ emission of a comparable high-performance concrete. As shown, the novel binder is stable at high temperatures and can thus be used for fire protection. For underground garages, an interior plaster a few millimeters thick would be conceivable as a protective layer for the structural concrete, possibly combined with a layer of heat-insulating material. Of course, underground parking garages could also be cast entirely from the new binder.

This is particularly recommended for E-mobile charging stations, as these are a critical component of a new E-mobile infrastructure. At an elevated temperature, and especially during rapid charging, a lithium-ion battery can thermally runaway and catch fire. It then releases all of its stored energy within seconds and can easily set other E-mobiles on fire. Thermal runaway of lithium-ion batteries can result in temperatures exceeding 700 °C, depending on the state of charge of the battery [8]. Future charging stations for E-mobiles in underground garages should be cast from the new binder in the form of a trough to prevent liquid metal from spreading the fire. In this way, the new charging

structure for E-mobiles to be built could also extend to underground garages or built-over areas without the need to demolish the entire superstructure in the event of a fire.

In summary, the novel binder enables the production of a concrete from desert sand and water glass that can withstand contact with molten iron. Its production releases significantly less CO₂ than conventional concrete. The novel binder is marketed under the name VITAN®.

Fig. 4:
Enlargement of the contact area between the mold and the molten iron

Referenzen/References:

- [1] <https://www.badische-zeitung.de/hilfsbereitschaft-nach-autobrand-war-gross-198874578.html> (retrieved 28.12.2020)
- [2] Fire and Concrete Structures, (2008), <https://www.cement.org/docs/default-source/th-buildings-structures-pdfs/fire-concrete-struct-sei-08.pdf>
- [3] Sand, rarer than one thinks, UNEP; <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8665> (retrieved 28.12.2020)
- [4] Horst-Michael Ludwig, Neuartige Bindemittel – Die Zeit nach dem Portlandzement, in: Betone der Zukunft (2018), 49-57, <https://www.baufachinformation.de/mobil/buch/betone-der-zukunft-herausforderungen-und-chancen-14/250455> (retrieved 28.12.2020)
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=NxJPX0lsslQ> (retrieved 28.12.2020)
- [6] Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder, personal notification, ViCircle (14.02. – 15.02.2020), Stuttgart
- [7] Thermit (chemical compound) in: Encyclopaedia Britannica, <https://www.britannica.com/science/Thermit> (retrieved 28.12.2020)
- [8] X. Liu, S. I. Stolarov, M. Denlinger, A. Masias, K. Snyder, Comprehensive calorimetry of the thermally-induced failure of a lithium ion battery, Journal of Power Sources 280 (2015) 516 – 525, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.01.125> (retrieved 28.12.2020)

AUTOREN



Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg
Head of the Institute NaSiO
Fields of teaching: chemistry, chemical analytics, waste and recycling technology, bionics
spangenberg@hs-offenburg.de



Simon Girsch B.Sc.
Bachelor's degree in process engineering
Member of the Sustainable Silicates research group at the NaSiO Institute
simon.girsch@hs-offenburg.de



Prof. Dipl. Ing. Dietmar Kohler
Deputy Head of the Institute NaSiO, Dean of the Faculty of Mechanical & Process Engineering, areas of teaching: materials engineering/ testing and welding technology
dietmar.kohler@hs-offenburg.de

Ein weiteres spannendes Jahr liegt hinter dem Institute for Trade and Innovation (IfTI). Die Institutsmitglieder beschäftigten sich 2020 unter anderem mit den Themen Innovationspolitik und Außenwirtschaftsförderung. Schwerpunkt der Aktivitäten waren die Auswirkungen der Coronakrise auf die Exportwirtschaft sowie das Thema Klimafinanzierung.

Aktuell forschen am IfTi sieben Professorinnen und Professoren in einem interdisziplinären Ansatz. Hinzu kommen vier internationale Research Fellows, unter anderem von der City, University of London, sowie der Newcastle Business School, Northumbria University. Zudem sind dem Institut vier Promovierende zugeordnet.

Hervorzuheben sind unter den letztjährigen Veröffentlichungen beispielsweise eine peer-reviewed Publikation zum Thema „Prediction of Claims in Export Credit Finance: A Comparison of Four Machine Learning Techniques“ in der Zeitschrift „Risks“, eine Publikation zum Thema Infrastrukturexporte in der Zeitschrift „Die Volkswirtschaft“ sowie die Veröffentlichung „Genossenschaftliche Innovationsökosysteme - Bank als Netzwerkknotenpunkt“. Einige Institutsmitglieder publizierten zudem Beiträge im Springer-Sammelband „Innovationen für eine digitale Wirtschaft“.

Auch hat das IfTI erstmalig in 2020 eine eigene Working Paper-Serie gestartet. Neben zahlreichen Veröffentlichungen von Master-Studierenden zu staatlichen Unterstüt-

zungsmaßnahmen für die Exportwirtschaft in OECD-Ländern publizierten hier unter anderem auch das Mitglied des IfTI Advisory Board Prof. Benedict Oramah (Präsident der Afreximbank) sowie die externe Doktorandin und ADB-Mitarbeiterin Fiona Bannert zum Thema „Supporting the COVID-19 response in Asia and Pacific – The Role of the Asian Development Bank“.

Ein weiteres Highlight im September war für das Institut die Durchführung der zweiten internationalen Konferenz zu den Themen Innovations- und Exportfinanzierung sowie Entwicklungszusammenarbeit. Das Symposium wurde wegen COVID-19 hybrid (Zoom und vor Ort in Gengenbach) durchgeführt. Mehr als 130 Teilnehmende aus über 25 Länder waren bei der Veranstaltung dabei, unter ihnen auch viele hochrangige Gäste wie Staatssekretär Volker Schebesta, Business Finland CEO Nina Kopola, Botschafter Dr. Eric Jakob vom Schweizer SECO sowie OECD-Direktorin Dr. Marion Jansen.

Auch das Advisory Board des Instituts hielt im vergangenen Jahr wieder seine turnusmäßige Sitzung ab. Sehr gutes Feedback zur Arbeit der IfTI-Forscher kam dabei von den prominenten Mitgliedern wie Jan Vassard (Deputy CEO von EKF Denmark's Export Credit Agency) sowie Dr. Henning Meyer vom Bundesministerium der Finanzen.

Institutsleitung
Prof. Andreas Klasen LL.M. MLitt DBA

Teilnehmer*innen des
IfTI Global
Symposium 2020

IfTI – INSTITUTE FOR TRADE AND INNOVATION



Export Credit Net Zero Commitment

Prof. Thomas Hale AB MSc MA PhD, Anastasia Kantzelis BA/LLB GDLP LLM, Prof. Andreas Klasen LLM MLitt DBA

Zahlreiche Länder haben sich in den vergangenen Monaten dazu verpflichtet, bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Um gleichzeitig eine widerstandsfähige Wirtschaft zu erhalten oder aufzubauen, müssen sich Regeln und Institutionen im multilateralen Kontext an einem grünen Übergang orientieren. Ein neues Forschungsprojekt zielt darauf ab, staatliche Exportkreditagenturen dabei zu unterstützen, robuste und effektive Ansätze für die Finanzierung von Projekten im Bereich Netto-Null-Emissionen zu entwickeln. Das Projekt führt Evidenz zu bestehenden Praktiken zusammen und identifiziert konkrete Schritte in Bezug auf strategische Ziele sowie operative Umsetzung.

Many countries have pledged to reach net zero emissions by 2050 in the last few months. To build a more resilient economy, rules and institutions of global economic governance must align around green transition. A new research project aims to support export credit agencies to develop robust and effective approaches to net zero. Specifically, it aims to bring together the evidence base around existing practices and identify concrete steps to align work to net zero.

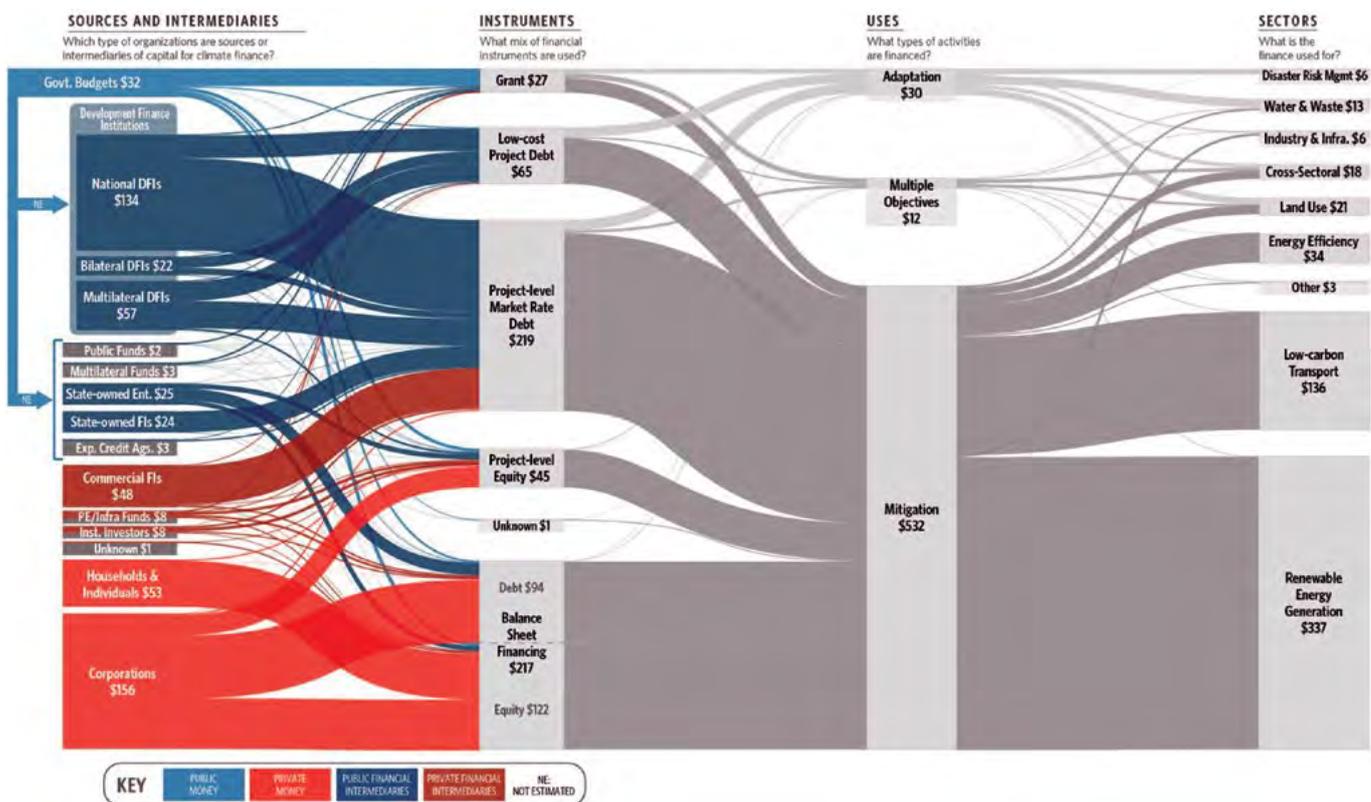


Fig. 1: Mission 2020 (2020). The Road to Success.

In the grip of battling an unrelenting pandemic and economic collapse, some of the world’s biggest political and financial powers are setting out bold visions for a zero-carbon economy that is healthier, cleaner, more resilient and more regenerative than our pre-Covid-19 systems. China, the European Union, Japan, South Africa, South Korea and the United Kingdom have

pledged to reach net zero emissions by 2050 or 2060 in the last few months. Meanwhile, the UN Net Zero Asset Owner Alliance has grown from 12 members with USD 2.4 trillion under management to 30 with USD 5 trillion in just its first year. The global economy is undoubtedly on a race to zero emissions by mid-century, and it’s gaining momentum by the day (Figure 1).

To achieve global climate goals and build a more resilient economy, the rules and institutions of global economic governance must align around green economic transition. Financing for climate action related activities has become a priority in trade and development finance in recent years. Private climate finance provided on average USD 272 billion per year during 2017/18, according to the Climate Policy Initiative. Public finance actors and intermediaries play a crucial role regarding global financial flows for low-carbon and climate-resilient development, committing an annual average of USD 302 billion in climate finance in 2017/18 (Figure 2).

The Importance of Climate Finance for ECAs and Exim-Banks

Green finance is also a major topic for export credit agencies (ECAs) and export-import banks (Exim-Banks). Although most organisations are demand-driven, climate action-related matters are priority themes for governments and official export finance instrument in many countries - and for their clients. Furthermore, dealing with the impact of climate change is increasingly important for public and private political risk insurers (PRIs). This includes scaling down support not consistent with the 2015 Paris Climate Change Agreement, a contribution to climate resilient development and low-carbon financing, and the support of low-carbon transformation related transactions.

ECAs, Exim-Banks and PRIs provide financing and risk mitigation tools addressing challenges inherent to a large part of low-carbon investment. Looking at selected institutions, climate action is a key priority of Credendo's latest strategic plan. EKF in Denmark is one of the most important green finance institutions in the global export credit universe. In Germany, climate action has become an important area of activity in particular in 2020. CESCE recently developed a new framework regarding commitment to sustainability. UK Export Finance (UKEF) is a crucial element of the government's "Green Finance Strategy".

Examples: Canada and the Netherlands

Over the past several years, Export Development Canada (EDC) has been very purposeful regarding sustainability and impact. Supporting cleantech companies in many sectors is a corporate priority. EDC is the largest provider of financial solutions for Canadian cleantech



Fig. 2:
Climate Policy Initiative (2020). Climate Finance Landscape 2017/18.

companies looking to expand internationally. With global interest in climate financing continuing to rise, EDC also issued its fifth green bond last year and provided CAD 100 million in climate finance in support of the Government of Canada's commitment to the UN Framework Convention on Climate Change, which focuses on EDC's support for low-carbon or carbon-resilient transactions in developing countries.

Furthermore, the Canadian ECA updated its environmental and social risk management framework, to ensure it serves customers in a progressive, responsible and sustainable way that meets the latest international standards. An important commitment towards the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) is EDC's stand-alone Climate Change Policy. Approved in 2018, it provides the principles and commitments that guide EDC's approach to the organisation's climate change-related risks and opportunities. With the new policy, EDC recognises that it can contribute to the aims of the Paris Agreement through the choices the ECA makes about the provision of financing and insurance, and through continued support of Canadian companies' innovation and transition as the country works towards achieving net-zero emission by 2050.

In the Netherlands, climate action has also become a crucial topic. The Dutch government is committed to tackling climate issues on a global scale. The country's climate policy is mainly aimed at reducing greenhouse gas emissions. With an ambition to become one of the "greenest" ECAs, Atradius Dutch State Business (Atradius DSB) also started to put emphasis on climate financing. For example, the Dutch agency was involved in project financing of two large offshore wind farms in Taiwan last year. It also issued four financing policies to Climate Investor One, for instance, for a solar project in Southeast Asia and a hydropower plant in Uganda. The support is provided within the scope of the UN climate targets agreed in Paris in 2015.

Furthermore, multidisciplinary teams were set up at Atradius DSB last year to deal with corporate social responsibility themes. These themes include greening the business, reporting on green transactions within the portfolio of issued policies, and reporting on the impact of transactions on the SDGs. In addition, Atradius DSB developed a green label methodology in 2019 to determine whether a transaction meets the criteria to be labelled as “green”. The purpose is to map out how green the export credit insurance portfolio is. Transactions are labelled “green” if they contribute substantially to reducing the speed of climate change or adapting to the effects of climate change. There is also a third category of “other footprint reduction”.

Aligning Global Economic Governance to Climate Goals

Despite progress on mobilizing finance to support a global green deal, there is much more to do. Ultimately, ECAs and Exim-Banks need to ensure all finance is “net zero” finance. Aligning global economic governance to climate goals will require additional reforms across the trade and investment regimes.

The 2015 Paris Climate Agreement aims to reach net zero emissions by mid-century, in an effort to stem the global temperature rise to well below 2°C, and ideally 1.5°C. Scientific findings since then make clear the enormous differences between those two temperature goals: millions of more lives would be lost and billions more dollars’ worth of destruction would be sustained. The impacts of climate change, such as wildfires, extreme heat, flooding and tropical storms, are accelerating even faster than scientists predicted. Meanwhile air pollution, deforestation, inequality and other underlying problems have magnified the impacts of Covid-19 and put us at greater risk of future shocks.

Those are the drivers behind the shift to a healthier, cleaner, more resilient and more regenerative economy. But there is opportunity, too. The race to zero emissions offers us a route to recovering from this crisis in a way that reduces future risks. More than 200 central bankers, G20 finance ministers, and top academics from 53 countries agree that many of the most effective solutions to recovering from Covid-19 are those that reduce carbon emissions, according to a report by the Oxford Smith School of Enterprise and the Environment. Investment in climate-resilient infrastructure and decarbonisation will create new and better jobs in the near term while protecting the economy, and today’s ne-

ar-zero interest rates make this the perfect time to jump in, according to McKinsey.

A new research project explores these shifts further, looking at a potential “package of reforms” across many sectors in order to create structural change. The project was initiated by the Blavatnik School of Government at Oxford University, the ClimateWorks Foundation, and Mission 2020, a shared global campaign convened by the former Executive Secretary of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Christiana Figueres.

In July 2020, a brainstorming workshop with more than 40 participants including colleagues from Afreximbank, the Berne Union Secretariat, Columbia University, EKF, Offenburg University, the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Oxford University and the World Trade Organization (WTO) discussed ideas for this potential “package of reforms”. Topics included how to support countries to develop WTO-compatible national climate policies, enhancing attention to climate issues in WTO Trade Policy Review mechanisms, an alignment of UNCITRAL reform of investor-state dispute settlement with climate goals, and climate protection in preferential trade agreements. Furthermore, the idea of a “Export Credit Net Zero Commitment” attracted enormous interest.

Working Towards a Commitment to Net Zero

What could a “Export Net Zero Commitment” look like? As discussed above, several ECAs, Exim-Banks and PRIs are already implementing ambitious climate-related policies. These include scaling-down and ceasing operations not consistent with the Paris Agreement. For example, some agencies started to apply stricter rules on exports related to coal-fired power generations. Furthermore, there are substantial contributions to low-carbon and climate resilient developments with more export promotion of climate-friendly technologies in many countries. There are also commitments to international policies and standards from numerous institutions, for example to the Climate Change Sector Understanding (CCSU) and the Coal-Fired Electricity Generation Sector Understanding (CFSU), or through the application of UN Global Compact, IFC standards and guidelines, and the Equator Principles.

Although there are significant efforts undertaken by many ECAs and Exim-Banks, there is an

opportunity to accelerate net zero transformation. An important starting point would be full transparency regarding support for both high emission projects and low-carbon transactions, for example with harmonised methodologies and approaches. Developing and implementing concrete plans for how to get to net zero might include re-aligning mandates and corporate strategies, principles of intervention, as well as ECA, Exim-Bank and PRI operating models. This might lead, for example, to an alignment of all new financing and insurance activities with the objectives of the Paris Agreement. A stronger integration of climate risks will help to reduce support for high emission projects and lead to a broader shifting of portfolios towards low-carbon projects. Members of a “Berne Union Net Zero Club” (Figure 3) might learn from peers such as Sweden with its commitment to cease support for fossil fuel exploration and extraction projects by 2022. Other best practices to look at are Denmark’s combination of export support with Denmark’s Green Future Fund. Combining climate-related guarantee instruments such as the Swiss Technology Fund with export credit insurance can be another opportunity to work towards a commitment to net zero. As ECAs, Exim-Banks, and PRIs consider in more depth what “net zero” looks like for our sector, collaboration and exchange through forums like the Berne Union can help us all move forward more quickly.



Fig. 3:
Developed for
this Project

Summary and Way Forward

Climate financing has become a priority in trade and development finance in recent years. Although development banks are most relevant regarding financing for climate action activities, several ECAs, Exim-Banks and PRIs started to support low-carbon transformation

related transactions. In addition, scaling down support not consistent with the Paris Agreement has become much more relevant. Further to green finance activities, the assessment of environmental impact plays a major role for numerous ECAs, Exim-Banks and PRIs. One important example for an ECA commitment towards the SDGs is the new Climate Change Policy of Export Development Canada. Another example is the Netherlands. New teams have been established at Atradius DSB to deal with greening the business, reporting on green transactions within the portfolio, and reporting on the impact of transactions on the SDGs.

With economic weight shifting toward net zero, now is the time for ECAs, Exim-Banks, and PRIs to lead. Despite previous success, aligning global economic governance to climate goals requires additional activities across export finance and investment insurance institutions. The new research project conducted by researchers from Oxford University and the Institute for Trade and Innovation (IfTI) at Offenburg University focuses on reshaping future trade and investment governance in light of climate action. The idea of a “Export Credit Net Zero Commitment” is an important item in a potential “package of reforms”. This can include re-aligning mandates and corporate strategies, principles of intervention, as well as ECA, Exim-Bank and PRI operating models in order to accelerate net zero transformation. Full transparency regarding activities would be an excellent starting point.

AUTOREN	
	Prof. Thomas Hale AB MSc MA PhD Associate Professor Blavatnik School of Government, University of Oxford thomas.hale@bsg.ox.ac.uk
	Anastasia Kantzelis BA/LLB GDLP LLM Future of Climate Cooperation akantzelis@futureclimatecooperation.org
	Prof. Andreas Klasen LL.M. MLitt DBA Professor für Int. Betriebswirtschaft Wissenschaftlicher Leiter Institut IfTI andreas.klasen@hs-offenburg.de



ACI – Affective and Cognitive Institute

Das ACI entwickelt und erforscht Lösungen für intelligente und kontextbewusste Systeme für den Einsatz in den Bereichen Arbeit, Bildung oder Pflege. Die entwickelten Assistenzsysteme werden dabei von den entsprechenden Forschungsschwerpunkten geprägt.

Gamification - der Einsatz spielerischer Methoden - hilft dabei, Nutzer bei ihrer Aufgabe zu motivieren. Durch Emotionserkennung, zum Beispiel über Mimikanalyse, können die Systeme zudem auf Gefühle der User angemessen reagieren. Mithilfe von interaktiven Projektionen (Augmented Reality) und virtueller Realität wird die Bedienung intuitiver gestaltet.

Zudem verfolgt das ACI in seiner Arbeit die Entwicklungen sozialer Roboter. In Befragungen und Interviews erforscht das Team, wie soziale Roboter von der Gesellschaft wahrgenommen und akzeptiert werden. Die ge-

wonnenen Erkenntnisse helfen dabei, soziale Roboter zu designen und entwickeln, die in Aussehen und Funktionsumfang reale Bedarfe adressieren.

Das ACI steht dabei für eine nutzerzentrierte Konzeption und Entwicklung.

Iterativ passt das Team seine Arbeit an die Bedürfnisse der Anwender und Stakeholder an. Diese Methodik ist sowohl für Assistenztechnologien als auch für soziale Roboter besonders wichtig, da beide im Alltag zum Einsatz kommen und diesen erleichtern sollen. Deswegen führt das ACI regelmäßig qualitative und quantitative Studien durch. Dazu zählen nicht nur Interviews und Fokusgruppensitzungen, sondern auch die Erhebung von physiologischen Daten mit Emotionserkennung und Eyetracking.

Institutsleitung
Prof. Dr. phil. Oliver Korn

Third Mission Projekt „Soziale Roboter – Ein Science Comic“

Mit einer Detektiv-Geschichte im Comic-Format bietet das ACI einen unterhaltsamen Einstieg in das Forschungsfeld Soziale Robotik

Prof. Dr. phil. Oliver Korn, Jonas Sebastian Grund B.F.A.

Das ACI ist eine fakultätsübergreifende Einrichtung der Hochschule Offenburg, geleitet von Prof. Dr. Oliver Korn. Unter anderem entwickelt das Team Assistenztechnologien und forscht zu sozialen Robotern. Dem ACI ist es ein großes Anliegen, wissenschaftliche Erkenntnisse allgemein verständlich einem breiten Publikum zu vermitteln. Als ein solches Third Mission Projekt ist nun „Soziale Roboter – Ein Science Comic“ erschienen. Der 72-seitige Comic beleuchtet unterhaltsam unterschiedliche Aspekte sozialer Roboter. Grafisch kunstvoll nimmt die Detektivgeschichte den Leser mit auf eine Reise in die nahe Zukunft.

The ACI is an inter-faculty institution of the Offenburg University headed by Prof. Dr. Oliver Korn. Amongst other things, the team develops assistive technologies and studies social robots. The ACI also aims to communicate scientific findings to a broad audience. „Social Robots - A Science Comic“ is an example of such a “third mission” project and has just been published. The 72-page comic illustrates various aspects of social robots in an entertaining way. Graphically artistic, the detective story takes the reader on a journey into the near future.

Soziale Roboter – Ein Science Comic blickt in die nahe Zukunft

Der erste Science Comic des ACI ist veröffentlicht: Eingebettet in eine spannende Kriminalgeschichte zeigt er Möglichkeiten und Grenzen sozialer Roboter auf. Bereits heute werden diese in unterschiedlichen Bereichen vom Einkaufszentrum bis hin zur Pflege eingesetzt. Viele Experten meinen, dass ihr Einsatz gerade in den Bereichen Pflege und Unterhaltung bereits in gut zehn Jahren eine Selbstverständlichkeit sein wird (Korn, Bieber, und Fron

2018). In der Bevölkerung ist die Haltung zu sozialen Robotern ambivalent: Großer Begeisterung für Roboter stehen bedrohliche Szenarien aus Science-Fiction-Filmen und Verlustängste durch Automatisierung von Arbeitsplätzen entgegen. Dies erschwert die dringend benötigte breite gesellschaftliche Debatte. Hier setzt der ACI Comic an und bietet Jugendlichen und Erwachsenen einen unterhaltsamen Einstieg in die komplexe Thematik künstlicher Intelligenz (KI) und Robotik. Der Comic zeigt anschaulich die Möglichkeiten und Grenzen sozialer Roboter nach heutigem Stand der Wissenschaft.

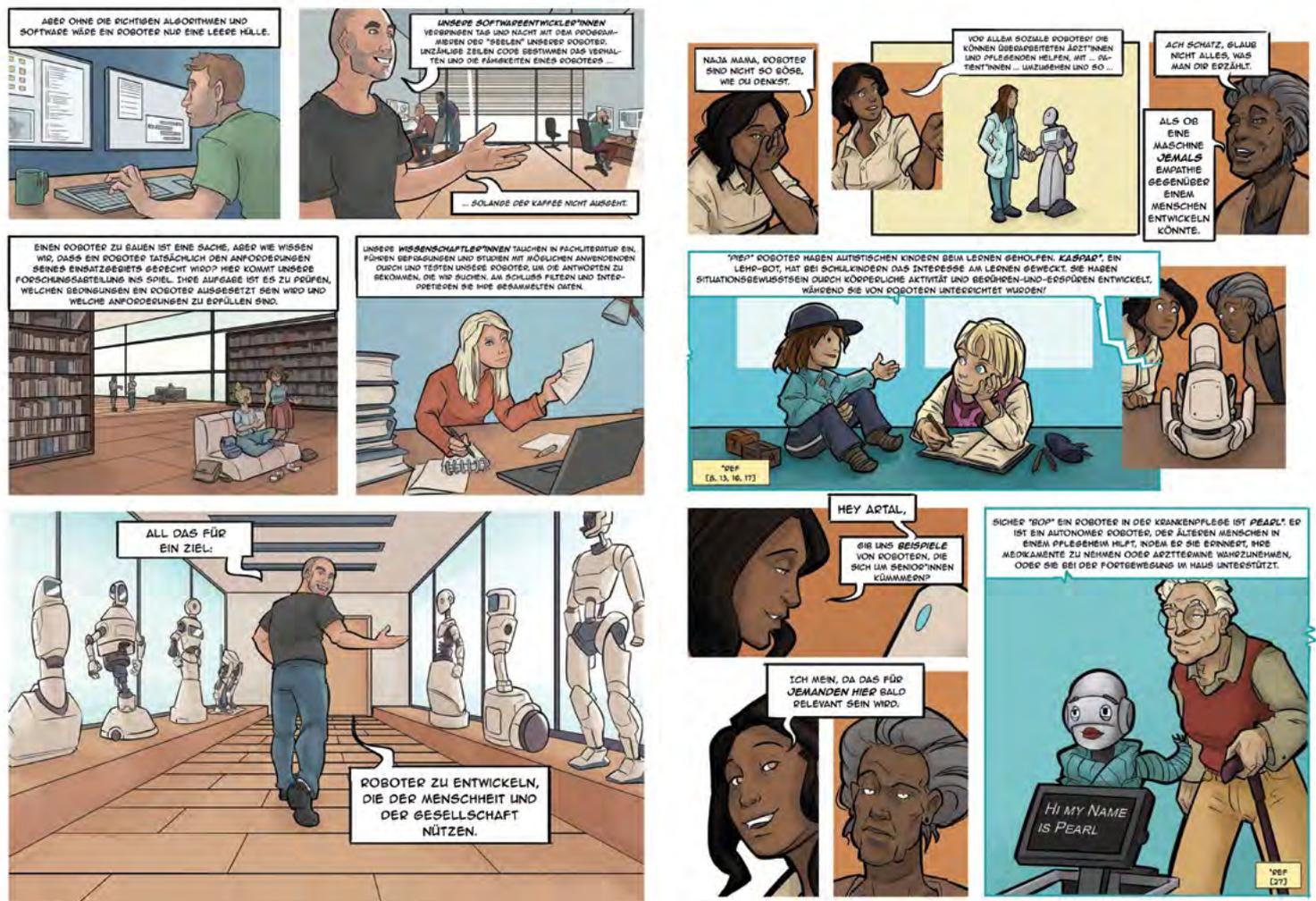


Ein Kriminalfall im Wissenschaftsmilieu

Die Geschichte spielt in der nahen Zukunft: In einem internationalen Projekt erforschen Wissenschaftler die Anforderungen an soziale Roboter für den Gesundheitsbereich. Kurz bevor der Prototyp eines Pflegeroboters in einer Feldstudie zum Einsatz kommt, verschwindet er spurlos. In ihrem ersten großen Fall begibt sich die junge Kommissarin Kira auf eine Reise in die Welt der Wissenschaft. Dabei lernt sie viel über soziale Roboter, KI und die Welt internationaler wissenschaftlicher Kooperationen. Immer wieder kommen kritische Stimmen zu Wort: Anti-Roboter-Aktivist*innen protestieren gegen Automatisierung und ein Schwenden von Menschlichkeit und Empathie. Selbst in der Familie der Kommissarin wird die mögliche Pflege älterer Menschen durch Roboter kontrovers diskutiert.

Ethische Fragestellungen

Soziale Roboter können prinzipiell bereits menschliche Gesichtsausdrücke, Gesten und Stimmen erkennen, interpretieren und das eigene Verhalten darauf anpassen (Yan, Ilyasu, und Hirota 2021). Derzeit sind die Verhaltensmuster von Robotern aber oft noch generisch. Um die Mensch-Roboter-Kooperation zu einer gesellschaftlichen Realität zu machen, sollten Roboter robust Emotionen erkennen und auch unterschiedliche kulturelle Verhaltensweisen berücksichtigen. Daher sind soziale Roboter ein interdisziplinäres Thema: Psychologen, Juristen, Ökonomen, Ärzte, Historiker und Geisteswissenschaftler können dazu beitragen, Roboter zu schaffen, die den menschlichen Bedürfnissen entsprechen.



Der Comic wurde sowohl für Jugendliche als auch Erwachsene konzipiert und gestaltet. Insbesondere aber für jene, die bisher selten oder nur mittelbar in Berührung mit sozialen Robotern und künstlicher Intelligenz gekommen sind. Eine weitere Zielgruppe sind im Gesundheitswesen tätige Personen, denn die Betreuung und Pflege älterer Menschen gelten als einer der zukünftig wichtigsten Anwendungsbereiche für soziale Roboter.

Übergreifendes Ziel ist es, über alle Altersstufen hinweg Wissen aufzubauen, damit die Vor- und Nachteile dieser neuen Technologien kontrovers, aber kenntnisreich diskutiert werden können. „Soziale Roboter – ein Science Comic“ ist ein Beitrag zu einer informierten Diskussion in den Feldern Robotik, künstliche Intelligenz, Ethik und Politik und damit auch als Lehr- und Lernmittel geeignet.

Comics als Mittel der Wissenschaftskommunikation

Der Einsatz von Comics in der Wissenschaftskommunikation hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Kombination von Illustration und Geschichte kann neue Zugangswege zu eher uninteressant oder abstrakt wirkenden Themen und zu schwer erreichbaren Zielgruppen eröffnen. Die Visualisierung komplexer Inhalte in einzelne Bildetappen erleichtert das Verständnis.

Der „Social Robots“ Comic erklärt in über 600 kunstvoll gezeichneten Bildern einzelne Inhalte von Panel zu Panel, Szene zu Szene oder über eine gesamte Doppelseite hinweg. Als zusammenfassende Klammer ist die Detektiv-Geschichte um Kommissarin Kira gespannt. Die sich in den Fall einarbeitende Protagonistin führt den Leser mit ihren Fragen und Überlegungen bei den Ermittlungen als ebenfalls Themenfremde behutsam ein.

 Hochschule Offenburg
offenburg.university



GEFÖRDERT VON
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

 agya ARAB-GERMAN YOUNG ACADEMY
OF SCIENCES AND HUMANITIES

Das Projekt wurde realisiert mit Unterstützung der AGYA (Arab German Young Academy).



Der 72-seitige Comic ist auf Englisch und Deutsch erschienen. Eine Printversion in DIN-A4-Hochformat Hardcover kann für 8,70 Euro über den Hochschulshop <https://shop.hs-offenburg.de> erworben werden Online ist er kostenfrei.

AUTOREN



Prof. Dr. phil. Oliver Korn
Leiter Affective & Cognitive Institute (ACI)
Human Computer Interaction
oliver.korn@hs-offenburg.de



Jonas Sebastian Grund B. F.A.
Akademischer Mitarbeiter ACI
jonas.grund@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- ACI - Affective & Cognitive Institute. 2018. Social Robots Documentary [Fast Forward Science 2018]. Offenburg
- Korn, Oliver, Hrsg. 2019. Social Robots: Technological, Societal and Ethical Aspects of Human-Robot Interaction. Cham: Springer International Publishing
- Korn, Oliver, Gerald Bieber, und Christian Fron. 2018. „Perspectives on Social Robots: From the Historic Background to an Experts' View on Future Developments“. S. 186–93 in Proceedings of the 11th PErvasive Technologies Related to Assistive Environments Conference, PETRA '18. New York, NY, USA: ACM
- Yan, Fei, Abdullah M. Ilyyasu, und Kaoru Hirota. 2021. „Emotion Space Modelling for Social Robots“. Engineering Applications of Artificial Intelligence 100:104178. doi: 10.1016/j.engappai.2021.104178

Publikationen 2020

Kategorie: wissenschaftlich (peer reviewed)

Autor(en), Titel, Verlag

Angermeier, Julian; Würz, Niels; Roth, Sebastian; Zirn, Stefan: Entwurf eines einfachen Messaufbaus zur Bestimmung der Durchlaufzeit von Hörgeräten. In: GMS Zeitschrift für Audiologie — Audiological Acoustics, S. 1–8. DOI: 10.3205/ZAUD000011.

Auerswald, Sven; Hörberg, Carina; Pflug, Thibault; Pfafferoth, Jens; Bongs, Constanze; Henning, Hans-Martin: Experimental Investigation of the Air Exchange Effectiveness of Push-Pull Ventilation Devices. In: Energies 13 (21), Artikel 5817, 22 Seiten. DOI: 10.3390/en13215817.

Bantleon, Ulrich; d'Arcy, Anne; Eulerich, Marc; Hucke, Anja; Pedell, Burkhard; Ratzinger-Sakel, Nicole: Coordination challenges in implementing the three lines of defense model. In: International Journal of Auditing (Special Issue), S. 1–16. DOI: 10.1111/ijau.12201.

Baron, Jana; Hazubski, Simon; Otte, Andreas: 3D Multi-Material Printing of an Anthropomorphic, Personalized Replacement Hand for Use in Neuroprosthetics Using 3D Scanning and Computer-Aided Design: First Proof-of-Technical-Concept Study. In: Prosthesis 2 (4), S. 362–370. DOI: 10.3390/prosthesis2040034. (Einzelnachweis) Bärtl, Mathias; Krummacker, Simone (2020): Prediction of Claims in Export Credit Finance: A Comparison of Four Machine Learning Techniques. In: Risks 8 (1), Artikel 22, 27 Seiten. DOI: 10.3390/risks8010022.

Bessler, Wolfgang G.; Carelli, Serena: Prediction of reversible lithium plating with a pseudo-3D lithium-ion battery model. In: Journal of The Electrochemical Society 167 (10), S. 1–23. DOI: 10.1149/1945-7111/ab95c8.

Bordini, Rogério Augusto; Münscher, Johann-Christoph; Baumgartner, Kim Annabell; Hagos, Sara; Hornig, Jennifer; Korn, Oliver et al.: Strangers in a Strange Land: Designing a Mobile Application to Combat Loneliness and Isolation Among Foreign University Students. In: Journal of Technology in Behavioral Science, S. 7, 7 Seiten. DOI: 10.1007/s41347-020-00171-6.

Cadilha Marques, Gabriel; Birla, Anushka; Arnal Rus, August; Dehm, Simone; Ramon, Eloi; Tahoori, Mehdi Baradaran; Aghassi-Hagmann, Jasmin: Printed Logic Gates Based on Enhancement- and Depletion-Mode Electrolyte-Gated Transistors. In: IEEE Transactions on Electron Devices 67 (8), S. 3146–3151. DOI: 10.1109/TED.2020.3002208.

Cadilha Marques, Gabriel; Sukuramsyah, Adrianus Matthew; Arnal Rus, August; Bolat, Sami; Aribia, Abdessalem; Feng, Xiaowei et al.: Fabrication and Modeling of pn-Diodes Based on Inkjet-Printed Oxide Semiconductors. In: IEEE electron device letters 41 (1), S. 187–190. DOI: 10.1109/LED.2019.2956346.

Erozan, Ahmet Turan; Wang, Guan Ying; Bishnoi, Rajendra; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Tahoori, Mehdi

Baradaran: A Compact Low-Voltage True Random Number Generator based on Inkjet Printing Technology. In: IEEE transactions on very large scale integration (VLSI) systems 28 (6), S. 1485–1495. DOI: 10.1109/TVLSI.2020.2975876.

Erozan, Ahmet Turan; Weller, Dennis D.; Feng, Yijing; Cadilha Marques, Gabriel; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Tahoori, Mehdi Baradaran: A Printed Camouflaged Cell against Reverse Engineering of Printed Electronics Circuits. In: IEEE transactions on very large scale integration (VLSI) systems 28 (11), S. 2448–2458. DOI: 10.1109/TVLSI.2020.3022776.

Erozan, Ahmet Turan; Weller, Dennis D.; Rasheed, Farhan; Bishnoi, Rajendra; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Tahoori, Mehdi Baradaran: A Novel Printed-Lookup-Table-Based Programmable Printed Digital Circuit. In: IEEE transactions on very large scale integration (VLSI) systems 28 (6), S. 1496–1504. DOI: 10.1109/TVLSI.2020.2980931.

Feng, Xiaowei; Scholz, Alexander; Tahoori, Mehdi Baradaran; Aghassi-Hagmann, Jasmin: An Inkjet-Printed Full-Wave Rectifier for Low-Voltage Operation Using Electrolyte-Gated Indium-Oxide Thin-Film Transistors. In: IEEE Transactions on Electron Devices 67 (11), S. 4918–4923. DOI: 10.1109/TED.2020.3020288.

Gareiss, Livia; Krumm, Anja; Otte, Andreas: Zur Biomechanik der Halswirbelsäule beim Umgang mit dem Smartphone. In: Münchner Medizinische Wochenschrift - Fortschritte der Medizin 162 (S7), S. 10–14. DOI: 10.1007/s15006-020-4346-3.

Gavrikov, Paul; Lai, Matthias; Wendt, Thomas: Exploring Non-Idealities in Real Device Implementations of Bluetooth Mesh. In: International Journal of Interdisciplinary Telecommunications and Networking (IJITN) 12 (4), Artikel 4, 13 Seiten. DOI: 10.4018/IJITN.2020100104.

Hagen, Tobias; Castro Kohler, Mariela: A Conceptual Framework for a Communication and Collaboration Platform Within a European Transnational Logistics Knowledge Cluster of Universities and Companies. In: Álvaro Herero, Carlos Cambra, Daniel Urda, Javier Sedano, Héctor Quintián und Emilio Corchado (Hg.): The 11th International Conference on European Transnational Educational (ICEUTE 2020), Advances in Intelligent Systems and Computing 1266. Cham: Springer Nature, S. 84–93. Online verfügbar unter https://doi.org/10.1007/978-3-030-57799-5_9

Hagen, Tobias; Lauer, Tobias; Sänger, Volker; Dorer, Klaus; Trahasch, Stephan: Teaching Practical Machine Learning Concepts to Professionals and Students: An Integrated and Interdisciplinary Qualification Project. In: 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), S. 1–8. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274204>.

Hangst, Nikolai; Junk, Stefan; Wendt, Thomas: Design of an Additively Manufactured Customized Gripper System for Human Robot Collaboration. In: Mirko Meboldt und Christoph Klahn (Hg.): *Industrializing Additive Manufacturing: Proceedings of AMPA2020*. Cham: Springer Nature Switzerland, S. 415–425. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-54334-1>.

Hazubski, Simon; Hoppe, Harald; Otte, Andreas: Electrode-free visual prosthesis/exoskeleton control using augmented reality glasses in a first proof-of-technical-concept study. In: *Scientific Reports* 10, S. 16279, 10 Seiten. DOI: 10.1038/s41598-020-73250-6.

Hazubski, Simon; Hoppe, Harald; Otte, Andreas: Non-contact visual control of personalized hand prostheses/exoskeletons by tracking using augmented reality glasses. In: *3D Printing in Medicine* 6, Article 6, 3 Seiten. DOI: 10.1186/s41205-020-00059-4. (Einzelnachweis)

Jeong, Jaehoon; Singaraju, Surya Abhishek; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Hahn, Horst; Breitung, Ben: Adhesive Ion-Gel as Gate Insulator of Electrolyte-Gated Transistors. In: *ChemElectroChem* 7 (13), S. 2735–2739. DOI: 10.1002/celec.202000305.

Jones, Wesley Dean; Kalantari, Aref; Otte, Andreas: Neurostimulation durch Musik. In: *Münchener Medizinische Wochenschrift - Fortschritte der Medizin* 162 (S4), S. 3–8. DOI: 10.1007/s15006-020-0227-z.

Junk, Stefan; Dorner, Manuel; Fleig, Claus; Scholz, Stefan G.; Howlett, Robert J.; Setchi, Rossi: Additive Manufacturing of Continuous Carbon Fiber-Reinforced Plastic Components. In: *Sustainable Design and Manufacturing 2020 Smart Innovation, Systems and Technologies* 200, S. 149–159. DOI: 10.1007/978-981-15-8131-1_14.

Keuper, Janis; Tschannen, Valentin; Ettrich, Norman; Delescluse, Matthias: Detection of point scatterers using diffraction imaging and deep learning. In: *Geophysical Prospecting* 68 (3), S. 830–844. DOI: 10.1111/1365-2478.12889.

Keuper, Janis; Tschannen, Valentin; Ettrich, Norman; Delescluse, Matthias: Extracting horizon surfaces from 3D seismic data using deep learning. In: *Geophysics* 85 (3), S. 17–26. DOI: 10.1190/geo2019-0569.1.

Klasen, Andreas: Modern Franciscan Leadership. In: *Bible and the Contemporary World Journal* 2 (1), S. 1–51. DOI: 10.15664/bcw.v2i1.1978.

Köbler, Jürgen; Fischer, Tobias; Schlecht, Michael; Klerch, Benjamin: Der Weg zu einem digitalisierten Produktionsunternehmen. In: *Industrie 4.0 Management* 36 (3), S. 57–60. DOI: 10.30844/I40M_20-3_S57-60.

Kodari, Rakesh Yadav; Rösch, Markus; Harter, Marlene: Analysis of Amplitude and Phase Errors in Digital-Beamforming Radars for Automotive Applications. In: *2020 21st International Radar Symposium (IRS)*, S. 391–395. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.23919/IRS48640.2020.9253874>.

Le, Vy; Lemmer, Ulrich; Mackensen, Elke: Analysis of Miniaturized Printed Flexible RFID/NFC Antennas Using Different Carrier Substrates. In: *IEEE Journal of Radio Frequency Identification* 4 (4), S. 428–437. DOI: 10.1109/JRFID.2020.3001336.

Mallick, Mofasser; Rösch, Andres Georg; Franke, Leonard; Ahmed, Sarfraz; Gall, Andre; Aghassi-Hagmann,

Jasmin et al.: High-Performance Ag-Se-Based n-Type Printed Thermoelectric Materials for High Power Density Folded Generators. In: *ACS Applied Materials & Interfaces* 12 (17), S. 19655–19663. DOI: 10.1021/acsami.0c01676.

Maronga, Björn; Banzhaf, Sabine; Burmeister, Cornelia; Esch, Thomas; Forkel, Renate; Pfafferott, Jens: Overview of the PALM model system 6.0. In: *Geoscientific Model Development* 13 (3), S. 1335–1372. DOI: 10.5194/gmd-13-1335-2020.

Nasdala, Lutz; Blust, Andreas; Jüngel, Nikolas: Load-carrying capacity of bolted end-plate connections with elastomeric interlayer. In: *Journal of Constructional Steel Research* 168 (105986), S. 1–8. DOI: 10.1016/j.jcsr.2020.105986.

Nasdala, Lutz; Husni, Ariff H.: Determination of Yield Surfaces in Accordance With ISO 16842 Using an Optimized Cruciform Test Specimen. In: *Experimental Mechanics* 60 (6), S. 815–832. DOI: 10.1007/s11340-020-00601-9.

Neuper, Felix; Cadilha Marques, Gabriel; Singaraju, Surya Abhishek; Kruk, Robert; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Hahn, Horst; Breitung, Ben: ALD-Derived, Low-Density Alumina as Solid Electrolyte in Printed Low-Voltage FETs. In: *IEEE Transactions on Electron Devices* 67 (9), S. 3828–3833. DOI: 10.1109/TED.2020.3005624.

Nuß, Uwe: Die Erweiterung der Ackermann-Formel auf nicht vollständig steuerbare Strecken. In: *Automatisierungstechnik: AT; Methoden und Anwendungen der Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik* 68 (10), S. 840–853. <https://www.degruyter.com/journal/key/AUTO/68/10/html>

Otte, Andreas: 3D Computer-Aided Design Reconstructions and 3D Multi-Material Polymer Replica Printings of the First “Iron Hand” of Franconian Knight Gottfried (Götz) von Berlichingen (1480–1562): An Overview. In: *Prosthesis* 2 (4), S. 304–312. DOI: 10.3390/prosthesis2040027.

Otte, Andreas: Invasive versus Non-Invasive Neuroprosthetics of the Upper Limb: Which Way to Go? In: *Prosthesis* 2 (3), S. 237–239. DOI: 10.3390/prosthesis2030020.

Otte, Andreas: Johann Sebastian Bach: His’ Fotografie des mutmaßlichen Skeletts. In: *Archiv für Kriminologie* 246 (1+2), S. 2–10.

Otte, Andreas: Nicolò Paganini: Die Abgüsse der rechten Hand des Toten. In: *Archiv für Kriminologie* 246 (5+6), S. 185–193.

Otte, Andreas: Wilhelm Conrad Röntgen - ein Wegbereiter für die Kriminologie. In: *Archiv für Kriminologie* 245 (5+6), S. 161–164.

Otte, Andreas; Hazubski, Simon: Die erste „Eiserne Hand“ des Reichsritters Gottfried von Berlichingen (1480–1562): Weitere 3-D CAD-Rekonstruktionen. In: *Archiv für Kriminologie* 246 (5+6), S. 207–210.

Pascual, Domenic; Heinke, Matthias; Echle, Reinhard; Hörth, Johannes: Abstract: Electrode Model and Simulation of His Bundle Pacing for Cardiac Resynchronization Therapy. In: *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik* 65 (s1), S. 258, 1 Seite. DOI: 10.1515/bmt-2020-6044.

Pascual, Domenic; Heinke, Matthias; Echle, Reinhard; Hörth, Johannes (2020): Electrode Model and Simulation of His-Bundle Pacing for Cardiac Resynchronization Therapy. In: *Current Directions in Biomedical Engineering* 6 (3), S. 555–558, 4 Seiten. DOI: 10.1515/cdbme-2020-3142.

Rasheed, Farhan; Hefenbrock, Michael; Bishnoi, Rajendra; Beigl, Michael; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Tahoori, Mehdi Baradaran: Crossover-aware placement and routing for inkjet printed circuits. In: ACM Journal on Emerging Technologies in Computing Systems 16 (2), 19:1-19:22. DOI: 10.1145/3375461.

Romanov, Alexey M.; Gringoli, Francesco; Sikora, Axel: A Precise Synchronization Method for Future Wireless TSN Networks. In: IEEE Transactions on Industrial Informatics (Early Access), S. 1–11, 11 Seiten. DOI: 10.1109/TII.2020.3017016.

Rösch, Tobias; Treffinger, Peter; Koch, Barbara: Remuneration of Distribution Grids for Enhanced Regenerative Electricity Deployment - An Analysis and Model for the Analysis of Grid Structures in Southern Germany Using Linear Programming. In: Energies 13 (20), Artikel 5385, 26 Seiten. DOI: 10.3390/en13205385.

Sawant, Parantapa; Bürger, Adrian; Doan, Minh Dang; Felsmann, Clemens; Pfafferoth, Jens: Development and experimental evaluation of grey-box models of a microscale polygeneration system for application in optimal control. In: Energy and Buildings 215, Article 109725, 12 Seiten. DOI: 10.1016/j.enbuild.2019.109725.

Sawant, Parantapa; Ho, Eric; Pfafferoth, Jens: Application and analysis of a model based controller for cooling towers in compression chiller plants. In: Heliyon 6 (2), e03249, 7 Seiten. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03249.

Scholz, Alexander; Gerig, Daniel; Zimmermann, Lukas; Seiberlich, Mervin; Strobel, Stefan; Hernandez-Sosa, Gerardo; Aghassi-Hagmann, Jasmin: A Hybrid Optoelectronic Sensor Platform with an Integrated Solution-Processed Organic Photodiode. In: Advanced materials technologies (Early View), Artikel 2000172, 7 Seiten. DOI: 10.1002/admt.202000172.

Scholz, Alexander; Zimmermann, Lukas; Gengenbach, Ulrich; Koker, Liane; Chen, Zehua; Hahn, Horst et al.: Hybrid low-voltage physical unclonable function based on inkjet-printed metal-oxide transistors. In: Nature Communications (11), Artikel 5543, 11 Seiten. DOI: 10.1038/s41467-020-19324-5.

Scholz, Alexander; Zimmermann, Lukas; Sikora, Axel; Tahoori, Mehdi Baradaran; Aghassi-Hagmann, Jasmin: Embedded Analog Physical Unclonable Function System to Extract Reliable and Unique Security Keys. In: Applied Sciences 10 (3), S. 759, 17 Seiten. DOI: 10.3390/app10030759.

Shirsath, Anantrao Vijay; Raël, Stéphanie; Bonnet, Caroline; Schiffer, Lutz; Bessler, Wolfgang G.; Lapicque, Francois: Electrochemical pressure impedance spectroscopy for investigation of mass transfer in polymer electrolyte membrane fuel cells. In: Current Opinion in Electrochemistry 20, S. 82–87. DOI: 10.1016/j.coelec.2020.04.017.

Singaraju, Surya Abhishek; Cadilha Marques, Gabriel; Gruber, Patric; Kruk, Robert; Hahn, Horst; Breitung, Ben; Aghassi-Hagmann, Jasmin: Fully Printed Inverters using Metal-Oxide Semiconductor and Graphene Passives on Flexible Substrates. In: Physica status solidi. Rapid research letters 14 (9), S. 2070036, 6 Seiten. DOI: 10.1002/pssr.202000252.

Strzeletz, Simon; Hazubski, Simon; Moctezuma, José-Luis; Hoppe, Harald: Fast, robust, and accurate monocular peer-to-peer tracking for surgical navigation. In: International Journal of Computer Assisted Radiology

and Surgery 15 (3), S. 479–489. DOI: 10.1007/s11548-019-02111-z.

Sukkurji, Parvathy Anitha; Issac, Ibrahim; Singaraju, Surya Abhishek; Velasco, Leonardo; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Bessler, Wolfgang G. et al.: Tailored Silicon/Carbon Compounds for Printed Li-Ion Anodes. In: Batteries & Supercaps (3), S. 1–9. DOI: 10.1002/batt.202000052.

Ulianova, Veronika; Rasheed, Farhan; Bolat, Sami; Torres Sevilla, Galo; Didenko, Yurii; Feng, Xiaowei et al.: Fabrication, Characterization and Simulation of Sputtered Pt/In-Ga-Zn-O Schottky Diodes for Low-Frequency Half-Wave Rectifier Circuit. In: IEEE Access 8, S. 111783–111790. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3002267.

Wang, Fei; Tschukin, Oleg; Leisner, Thomas; Zhang, Haodong; Nestler, Britta; Aghassi-Hagmann, Jasmin et al.: Morphological stability of rod-shaped continuous phase. In: Acta Materialia 192, S. 20–29. DOI: 10.1016/j.actamat.2020.04.028.

Kategorie: Dissertationen, veröffentlicht

Autor(en), Titel, Verlag

Amjad, Zubair: Latency Reduction in Narrowband Cellular Networks: Applications to IoT and V2X, xvii, 129 Seiten. https://opus.hs-offenburg.de/frontdoor/deliver/index/docId/4308/file/20200609_thesis_Zubair_v21.pdf (Betreuer an der HSO: Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora)

Kupper, Christian: Lebensdauer und Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien für die dezentrale Speicherung regenerativer Energien. Modellbasierte Untersuchung einer Lithiumeisenphosphatzelle. Mensch & Buch Verlag, 140 Seiten. ISBN 978-3967290653. <https://www.eurobuch.com/buch/isbn/9783967290653.html> (Betreuer an der HSO: Prof. Dr. Wolfgang Bessler)

Zimmermann, Lukas: Printed Electronics-Based Physically Unclonable Functions for Lightweight Security in the Internet of Things. KITopen Verlag, 156 Seiten. DOI: 10.5445/IR/1000125958, <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000125958> (Betreuer an der HSO: Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora, Prof. Dr. rer. nat. Jasmin Aghassi-Hagmann)

Kategorie: Zeitschriften-Publikationen, nicht peer-reviewed

Autor(en), Titel, Verlag

Baumgärtler, Thomas; Popović, Tobias: Genossenschaftliche Innovationsökosysteme: Bank als Netzwerknotenpunkt. In: BankInformation : das Fachmagazin der Volksbanken Raiffeisenbanken (07/2020), S. 52–57. Online verfügbar unter https://www.wiso-net.de/document/BI_1073fbeb5811c592aa7e37d3a393a3cad1c8c2df.

Breyer-Mayländer, Thomas: Agiles Schulmanagement schafft neue Energien für Leitung, Teams und Unterricht. In: SchulVerwaltung Spezial 22 (1/2020), S. 22–26.

Breyer-Mayländer, Thomas: Neue Profile erfordern neue Positionierungen und neue Kommunikationskanäle. In: SchulVerwaltung Spezial (5/2020), S. 234–238.

Breyer-Mayländer, Thomas (2020): Interne und externe Kommunikation der Ganztagschulen in der Corona-Krise. In: Die Ganztagschule (1/2020), S. 20–34. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-44368>.

Breyer-Mayländer, Thomas: Interne und externe Schulkommunikation in der Corona-Krise: Erfahrungen und Empfehlungen für Krisenzeiten. In: Schulverwaltung aktuell (3/2020), S. 74–77.

Breyer-Mayländer, Thomas; Ritter, Beate: Organisatorische Maßnahmen zur Risikobegrenzung im Ganztagschulbetrieb in der Corona-Krise. In: Die Ganztagschule (1/2020), S. 44–59. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-44408>.

Bronswijk, Astrid; Gabriel, Ranya; Hale, Thomas; Klasesen, Andreas: Working towards a commitment to net zero. In: Berne Union Yearbook, S. 153–157. Online verfügbar unter <https://bublob.blob.core.windows.net/assets/Images/Berne%20Union%20Yearbook%202020.pdf>.

Durall Lopez, Ricard; Chatzimichailidis, Avraam; Labus, Peter; Keuper, Janis: Combating Mode Collapse in GAN training: An Empirical Analysis using Hessian Eigenvalues, S. 1-9. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/347441697_Combating_Mode_Collapse_in_GAN_training_An_Empirical_Analysis_using_Hessian_Eigenvalues.

Durall Lopez, Ricard; Ho, Kalun; Pfreundt, Franz-Josef; Keuper, Janis: Latent Space Conditioning on Generative Adversarial Networks, S. 1-12. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/347398434_Latent_Space_Conditioning_on_Generative_Adversarial_Networks.

Durall Lopez, Ricard; Pfreundt, Franz-Josef; Keuper, Janis: Local Facial Attribute Transfer through Inpainting, S. 1-8. Online verfügbar unter <https://www.researchgate.net/publication/339164692>.

Ernst, Stefan: BGH: SEPA-Lastschrift und EU-Auslandskonto. In: Recht der Zahlungsdienste (RdZ) 17 (2/2020), S. 131–132. Online verfügbar unter <https://online.ruw.de/suche/rdz/BGH-SEPA-Lastschrift-und-EU-Auslandskonto-42f3a1072d55705be1e1975fcf5e5ec0>.

Ernst, Stefan: Cookies nach der EuGH-Entscheidung „Verbraucherzentrale Bundesverband/Planet49“. Zugleich Besprechung von EuGH, 01.10.2019 – C-673/17 – Verbraucherzentrale Bundesverband/Planet 49. In: Wettbewerb in Recht und Praxis (WRP) (8 (36)), S. 962–970. Online verfügbar unter <https://online.ruw.de/suche/wrp/Cook-nach-der-EuGH-Entschei-Verbraucherzent-Bundes-d3203d778cdb34d5ff9e32f0598b1b29>.

Ernst, Stefan: Die Widerruflichkeit der datenschutzrechtlichen Einwilligung. Folgen fehlender Belehrung und Einschränkungen. In: Zeitschrift für Datenschutz (ZD) (8/2020), S. 383–385. Online verfügbar unter <https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata%2fzeits%2fZD%2f2020%2fcont%2fZD%2e2020%2e383%2e1%2ehtm>.

Ernst, Stefan: Fairness und Transparenz – Die P2B-Verordnung. Regeln zwischen Verkaufsplattformen und Unternehmern. In: computer und recht : CR 36 (11), S.

735–739. DOI: 10.9785/cr-2020-361111.

Ernst, Stefan: Incentives für Feedback – Lauterkeitsrechtliche Gestaltungsmöglichkeiten. In: IT-Rechtsberater (ITRB) - Informationsdienst für IT-Recht und Datenschutz (1/2020), S. 20–22. Online verfügbar unter https://www.cr-online.de/50302_OTc0.htm.

Ernst, Stefan: Zum immateriellen Schaden wegen der Verletzung datenschutzrechtlicher Auskunftsansprüche durch den Arbeitgeber. In: Betriebsberater (BB) (39), S. 2164–2169. Online verfügbar unter <https://online.ruw.de/suche/bb/Zum-immater-Schade-wegen-der-Verlet-datenschutzrec-6cb1dbf540d14b9d58a0f5baacf37b00>.

Friedel, Andreas: Der Komplexitätsbeitrag als Kriterium für Entscheidungen zur Bereinigung technischer Produkte. In: ZWF : Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 115 (1-2), S. 65–66. DOI: 10.3139/104.112231.

Graumann, Matthias (2020): Risikobeurteilung mit Szenarioanalyse, Sensitivitätsanalyse oder Simulation? In: WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, S. 11–15. DOI: 10.15358/0340-1650-2020-7-8-11.

Habelitz, Peter Michael; Keuper, Janis: PHS: A Toolbox for Parallel Hyperparameter Search, S. 1-5. <https://arxiv.org/abs/2002.11429> :

Hartz, Andrea; Pfafferoth, Jens; Saad, Sascha: Hitzestress im Außen- und Innenraum der Stadt – Verwundbarkeitsanalyse für Reutlingen. In: Planerin (06/2020), S. 42–45.

Keuper, Janis; Ho, Kalun; Keuper, Margret: Unsupervised Multiple Person Tracking using AutoEncoder-Based Lifted Multicuts, S. 1-9. <http://arxiv.org/abs/2002.01192>

Klasesen, Andreas: Who Delivers? European Support Measures for Exporters in Times of Corona Crisis. In: Global Policy Online. Online verfügbar unter <https://www.global-policyjournal.com/blog/22/03/2020/who-delivers-european-support-measures-exporters-times-corona-crisis>.

Krummacker, Simone; Bärtl, Mathias: Machine Learning explored: Can ECAs benefit? In: Berne Union Yearbook, S. 149–152. Online verfügbar unter <https://bublob.blob.core.windows.net/assets/Images/Berne%20Union%20Yearbook%202020.pdf>.

Livotov, Pavel: Best Practices for Systematic Innovation with TRIZ Methodology in Automotive Industry. In: Journal of the European TRIZ Association - INNOVATOR 5 (01/2020), S. 5–7. Online verfügbar unter <https://etria.eu/portal/index.php/innovator-etria-official-journal/132-etria-journal-01-202005>.

Otte, Andreas: Did the Baroque Composer Domenico Scarlatti Have Watch Glass Nails and Drumstick Fingers? In: Preprints, S. 2020100090, 4 Seiten. DOI: 10.20944/preprints202010.0090.v1.

Rietz, Steffen: Ab jetzt weht ein anderer Wind. In: Projektmanagement Aktuell 31 (01/2020), S. 70–74. DOI: 10.2357/PM-2020-0012.

Rietz, Steffen: Jedes Projektteam braucht engagierte Teammitglieder, der NQSZ 147-04 AA zum Projektmanagement auch. In: DIN-Mitteilungen (09/2020), S. 41–45.

Roth, Martin; Klasesen, Andreas: Infrastrukturexporte: Schweiz stärkt ihre Position. In: Die Volkswirtschaft 93 (4), S. 47–49. Online verfügbar unter <https://dievolkswirtschaft.ch/de/2020/03/roth-klasesen-4-2020/>.

Schappacher, Manuel; Uziel, Sebastian: Kontinuierliche Signalanalyse für Ethernet. In: *Elektronik : Fachmedium für industrielle Anwender und Entwickler* (8/2020), S. 28–34. Online verfügbar unter <https://wfm-publish.blaet-terkatalog.de/frontend/mvc/catalog/by-name/ELE?catalogName=ELE2008D>.

Zerres, Christopher: Markenmanagement im Stadtmarketing. In: *Innovative Verwaltung* 42 (5-6), S. 32–34. DOI: 10.1007/s35114-020-0233-0.

Zerres, Christopher; Israel, Kai: VR als Chance für Museen. In: *Public Marketing* (8-9), S. 46–47.

*Kategorie: Buch und Buchbeiträge
inkl. Herausgeberschaft*

Autor(en), Titel, Verlag

Breyer-Mayländer, Thomas: Erfolgsfaktor Macht im Management. 20 Handlungsfelder für bewusste, verantwortungsvolle und erfolgreiche Führungsarbeit. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, VIII, 228 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.springer.com/de/book/9783658285661>.

Breyer-Mayländer, Thomas: Den digitalen Wandel erfolgreich meistern. In: Sandra Ückert, Hasan Sürgit und Gerd Diesel (Hg.): *Digitalisierung als Erfolgsfaktor für das Sozial- und Wohlfahrtswesen, Forschung und Entwicklung in der Sozialwirtschaft* 13. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 11–30. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.5771/9783748903604-11>.

Breyer-Mayländer, Thomas: Digital Leadership an Schulen braucht klare Führung. In: Gerhard Regenthal (Hg.): *Digitale Transformation und Mitarbeiterführung : Schulmanagement der Zukunft: Schule innovativ gestalten*. 1. Aufl. Stuttgart: Raabe Verlag, S. 101–120. Online verfügbar unter <https://www.raabe.de/ratgeber/management/26798/schulmanagement-der-zukunft>.

Breyer-Mayländer, Thomas: Öffentlichkeitsarbeit muss Werte und Emotionen vermitteln. In: Gerhard Regenthal und Jan Schütte (Hg.): *Öffentlichkeitsarbeit macht Schule. Ein praxisorientiertes Handbuch zur Umsetzung von PR an Schulen* (Loseblatt-Sammlung). Neuwied: Wolters Kluwer, S. 55–62.

Ernst, Stefan: Grundlagen des Multimedia-Urheberrechts. In: Thomas Hoeren, Ulrich Sieber und Bernd Holz-nagel (Hg.): *Handbuch Multimedia-Recht. Rechtsfragen des elektronischen Geschäftsverkehrs. Ergänzungslieferung*. München: Verlag C.H.Beck, S. 1–31. Online verfügbar unter https://beck-online.beck.de/?vpath=bib-data%2Fkomm%2FHoerenSieberHdbMMR_50%2Fcont-%2FHoerenSieberHdbMMR%2EgITeil7%2EgI1%2Ehtm.

Ernst, Stefan: Internet-Auktionsvertrag. In: Helmut Redeker (Hg.): *Handbuch der IT-Verträge*. 42. Ergänzungslieferung. Köln: Verlag Dr. Otto Schmidt, Kapitel 3.13.

Fetzner, Daniel; Dornberg, Martin: DE\GLOBALIZE. In: *Critical Zones*. Cambridge: MIT Press, S. 412. Online verfügbar unter <https://mitpress.mit.edu/books/critical-zones>.

Fetzner, Daniel; Dornberg, Martin: Die zweigriffige Baumsäge. Ein biokybernetisch-medienökologisches Experimentalsystem. In: Beate Ochsner, Sybilla Nikolow und Robert Stock (Hg.): *Affizierungs- und Teilhabepro-*

zesse zwischen Organismen und Maschinen, Technikzukünfte, Wissenschaft und Gesellschaft. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 123–142. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-40993>.

Fetzner, Daniel; Dornberg, Martin: Flüchtige Resonanzen. Zum Ephemeren im Projekt »PEAU/PLI«. In: Petra Maria Meyer (Hg.): *Ephemer*. Paderborn: Wilhelm Fink, S. 447–469. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-40988>.

Fetzner, Daniel; Dornberg, Martin: Medial Bodies: Forays into Artistic and Philosophical- Anthropological Research. In: Denisa Butnaru (Hg.): *Medial Bodies. Between Fiction and Faction*. Bielefeld: Transcript, S. 221–244. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-40967>.

Giel, Dominik: Die Physik des Fahrrades. In: *Hochrhein-Seminar für Mathematik und Naturwissenschaften - Jahresbericht 2018/2019*. Freiburg, S. 95–97. Online verfügbar unter https://www.hochrhein-seminar.de/wp-content/uploads/2020/02/Jahrbuch-20182019_JahresabschlussC_tmp0hBuKks150DpiWeb.pdf

Graumann, Matthias: Organisatorische Entscheidungen treffen! Lehrbuch mit Online-Lernumgebung. Herne: Kiehl, 120 Seiten (Kiehl Wirtschaftsstudium).

Graumann, Matthias; Müller, Andrea; Weiß, Hans-Jörg (Hg.) (2020): *Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wie Unternehmen den Wandel meistern*. Wiesbaden: Springer Gabler, 250 Seiten. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6>.

Graumann, Matthias; Lehnen, Marc: Lenkung von Innovationen. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): *Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wie Unternehmen den Wandel meistern*. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 3–30. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_1.

Greschuchna, Larissa; Braun, Sebastian: Konsumentenintegration in den Innovationsprozess im Zeitalter der Digitalisierung. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): *Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wie Unternehmen den Wandel meistern*. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 89–106. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_4.

Junk, Stefan: Fusion 360 – kurz und bündig. Einstieg in Cloud-CAD und CNC-Biegen mit neuem User Interface. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg, IX, 186 Seiten. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-30423-2>.

Junk, Stefan: Onshape - kurz und bündig : Einstieg in 3D-Druck und CNC-Biegen. 3., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, IX, 172 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.springer.com/de/book/9783658288105>.

Klasen, Andreas: Staatliche Finanzierung für innovative Exportunternehmen. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): *Innovationen für eine digitale Wirtschaft*. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 199–224. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_9.

Lankau, Ralf: Autonomie des Menschen vs. autonome Systeme Einspruch gegen digitale Heilslehren – für einen humanen Einsatz von KI. In: Dieter Korczak (Hg.): Digitale Heilsversprechen : Zur Ambivalenz von Gesundheit, Algorithmen und Big Data. Frankfurt: Mabuse, S. 183–192.

Lankau, Ralf: Covid-19, Grundrechte und die Corona-App. In: Dieter Korczak (Hg.): Digitale Heilsversprechen : Zur Ambivalenz von Gesundheit, Algorithmen und Big Data. Frankfurt: Mabuse, S. 171–182.

Lankau, Ralf: Des Kaisers neue Kleider – Schule und Unterricht unter dem Diktat von IT und Datenökonomie. In: Dieter Smolka und Jutta Sengpiel (Hg.): Die Tafel muss raus!? Unterrichten agil, digital, modern. 1. Aufl. Hürtz: Carl Link Verlag, S. 20–27. Online verfügbar unter <http://futur-iii.de/2020/08/12/des-kaisers-neue-kleider/>.

Lankau, Ralf: Herausforderungen und Gefahren der digitalen Bildung in Deutschland. In: Ronny Alexander Fürst (Hg.): Digitale Bildung und Künstliche Intelligenz : Nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit und Zukunftsaufgaben. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 349–372. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-30525-3_14.

Müller, Andrea: Innovative digitale Geschäftsmodelle für B2B und B2C. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 107–125. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_5.

Müller, Andrea; Miclau, Christina; Demaeght, Annebeth: Customer Experience: Die Messung und Interpretation von Emotionen im Dialogmarketing. In: Heinrich Holland (Hg.): Digitales Dialogmarketing: Grundlagen, Strategien, Instrumente. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 1–24. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-28973-7_26-1.

Najderek, Anne: Auswirkungen der Digitalisierung im Rechnungswesen – ein Überblick. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 127–145. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_6.

Nasdala, Lutz: Mathematik 1 Beweisaufgaben. Beweise, Lern- und Klausur-Formelsammlung. 2., erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 299 Seiten (1). Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-30160-6>.

Nuß, Uwe: Zeitdiskrete Regelung : Theorie und Anwendung digitaler Regelkonzepte. 1. Aufl. Berlin, Offenbach: VDE Verlag, 519 Seiten.

Reiter, Joachim: Digitalisierung und Business Analytics: Ausschöpfen des Innovationspotenzials der Digitalisierung für operative Entscheidungen in KMU. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 31–53. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_2.

Rietz, Steffen; Meier, Daniel: Professionelles Projektmanagement vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 55–86. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_3.

Rietz, Steffen; Meier, Daniel (Hg.): Projektmanagement in der Windenergie. Strategien und Handlungsempfehlungen für die Praxis. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, 388 Seiten. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-27365-1>.

Rietz, Steffen: Risikomanagement in Projekten zur Errichtung von Windkraftanlagen. In: Steffen Rietz und Daniel Meier (Hg.): Projektmanagement in der Windenergie : Strategien und Handlungsempfehlungen für die Praxis. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 115–134. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-27365-1_5.

Schmidt, Michael; Feldmann, Thomas; Schmitt, Edgar: Microgrid der Hochschule Offenburg. In: Birgit Haller, Ole Langniß, Albrecht Reuter und Nicolas Spengler (Hg.): 1,5°Csellisius : Energiewende zellulär – partizipativ – vielfältig umgesetzt. Stuttgart: C/sells Selbstverlag c/o Dr. Langniß Energie & Analyse, S. 172–173. Online verfügbar unter https://www.csells.net/media/com_form2content/documents/c12/a357/f122/CSells_Buch_15GradCSellsisius_WEB_20201209_compressed.pdf.

Weiß, Hans-Jörg: Auswirkungen der Digitalisierung aus ordnungspolitischer Perspektive. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 149–172. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_7.

Wendt, Thomas; Himmelsbach, Urban; Lai, Matthias; Waßmer, Matthias: Time-of-Flight Cameras Enabling Collaborative Robots for Improved Safety in Medical Applications. In: Robotic Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications: Business Science Reference, S. 614–622. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.4018/978-1-7998-1754-3.ch032>.

Wenger, Thomas: Digitale Geschäftsmodelle und asymmetrische Information in der Finanzierung von Unternehmen. In: Matthias Graumann, Andrea Müller und Hans-Jörg Weiß (Hg.): Innovationen für eine digitale Wirtschaft. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 173–197. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29027-6_8.

Westhoff, Dirk: Mobile Security - Schwachstellen verstehen und Angriffsszenarien nachvollziehen. 1. Aufl. Berlin: Springer Vieweg, 264 Seiten. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-60855-5>.

Wilke, Kay-Michael; Weber, Jörg-Andreas: Lehrbuch Internationales Steuerrecht. 15., überarbeitete und erweiterte Auflage. Herne: nwb, XXII, 454 Seiten. Online verfügbar unter <https://datenbank.nwb.de/Dokument/Anzeigen/822849/>.

Zerres, Christopher: Social Media Marketing. In: Heinrich Holland (Hg.): Digitales Dialogmarketing: Grundlagen, Strategien, Instrumente. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 1–18. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-28973-7_32-1.

Zierp, Jürgen; Bühler, Karl: Gasdynamik. In: Manfred Hennecke und Birgit Skrotzki (Hg.): HÜTTE - Das Ingenieurwissen. Berlin, Heidelberg: Springer Reference, S. 1–30. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-57492-8_41-1.

*Kategorie: Konferenzveröffentlichungen**Autor(en), Titel, Konferenz/Verlag*

Abdolinezhad, Saeed; Schappacher, Manuel; Sikora, Axel: Secure Wireless Architecture for Communications in a Parcel Delivery System. In: IEEE IDAACS-SWS 2020 : Conference Proceedings, S. 1–6. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297086>.

Alkhouri, Kamil; Sikora, Axel; Neher, Philipp; Frick, Frick: Time Synchronization for Time Sensitive Networks. In: As Defined in IEEE Std 802.1AS-2011 : Proceedings of the embedded world Conference 2020: WEKA Fachmedien, S. 79–84.

Buchweitz, Lea; Theil, Arthur; Gay, James; Korn, Oliver: Exploring Low-Cost Materials to Make Pattern-Based Lock-Screens Accessible for Users with Visual Impairments or Deafblindness. In: Tiago Guerreiro, Hugo Nicolau und Karyn Moffatt (Hg.): Proceedings of the 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '20). New York: ACM Press, Artikel 69. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1145/3373625.3418020>.

Cavallucci, Denis; Brad, Stelian; Livotov, Pavel (Hg.): IFIP Advances in Information and Communication Technology. Bd. 597: Systematic Complex Problem Solving in the Age of Digitalization and Open Innovation. 1. Aufl. Cham: Springer International Publishing, XII, 466 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.springer.com/de/book/9783030612948#>.

Livotov, Pavel: Easy-to-Use Ideation Technique Based on Five Cross-Industry Analogies Enhances Engineering Creativity of Students and Specialists. In: Denis Cavallucci, Stelian Brad und Pavel Livotov (Hg.): Systematic Complex Problem Solving in the Age of Digitalization and Open Innovation. 1. Aufl. Cham: Springer International Publishing, S. 103–121. Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-61295-5_9.

Livotov, Pavel; Mas'udah; Chandra Sekaran, Arun Prasad: Learning Eco-Innovation from Nature: Towards Identification of Solution Principles Without Secondary Eco-Problems. In: Denis Cavallucci, Stelian Brad und Pavel Livotov (Hg.): Systematic Complex Problem Solving in the Age of Digitalization and Open Innovation. 1. Aufl. Cham: Springer International Publishing, S. 172–182. Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-61295-5_14.

Čečil, Roman; Šetka, Vlastimil; Tolar, David; Sikora, Axel: RETIS – Real-Time Sensitive Wireless Communication Solution for Industrial Control Applications. In: IEEE IDAACS-SWS 2020 : Conference Proceedings, S. 1–9. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297074>.

Christ, Andreas; Quint, Franz (Hg.): Artificial Intelligence: Research Impact on Key Industries. Proceedings of the Upper-Rhine Artificial Intelligence Symposium, 143 Seiten.

Curticapean, Dan; Vauderwange, Oliver; Heitz, Benjamin; Haiss, Ulrich: Astronomical events and how to photograph them. In: Vasudevan Lakshminarayanan, Katherine Creath und Joseph A. Shaw (Hg.): Proce-

dings of SPIE: Light in Nature VIII, Bd. 11481. Bellingham, Washington: SPIE, 1-10. Online verfügbar unter 978151063769.

da Costa Fernandes, Jesus Salazar; García-Munoz, Patricia; Sarigul, Gamze; Robert, Didier; Keller, Nicolas; Schmidt, Michael; Bollin, Elmar: PHOTOPUR – PV Powered Process Automation of an AOP Based Water Decontamination. In: 37th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 7.-11. September 2020, Lissabon, Portugal : Proceedings. München: WIP Renewables, S. 1791–1795. Online verfügbar unter <https://www.eupvsec-proceedings.com/proceedings?top100&paper=49091>.

Degel, Jan Philipp; Hähnlein, Stefan; Klöffler, Christian; Doppelbauer, Martin: A moving least-square approach for current slope estimation in an inverter fed IPMSM using field programmable gateway arrays. In: Proceedings : 2020 International Conference on Electrical Machines (ICEM). New York, S. 1033–1039. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/ICEM49940.2020.9270920>.

Durall Lopez, Ricard; Keuper, Margret; Keuper, Janis: Watch your Up-Convolution: CNN Based Generative Deep Neural Networks are Failing to Reproduce Spectral Distributions. In: Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, S. 7887–7896. Online verfügbar unter https://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2020/html/Durall_Watch_Your_Up-Convolution_CNN_Based_Generative_Deep_Neural_Networks_Are_CVPR_2020_paper.html.

Feil, Niclas M.; Mayer, Elena; Christian, Björn; Ding, Anli; Žukauskaitė, Agnė; Ambacher, Oliver: Novel Method for Extracting Material Constants of Epitaxial Wurtzite AlScN Films on Sapphire Using Higher Order Surface Acoustic Wave Modes. In: 2020 Symposium Proceedings, S. 1–4. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IUS46767.2020.9251767>.

Gay, James; Umfahrer, Moritz; Theil, Arthur; Buchweitz, Lea; Lindell, Eva; Guo, Li et al.: Keep Your Distance: A Playful Haptic Navigation Wearable for Individuals with Deafblindness. In: Tiago Guerreiro, Hugo Nicolau und Karyn Moffatt (Hg.): Proceedings of the 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '20). New York: ACM Press, 1-4. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1145/3373625.3418048>.

Grund, Jonas; Umfahrer, Moritz; Buchweitz, Lea; Gay, James; Theil, Arthur; Korn, Oliver: A Gamified and Adaptive Learning System for Neurodivergent Workers in Electronic Assembling Tasks. In: Proceedings of the Conference on Mensch und Computer (MuC '20). New York: ACM Press, S. 491–494. Online verfügbar unter <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3404983.3410420>.

Heimbürger, Louisa; Buchweitz, Lea; Gouveia, Ruben; Korn, Oliver: Gamifying Onboarding: How to Increase Both Engagement and Integration of New Employees. In: Goossens R., Murata A. (eds) Advances in Social and Occupational Ergonomics. AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 970. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20145-6_1

Hensel, Stefan; Marinov, Marin B.; Kehret, Christoph; Stefanova-Pavlova, Maria: Experimental Set-up for Evaluation of Algorithms for Simultaneous Localization and Mapping. In: Murat Yilmaz, Jörg Niemann, Paul Clarke und Richard Messnarz (Hg.): Proceedings of EuroSPI 2020: Systems, Software and Services Process Improvement. Cham: Springer, S. 433–444. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-56441-4_32.

Hensel, Stefan; Marinov, Marin B.; Schmitt, Max: System Setup for Synchronized Visual-Inertial Localization and Mapping. In: Proceedings of the 2020 XXIX International Scientific Conference Electronics (ET), S. 1–4. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/ET50336.2020.9238295>.

Hensel, Stefan; Marinov, Marin B.; Schmitt, Max: Versuchsaufbau zur Untersuchung und Evaluierung eines Kartierungs- und Lokalisierungssystem. In: Alexandar Tsenov und Hristomir Yordanov (Hg.): Herausforderungen der Digitalen Welt: Tagungsband der 9. FDIBA Konferenz, Sofia, Bulgarien: Challenges of the Digital World: Proceedings of the 9th FDIBA Conference, Sofia, Bulgaria, Bd. 3. Sofia, Bulgarien: TU–Sofia Publishing House, S. 81–84. Online verfügbar unter http://conference.fdiba.tu-sofia.bg/uploads/2019/Proceedings/INF1.pdf?_t=1579553313.

Hensel, Stefan; Marinov, Marin B.; Sprich, Florian: Automatisierte akustische Treffererkennung auf einer Steel-Dartscheibe. In: Alexandar Tsenov und Hristomir Yordanov (Hg.): Herausforderungen der Digitalen Welt: Tagungsband der 9. FDIBA Konferenz, Sofia, Bulgarien: Challenges of the Digital World: Proceedings of the 9th FDIBA Conference, Sofia, Bulgaria, Bd. 3. Sofia, Bulgarien: TU–Sofia Publishing House, S. 75–78. Online verfügbar unter http://conference.fdiba.tu-sofia.bg/uploads/2019/Proceedings/MECH3.pdf?_t=1579553308.

Himmelsbach, Urban; Wendt, Thomas: Built-In 360 Degree Separation Monitoring for Grippers on Robotic Manipulators in Human-Robot Collaboration. In: Proceedings: The Fourth IEEE International Conference on Robotic Computing, S. 156–160. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IRC.2020.00031>.

Ho, Kalun; Kardoost, Amirhossein; Pfreundt, Franz-Josef; Keuper, Janis; Keuper, Margret: A Two-Stage Minimum Cost Multicut Approach to Self-Supervised Multiple Person Tracking. In: Proceedings of the Asian Conference on Computer Vision: CVF, S. 1–8. Online verfügbar unter https://openaccess.thecvf.com/content/ACCV2020/html/Ho_A_Two-Stage_Minimum_Cost_Multicut_Approach_to_Self-Supervised_Multiple_Person_ACCV_2020_paper.html.

Ho, Kalun; Keuper, Janis; Pfreundt, Franz-Josef; Keuper, Margret: Learning Embeddings for Image Clustering: An Empirical Study of Triplet Loss Approaches. S. 1-8. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/342832627_Learning_Embeddings_for_Image_Clustering_An_Empirical_Study_of_Triplet_Loss_Approaches.

Israel, Kai; Buchweitz, Lea; Tscheulin, Dieter K.; Zeres, Christopher; Korn, Oliver: Captivating Product Experiences: How Virtual Reality Creates Flow and Thereby Optimize Product Presentations. In: Fiona Fui-Hoon Nah und Keng Siau (Hg.): HCI in Business, Government

and Organizations, LNCS 12204. Cham: Springer Nature, S. 354–368. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-50341-3_28.

Jäger, Nicola; Kaufmann, Marcel; Heitz, Benjamin; Vauderwange, Oliver; Haiss, Ulrich; Curticepean, Dan: Live streaming of events over an IP network as a catalyst in media technology education and training. In: G. Groot Gregory und Anne-Sophie Poulin-Girard (Hg.): Proceedings of SPIE: Optics Education and Outreach VI, Bd. 11480. Bellingham, Washington: SPIE, 1-7. Online verfügbar unter <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/11480/2568843/Live-streaming-of-events-over-an-IP-network-as-a/10.1117/12.2568843.full?SSO=1>.

Junk, Stefan: Work in Progress: Design Education for Additive Manufacturing using RC Race Car Models. In: Alberto Cardoso, Gustavo R. Alves und Maria Teresa Restivo (Hg.): Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2020), S. 1559–1562. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125111>.

Junk, Stefan; Einloth, Henning: New Method for the Application of Voxels in Product Design for Multi-Material 3D-Printing. In: CAD'20 Proceeding - Presentations: CAD Solutions LLC, S. 137–141. Online verfügbar unter <http://www.cad-conference.net/files/CAD20/CAD20-barcelona.html>.

Junk, Stefan; Schrock, Steffen; Chang, Fang-Wei; Albers, Albert: Potentiale des Additive Tooling zur Steigerung der Effizienz und Agilität von Validierungsaktivitäten in der frühen Phase der Produktentwicklung. In: Burkhard Coves und Kilian Gericke (Hg.): 18. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2020: Nachhaltige Produktentwicklung, S. 259–270. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:hbz:464-20201204-094527-4>.

Junk, Stefan; Velten, Dirk; Schmidt, Patrick: Investigations on Material Behaviour in Filament Metal Printing (FMP). In: Bernhard Müller (Hg.): Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC 2020. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 1–6.

Keuper, Janis; Rombach, Philipp: SmartPred: Unsupervised Hard Disk Failure Detection. In: Heike Jagode, Hartwig Anzt, Guido Juckeland und Hatem Ltaief (Hg.): High Performance Computing. Cham: Springer, S. 235–246. Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/smart-pred-unsupervised-hard-disk-failure-detection/18500552>.

Keuper, Janis; Straßel, Dominik; Reusch, Philipp: Python Workflows on HPC Systems. In: Conference Proceedings: PYHPC 2020, S. 32–40. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/PyHPC51966.2020.00009>.

Keuper, Janis; Tschannen, Valentin; Durall Lopez, Ricard; Pfreundt, Franz-Josef: Synthesizing seismic diffractions using a generative adversarial network. In: SEG Technical Program Expanded Abstracts 2020, S. 1491–1495. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1190/segam2020-3415521.1>.

Korn, Oliver; Gay, James; Gouveia, Rúben; Buchweitz, Lea; Schulz, Annika Sabrina; Umfahrer, Moritz: Tactile Navigation with Checkpoints as Progress Indicators?: Only when Walking Longer Straight Paths. In: PETRA '20: Proceedings of the 13th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environ-

ments. New York: ACM Press, 1-8. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1145/3389189.3392605>.

Lankau, Ralf: Online | offline. Erwartung an die Kirche der Zukunft aus medienwissenschaftlicher Sicht. In: Thomas Böhme, Gotthard Fermor, Hildrun Keßler und Christian Mulia (Hg.): Digitale Bildung und religiöse Kommunikation. Religions- und Gemeindepädagogische Perspektiven. Münster: Comenius, S. 41–50.

Larionov, Dmitry; Lukashenko, Oleg; Moschevikin, Alex; Voronov, Roman; Sikora, Axel: Improving the Accuracy for Radio-Based Positioning in Mines Using SLAM. In: IEEE IDAACS-SWS 2020 : Conference Proceedings, S. 1–7. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297088>.

Lindell, Eva; Theil, Arthur; Guo, Li; Olsson, Nasrine; Korn, Oliver; Persson, Nils-Krister: Physical Add-Ons for Haptic Human-Surrounding Interaction and Sensory Augmentation. In: International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies, IHET 2020, Human Interaction, Emerging Technologies and Future Applications III. Part of the Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC, volume 1253). Cham: Springer, S. 183–188. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-55307-4_28.

Livotov, Pavel; Mas'udah; Chandra Sekaran, Arun Prasad: Reliable identification and selection of critical innovation design tasks for process intensification in process engineering. In: Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference. Cambridge, UK: Cambridge University Press, S. 2019–2028. Online verfügbar unter <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-design-society-design-conference/article/reliable-identification-and-selection-of-critical-innovation-design-tasks-for-process-intensification-in-process-engineering/E09CDE62FCB9E68802BAE97AE6027B0A>.

Miclau, Christina; Gast, Oliver; Hertel, Julius; Wittmann, Anja; Hornecker, Achim; Müller, Andrea: Nutzerprobleme beim E-Commerce sehen und hören. In: Wie KI uns bei der Analyse der User Experience unterstützt : Dialogmarketing Perspektiven 2019/2020. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 57–72. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-29456-4_4.

Miclau, Christina; Wörz, Barbara; Heiland, Laura; Hess, Dennis; Weber, Beatrice; Emmler, Alice et al.: User Experience Testing vs. Marketing Experts – Can Empirical Research Beat Practical Knowledge in Dialog Marketing? In: Fiona Fui-Hoon Nah und Keng Siau (Hg.): HCI in Business, Government and Organizations, LNCS 12204. Cham: Springer Nature, S. 426–444. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-50341-3_33.

Nandkumar, Karan; Schulz, Annika Sabrina; Korn, Oliver: Wearable or HMD?: How to Support Tactile Navigation. In: Proceedings of the 13th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments. New York: ACM Press, 1-2. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1145/3389189.3397644>.

Nsiah, Kofi Atta; Alkhoury, Kamil; Sikora, Axel: Configuration of Wireless TSN Networks. In: IEEE IDAACS-SWS 2020 :

Conference Proceedings, S. 1–5. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297066>.

Nugroho, Saptadi; Weinmann, Alexander; Schindelhauer, Christian; Christ, Andreas: Averaging Emulated Time-Series Data Using Approximate Histograms in Peer to Peer Networks. In: Fernando de La Prieta (Hg.): Highlights in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Trust-worthiness. Schweiz: Springer, S. 339–346. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-51999-5_28.

Rappenecker, Klaus; Isele, Alfred: Verschraubung lackierter Bauteile – Einfluss auf die Vorspannkraft. In: 8. Fachtagung Baumaschinentechnik 2020, 1. und 2. Oktober 2020 in Dresden, S. 241–250.

Reiter, Joachim; Hartmann, Uwe; Greschuchna, Larissa; Westrich, Jaline; Mörtl, Aliyah; Cherkaoui, Laura et al.: Protect Our Health with Cleaner Cars – How to Gain Customer Acceptance for Air Pollution Decreasing Retrofit Purchase. In: Fiona Fui-Hoon Nah und Keng Siau (Hg.): HCI in Business, Government and Organizations. Cham: Springer Nature, S. 158–173. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-50341-3_13.

Rogall, Olga; Feil, Niclas M.; Ding, Anli; Mayer, Elena; Pupyrev, Pavel Dmitrievich; Lomonosov, Alexey M. et al.: Determining Elastic Constants of AlScN Films on Silicon Substrates by Laser Ultrasonics. In: 2020 Symposium Proceedings, S. 1–4. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IUS46767.2020.9251632>.

Romanov, Alexey M.; Gringoli, Francesco; Sikora, Axel: High Precision Synchronization between Commercial WiFi-ICs and External Device. In: Proceedings of the 16th IEEE Workshop on Positioning, Navigation and Communications (WPNC), Bremen, Germany, Oct. 23-24, 2019, S. 1–6. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/WPNC47567.2019.8970260>.

Romanov, Alexey M.; Volkova, Maria A.; Sikora, Axel: A Novel Low-Jitter Interface for Synchronization with Low-Cost Integrated IEEE802.11 Chips. In: 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), S. 1–6. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166100>.

Schaad, Andreas: Project OVVL - Threat Modeling Support for the entire secure development lifecycle. In: SICHERHEIT 2020. Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit : Konferenzband der 10. Jahrestagung des Fachbereichs Sicherheit der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) 17-20. März 2020 in Göttingen, S. 121–124. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.18420/sicherheit2020_10.

Schaad, Andreas; Binder, Dominik: ML-Supported Identification and Prioritization of Threats in the OVVL Threat Modelling Tool. In: Data and Applications Security and Privacy XXXIV, 34th annual IFIP WG 11.3 conference, DB-Sec 2020, Regensburg, Germany, June 25-26, 2020 : proceedings. Cham: Springer, S. 274–285. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-49669-2_16.

Schlegel, Udo; Oelke, Daniela; Keim, Daniel A.; El-Asady, Mennatallah: An Empirical Study of Explainable AI Techniques on Deep Learning Models For Time Series Tasks. S. 1–7. Online verfügbar unter https://preregister.science/papers_20neurips/7_paper.pdf.

Schwahn, Vanessa; Müller, Andrea; Burkhardt, Achim; Miclau, Christina: POS Product Presentation Concepts - Analysis of Affective, Conative and Cognitive Components in Decision Making. In: Fiona Fui-Hoon Nah und Keng Siau (Hg.): *HCI in Business, Government and Organizations*, LNCS 12204. Cham: Springer Nature, S. 174–187. Online verfügbar unter https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-50341-3_14.

Schwarz, Raphael; Marinov, Marin B.; Hensel, Stefan: Optical 3D Object Recognition for Automated Driving. In: Andreas Christ und Franz Quint (Hg.): *Artificial Intelligence: Research Impact on Key Industries*. Proceedings of the Upper-Rhine Artificial Intelligence Symposium, S. 127–135.

Sikora, Axel; Nyemkova, Elena; Lakh, Yuriy: Accuracy Improvements of Identification and Authentication of Devices by EM-Measurements. In: IEEE IDAACS-SWS 2020: Conference Proceedings, S. 1–5. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297071>.

Sikora, Axel; Walz, Andreas; Zimmermann, Lukas: Research Aspects for Secure Communication in the Industrial Internet of Things. In: Proceedings: 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), S. 284–289. Online verfügbar unter <https://ieeexplore.ieee.org/document/9125002>.

Theil, Arthur; Buchweitz, Lea; Fuentes, Mauricio; Korn, Oliver: Co-Designing Assistive Tools to Support Social Interactions by Individuals Living with Deafblindness. In: DIS' 20: Companion Publication of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference. New York: ACM Press, S. 79–83. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1145/3393914.3395869>.

Theil, Arthur; Buchweitz, Lea; Gay, James; Lindell, Eva; Guo, Li; Persson, Nils-Krister; Korn, Oliver: Tactile Board: A Multimodal Augmentative and Alternative Communication Device for Individuals with Deafblindness. In: Jessica Cauchard und Markus Löchtfeld (Hg.): Proceedings of the 19th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia. New York: ACM Press, S. 223–228. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1145/3428361.3428465>.

Vauderwange, Oliver; Curticepean, Dan; Javahiraly, Nicolas: Realization of a concept for research-oriented photonics education. In: Proceedings of SPIE: Optics Education and Outreach VI, Bd. 11480. Bellingham, Washington: SPIE, 1–9. Online verfügbar unter <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/11480/2568786/Realization-of-a-concept-for-research-oriented-photonics-education/10.1117/12.2568786.full>.

Walser, Thilo; Reisinger, Martin; Hartmann, Niklas; Di-erolf, Christian; Sauer, Alexander: Readiness of Short-term Load Forecasting Methods for their Deployment on Company Level. In: Christoph Imboden, Davor Bošnjak, Andreas K. Friedrich, Nikos Hatzigaryriou, Thomas Kudela, Carlo Alberto Nucci et al. (Hg.): Proceedings of GSM 2020. Luzern, S. 89–103. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4284325>.

Wang, Isaac; Buchweitz, Lea; Smith, Jesse; Bornholdt,

Lara-Sophie; Grund, Jonas; Ruiz, Jaime; Korn, Oliver: Wow, You Are Terrible at This!: An Intercultural Study on Virtual Agents Giving Mixed Feedback. In: Proceedings of the 20th ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents. New York: ACM Press, 1–8. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1145/3383652.3423887>.

Weller, Dennis D.; Hefenbrock, Michael; Tahoori, Mehdi Baradaran; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Beigl, Michael: Programmable Neuromorphic Circuit based on Printed Electrolyte-Gated Transistors. In: 2020 25th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC) : Proceedings, S. 446–451. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/ASP-DAC47756.2020.9045211>.

Westhoff, Dirk; Tajan, Louis; Armknecht, Frederik (2020): Solving Set Relations with Secure Bloom Filters Keeping Cardinality Private. In: Proceedings of the 17th International Conference on Security and Cryptography : July 8–10, 2020, Bd. 3, S. 443–450. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.5220/0009835904430450>.

Yusoff, Nin Hayati Mohd; Zakaria, Nurul Azma; Sikora, Axel; Elayanithottathil, Jubin Sebastian: HRPL Protocol for 6LoWPAN Smart Home System: A Performance Assessment Analysis. In: IEEE IDAACS-SWS 2020 : Conference Proceedings, S. 1–5. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/IDAACS-SWS50031.2020.9297079>.

Zimmermann, Lukas; Scholz, Alexander; Tahoori, Mehdi Baradaran; Sikora, Axel; Aghassi-Hagmann, Jasmin: Hardware-Intrinsic Security with Printed Electronics for Identification of IoE Devices. In: 2020 European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD) : Proceedings, S. 1–4. Online verfügbar unter <https://dx.doi.org/10.1109/ECCTD49232.2020.9218277>.

Kategorie: Juristische Kommentare

Autor(en), Titel, Konferenz/Verlag

Ernst, Stefan: Kein Anspruch eines Lehrers auf Beseitigung von Fotos aus Schuljahrbuch. Saarbrücken: Juris (Juris-PraxisReport : Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht) (9/2020), Anm. 4 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/lza/page/homerl.psm?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschaueite.jsp&doc.id=jpr-NLWR000004420&userHasToLogin=true&docpreview=true&showdoccase=1&metainfo=2>.

Ernst, Stefan: Kein Verkauf „gebrauchter“ E-Books im Internet ohne Erlaubnis des Urhebers. Köln: RWS Verlag (Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht: EWIR) (2/2020), 59 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.ewir-online.de/heft-2-2020/ewir-2020-59-kein-verkauf-gebrauchter-e-books-im-internet-ohne-erlaubnis-des-urhebers-niederlands-uitgeversverbond/>.

Ernst, Stefan: Keine Pflicht zum Hinweis auf Verbraucherschlichtungsstelle bei bloßer Bereitschaft zur Streitbeilegung. Saarbrücken: Juris (Juris-PraxisReport : IT-Recht), Anm. 3 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/7ke/page/homerl.psm?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschaueite.jsp&doc.id=jpr-NLIT000001120&userHasToLogin=true&docpre>

view=true&showdoccase=1&metainfo=2.

Ernst, Stefan: Öffentliches Zugänglichmachen eines urheberrechtlich geschützten Lichtbildes (Juris-PraxisReport : Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht) (10/2020), Anm. 4 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/mc2/page/homerl.psml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschauseite.jsp&doc.id=jpr-NLWR000004920&userHasToLogin=true&docpreview=true&showdoccase=1&metainfo=2>.

Ernst, Stefan: Umfang der Informationspflicht eines Unternehmers zu alternativer Streitbeilegung in Verbrauchersachen. Saarbrücken: Juris (Juris-PraxisReport : Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht), Anm. 3 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/7ke/page/homerl.psml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschauseite.jsp&doc.id=jpr-NLWR000000320&userHasToLogin=true&docpreview=true&showdoccase=1&metainfo=2>.

Ernst, Stefan: Zeiterfassung mittels Fingerprint ohne Einwilligung des Arbeitnehmers unzulässig (Juris-PraxisReport : IT-Recht) (4/2020), Anm. 6 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/dy4/page/homerl.psml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschauseite.jsp&doc.id=jpr-NLIT000001920&userHasToLogin=true&docpreview=true&showdoccase=1&metainfo=2>.

Ernst, Stefan: Zum Schadensersatzanspruch wegen Verstoßes gegen datenschutzrechtliche Vorschriften (Ju-

ris-PraxisReport : IT-Recht) (25/2020), Anm. 5 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/mj/page/homerl.psml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschauseite.jsp&doc.id=jpr-NLIT000012020&userHasToLogin=true&docpreview=true&showdoccase=1&metainfo=2>.

Ernst, Stefan: Zum Widerrufsrecht des Verbrauchers beim Kauf einer „Bahncard“. Köln: RWS Verlag (Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht: EWiR) (12/2020), 363 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.ewir-online.de/heft-12-2020/ewir-2020-363-zum-widerrufsrecht-des-verbrauchers-beim-kauf-einer-bahncard-verbraucherzentrale-berlin/>.

Ernst, Stefan: Zur Einwilligung in das Setzen von Web-Cookies für Werbung und Marktforschung. Köln: RWS Verlag (Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht: EWiR) (20/2020), 635 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.ewir-online.de/heft-20-2020/ewir-2020-635-zur-einwilligung-in-das-setzen-von-web-cookies-fuer-werbung-und-marktforschung-cookie-einwilligung/>.

Ernst, Stefan: Zur Unwirksamkeit von AGB bei Überschreitung eines vertretbaren Umfangs („PayPal-AGB“). Köln: RWS Verlag (Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht: EWiR) (9/2020), 273 Seiten. Online verfügbar unter <https://www.ewir-online.de/heft-9-2020/ewir-2020-273-zur-unwirksamkeit-von-agb-bei-ueberschreitung-eines-vertretbaren-umfangs-paypal-agb/>.

Promotionen 2020

Name, Titel, HSO-Betreuer, Betreuer – kooperierende Universität

Intern, laufend:

Abou Messaad, Mohammed: Towards a low cost, low power hardware accelerators for machine learning based cybersecurity, HSO Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora, *National School of Computer Science (ENSI) – Dr. Chadlia Jerad, Pr. Narjès Bellamine Ben Saoud*

Admassu, Tinbit: How to test distributed time synchronized networks with routing and forwarding; verifying timing accuracy and stability, HSO Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora, *Bahir Dar Institute of Technology, Bahir Dar University – Dr. Fikreselam Gared*

Angermeier, Julian: Einfluss des Referenz-ITD auf das binaurale Hören, HSO Prof. Dr. rer. biol. hum. Stefan Zirn, *Technische Universität München – Prof. Dr.-Ing. Werner Hemmert*

Bechler, Nikolaus: A wireless ultra low power system for passive biotelemetry applications, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. mult. Holm Altenbach*

Bordini, Rogério Augusto: The Role of Sound in Gamification. An Experimental Approach, HSO Prof. Dr. Phil. Oliver Korn, *THelmut-Schmidt-Universität/Uni. d. Bundeswehr Hamburg – Univ.-Prof. Dr. Philipp Yorck Herzberg*

Braun, Jonas: Operando Diagnostik des Gesundheitszustands von Lithium-Ionen-Batterien mittels physikalisch-chemischer Zellalterungsmodelle, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler*

Brenner, Corinna: Kardiale Verschluss-Systeme, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer, *Universität Rostock – Prof. Dr. Christoph Nienaber*

Carelli, Serena: Mechanistic Modelling of Electrochemical Ageing Reaction at the Anode of Li-ion Batteries, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler, *Helmholtz Institut Ulm – Prof. Dr. Arnulf Latz*

Degel, Philipp: Stranggrößenbasierte Parameterschätzung und adaptive Regelung unsymmetrischer, hochausgenutzter E-Maschinen, HSO Prof. Dr.-Ing. Christian Klöffler, *Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Prof. Dr.-Ing. Martin Doppelbauer*

Demaeght, Anabeth: Analyse von Stimmmerkmalen zur Messung von Nutzeremotionen bei der Anwendung sprachgesteuerter Assistenzsysteme, HSO Prof. Dr. rer. oec. Andrea Müller, *Pädagogische Hochschule Freiburg – Prof. Dr. Josef Nerb*

Elayanithottathil, Jubin Sebastian: Seamless and unified test environment for spatially distributed wireless networks, HSO Dr.-Ing. Axel Sikora, *Technische Universität Clausthal – Prof. Dr. Andreas Rausch*

Fischer, Carl: Einfluss der thermischen Belastungsgeschichte auf das Risswachstum, das Riss schließen und die Lebensdauer von Aluminium- und Nickelbasisgusslegierungen, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg – Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. mult. Holm Altenbach*

Gawron, Philipp: Additiv hergestellte Energy Harvester, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Haber, Tobias: Ingenieurtechnische Lösungen zur Didaktik der Elektrotherapie des Herzens, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr.-Ing. Martin Doppelbauer*

Hähnlein, Stefan: Dynamische Regelung hochausgenutzter Synchronmaschinen durch Rechenzeitoptimierung und stranggrößenbasierte Parameteridentifikation, HSO Prof. Dr.-Ing. Christian Klöffler, *Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Hangst, Nikolai: 3D-gedruckte Sensorik in Mensch-Roboter-Kollaborations-Greifsystemen, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Hazubski, Simon: Visuelle Steuerung von Handprothesen durch Tracking mittels Augmented-Reality-Brille, HSO Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe Prof. Dr. med. Adreas Otte, *Universität Leipzig – Prof. Dr. Martin Bogdan*

Himmelsbach, Urban: A novel approach of chieving SIL3 with wireless communication in safety-critical industrial applications, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Huber, Andreas: Netzankopplung von regenerativen Energiesystemen mittels neuartiger Filter- und Regelungskonzepte, HSO Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Le, Vy: Erforschung von ganzheitlichen EnergyHarvesting-Konzepten unter Verwendung von druckbaren Energiewandlern und -speichern, HSO Prof. Dr.-Ing. Elke Mackensen, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer*

Mandal, Avikarsha: Security of Electric Payment Systems, HSO Prof. Dr. rer. nat. Erik Zenner, *Universität Mannheim – Prof. Dr. Frederik Armknecht*

Musralina, Alua: Evaluation of Radar Environment Perception Algorithms Performance for Autonomous Driving, HSO Prof. Dr.-Ing. Marlene Harter, *Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Prof. Dr.-Ing. Thomas Zwick*

Miclau, Christina: Untersuchung der emotionalen Wahrnehmung und Wirkung der Marke einer öffentlichen Einrichtung - Am Beispiel der Hochschule Offenburg, HSO Prof. Dr.-Ing. Bernhatd Denne, *Pädagogische Universität Freiburg – Prof. Dr. Josef Nerb*

Niro, Sascha: Peer-to-Peer Konzepte für verteilte Datenbanken in Smart-Grid-Strukturen: Time series data, HSO Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Schindelhauer*

Nugroho, Saptadi: Fast Gossiping Algorithm using Time-to-Live Mechanism in Dynamic Network, HSO Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Schindelhauer*

Prinzbach, Jürgen: Optimierung von Subspace-Clustering-Verfahren durch Parallelisierung und Deep Learning, HSO Prof. Dr. Tobias Lauer, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Jun.-Prof. Dr. Joschka Bödecker*

Quarti, Michael: Modellbasierte Entwicklung dynamischer Methoden für die Zustandsdiagnostik von Lithium-Ionen-Batterien, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler, *KIT Karlsruhe*

Rogall, Olga: Bestimmung von Materialeigenschaften piezoelektrischer Schichtstrukturen mit Laser-Ultraschall, HSO Prof. Dr. rer.nat.habil. Andreas Mayer, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Sawant, Parantapa: Kleinskalige Kraft-Wärme-Kopplung als netzreaktives System zur energieeffizienten Biogas/Erdgas-Nutzung, HSO Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferoth, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Schiffer, Lutz: Modellgestützte Entwicklung und Bewertung der elektrochemischen Druckimpedanzspektroskopie (EPIS) als Mess- und Diagnosewerkzeug von Transportprozessen in PEM-Brennstoffzellen, HSO Prof. Dr. rer.nat. habil. Wolfgang Bessler, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler*

Schilli, Simon: Numerische Untersuchung zur Verfestigung in Ein- und Polykristallen bei zyklischer Belastung (Bauschinger Effekt), HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg – Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. mult. Holm Altenbach*

Schlecht, Michael: Linking the real production system with is digital twin in context of industry 4.0, HSO Prof. Dr. Jürgen Köbler, *INSA Strasbourg – Prof. Roland de Guio*

Schmider, David: Chemische, mechanische und Transport-Wechselwirkungen zwischen den Elektroden einer Lithium-Ionen-Batterie: Einfluss auf Zelleistung und -Alterung, HSO Prof. Dr. rer.nat. habil. Wolfgang Bessler, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler*

Scholz, Alexander: Hybride integrierte Elektronik: Modullösungen aus gedruckter Elektronik und Siliziumelektronik mit sensorischen Elementen und Energiewandlern und/oder Speichern, HSO Prof. Dr. rer. nat. Jasmin Aghassi-Hagmann, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer*

Schrock, Steffen: Entwicklung und Validierung einer Methode und Konstruktionsrichtlinien zur Nutzung additiv gefertigter Spritzgusswerkzeuge im Produktentwicklungsprozess zur effizienten und agilen Ableitung einer hohen Variantenzahl, HSO Prof. Dr.-Ing. Stefan Junk, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers*

Stopfkuchen, Michael: A modular an cutting-edge government suppoertframework for SMEs' internationalisation, HSO Prof. Dr. Andreas Klasen, *Northumbria University, Newcastle Business School, GB – Prof. Dr. Rose Quan, Principal Lecturer*

Strzeletz, Simon: Peer-to-Peer Navigation Concepts for Computer-Assisted Medical Interventions, Medical Robotics and Augmented Reality Applications, HSO Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. med. Ulrich Hubbe*

Vauderwange, Oliver: Characterization of Color Vision by Spectrometry and Nanotechnology: Application to Media Photonics, HSO Prof. Dr. Dan Curticepean, *Université de Strasbourg – Nicolas Javahiry MC habil.*

Walz, Andreas: Testing Embedded Implementations of Cryptographic Protocols using Differential Testing, HSO Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora, *Universität Rockstock – Prof. Dr. Dirk Timmermann*

Yagci, Mehmed Can: Determination of aging indicators and state of health diagnostics of LFP/graphite lithium-ion batteries for stationary energy storage, HSO Prof. Dr. rer.nat. habil. Wolfgang Bessler, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler*

Patente 2020

Jahresangabe in Klammern ist das Datum der Einreichung. Das Offenlegungsdatum befindet sich jeweils am Ende der Angaben

Hangst, Nikolai; Junk, Stefan; Wendt, Thomas (2019): Verfahren zur Herstellung eines Roboterelements, insbesondere eines Greifers, mittels 3D-Druck (DE102019102913A1) am 06.02.2019. Veröffentlichungsnr: DE102019102913A1, Offenlegung 06.08.2020.

Hangst, Nikolai; Junk, Stefan; Wendt, Thomas (2020): Verfahren zur Herstellung eines Roboterelements, insbesondere eines Greifers, mittels 3D-Druck (US020200247044A1) am 30.01.2020. Veröffentlichungsnr: US020200247044A1, Offenlegung 06.08.2020.

Hangst, Nikolai; Junk, Stefan; Wendt, Thomas (2020): Method for producing a robotic element, in particular a gripper, by means of 3D printing (EP000003693152A1) am 31.01.2020. Veröffentlichungsnr: EP000003693152A1, Offenlegung 12.08.2020.

Hangst, Nikolai; Junk, Stefan; Wendt, Thomas (2020): 3D印刷によってロボット部材を、特にグリッパを製造する方法 (JP002020128083A) am 04.02.2020. Veröffentlichungsnr: JP002020128083A, Offenlegung 27.08.2020.

Hazubski, Simon; Hoppe, Harald; Otte, Andreas (2019): Verfahren zur Steuerung eines Geräts, insbesondere einer Handprothese oder eines Roboterarms (DE102019108670A1) am 03.04.2019. Veröffentlichungsnr:

DE102019108670A1, Offenlegung 08.10.2020.

Heinke, Matthias; Schalk, Marco (2018): Oesophageal Electrode Probe and Device for Cardiological Treatment and/or Diagnosis (EP3706626A1) am 07.11.2018. Veröffentlichungsnr: EP3706626A1, Offenlegung 16.09.2020.

Heinke, Matthias; Schalk, Marco (2018): Oesophageal Electrode Probe and Device for Cardiological Treatment and/or Diagnosis (US20200261024) am 07.11.2018. Veröffentlichungsnr: US20200261024, Offenlegung 20.08.2020.

Heinke, Matthias; Schalk, Marco (2018): 食道电极探针和用于心脏病治疗和/或诊断的设备 (CN111491560) am 07.11.2018. Veröffentlichungsnr: CN111491560, Offenlegung 04.08.2020.

Hochberg, Ulrich; Zell, Christiane (2018): Vorrichtung und Verfahren zur biologischen Methanisierung von Kohlenstoffdioxid beispielsweise in Biogasanlagen und Faultürmen (DE102018117281A1) am 17.07.2018. Veröffentlichungsnr: DE102018117281A1, Offenlegung 23.01.2020.

Hoppe, Harald; Otte, Andreas; Hazubski, Simon (2020): Method for controlling a device, in particular, a prosthetic hand or a robotic arm (US20200327705A1) am 31.03.2020. Veröffentlichungsnr: US20200327705, Offenlegung 15.10.2020.

Impressum

Herausgeber:
Campus Research & Transfer [CRT]
Hochschule Offenburg
Badstraße 24 · 77652 Offenburg
crt@hs-offenburg.de
<https://crt.hs-offenburg.de>
Redaktion, Projektkoordination, Layout:
Sandra Lutz-Vogt, Hochschule Offenburg

Verantwortlich für den Inhalt:
Autoren und Projektleiter der jeweiligen Projekte
Bildnachweis:
Hochschule Offenburg, Fotolia, wikipedia
Druckerei:
Druckhaus Franz Seibert GmbH & CO. KG, Osthofen
Auflage: 2500 Exemplare – ISSN 1866-9352

Campus Research & Transfer [CRT]

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert

Wissenschaftliche Leitung
E-Mail: thomas.seifert@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-272
E-Mail: crt@hs-offenburg.de
<https://www.hs-offenburg.de/forschung-und-transfer/service-fuer-forschende-crt>

Institut für Energiesystemtechnik [INES]

Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler

Institutsleitung
E-Mail: wolfgang.bessler@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: schmidt@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4779
<https://www.ines.hs-offenburg.de>

Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik [ivESK]

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora

Institutsleitung
E-Mail: axel.sikora@hs-offenburg.de

Prof. Dr. phil. Andreas Schaad
Mitglied
E-Mail: andreas.schaad@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4691
<https://ivesk.hs-offenburg.de>

Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]

Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich

Wissenschaftliche Leitung
E-Mail: joerg.ettrich@hs-offenburg.de

Prof. Dr.-Ing. Marlene Harter
Stellvertretende wiss. Leitung
E-Mail: marlene.harter@hs-offenburg.de

Telefon +49 781 205-271
<https://iuas.hs-offenburg.de>

Affective and Cognitive Institute [ACI]

Prof. Dr. phil. Oliver Korn

Institutsleitung
E-Mail: oliver.korn@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4690
<https://aci.hs-offenburg.de>

Institute for Machine Learning and Analytics [IMLA]

Prof. Dr.-Ing. Janis Keuper

Institutsleitung
E-Mail: janis.keuper@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Tobias Hagen
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: tobias.hagen@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4630
<https://imla.hs-offenburg.de/>

Institut für nachhaltige Silikatforschung Offenburg [NaSiO]

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

Institutsleitung
E-Mail: spangenberg@hs-offenburg.de

Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kohler
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: dietmar.kohler@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-101
<https://inasio.hs-offenburg.de/>

Institute for Trade and Innovation [IfTI]

Prof. Dr. Andreas Klasen

Institutsleitung
E-Mail: andreas.klasen@hs-offenburg.de

Prof. Dr. Philipp Eudelle
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: philipp.eudelle@hs-offenburg.de

Telefon: +49 7803 9698-4433
<https://ifti.hs-offenburg.de>

Peter-Osypka-Institut für Medizintechnik [POIM]

Prof. Dr. rer. biol. hum. Stefan Zirn

Institutsleitung
E-Mail: stefan.zirn@hs-offenburg.de

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: tobias.haber@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4640
<https://poim.hs-offenburg.de>



Hochschule Offenburg
offenburg.university

Hochschule Offenburg · Badstraße 24 · 77652 Offenburg
info@hs-offenburg.de // www.hs-offenburg.de

PIONEERING UNDERGROUND TOGETHER

Ingenieure und Ingenieurinnen bei Herrenknecht wirken tatkräftig an bahnbrechenden Infrastrukturprojekten mit, die mit unserer einzigartigen Tunnelvortriebstechnik weltweit gebaut werden. Sie sind in einem spannenden und abwechslungsreichen Umfeld die Garanten für den Projekterfolg unserer internationalen Auftraggeber. Auf junge wie erfahrene Ingenieure warten bei Herrenknecht tagtäglich neue Herausforderungen und es bieten sich echte Entwicklungspotentiale. Abgesichert durch ein professionelles und dynamisch fortschreitendes Familienunternehmen. Werden Sie Teil eines schlagkräftigen Teams technikbegeisterter Pioniere in einem vielversprechenden Zukunftsmarkt.

Bewerben Sie sich unter www.herrenknecht.com/karriere



Präzisionswerkzeuge made by heimatec

Im starken Team zur Top- Leistung!

... unter diesem Motto arbeiten mehr als 120 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beim Spezialisten heimatec an der Entwicklung, in der Produktion und dem Verkauf innovativer Produkte und Technologien.

Das bieten wir unseren Mitarbeitern (m/w/d):

- moderne Arbeitsplatzausstattung und gute Arbeitsbedingungen
- ein kollegiales & familiäres Arbeitsumfeld
- als Familienunternehmen gewährleisten wir eine hohe Arbeitsplatzsicherheit
- interessante, abwechslungsreiche und eigenverantwortliche Aufgabenbereiche
- attraktive, leistungsbezogene Vergütung

Wer wir sind:

heimatec ist seit über 30 Jahren auf Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von hochpräzisen festen und angetriebenen Werkzeugen für Drehmaschinen und Bearbeitungszentren spezialisiert. heimatec gehört zu den internationalen Technologie- und Qualitätsführern von Präzisionswerkzeugen und besitzt eigene Tochterunternehmen bzw. Repräsentanzen in den USA, Indien, Russland und Asien.



Weitere Informationen
und Bewerbung über
www.heimatec.de