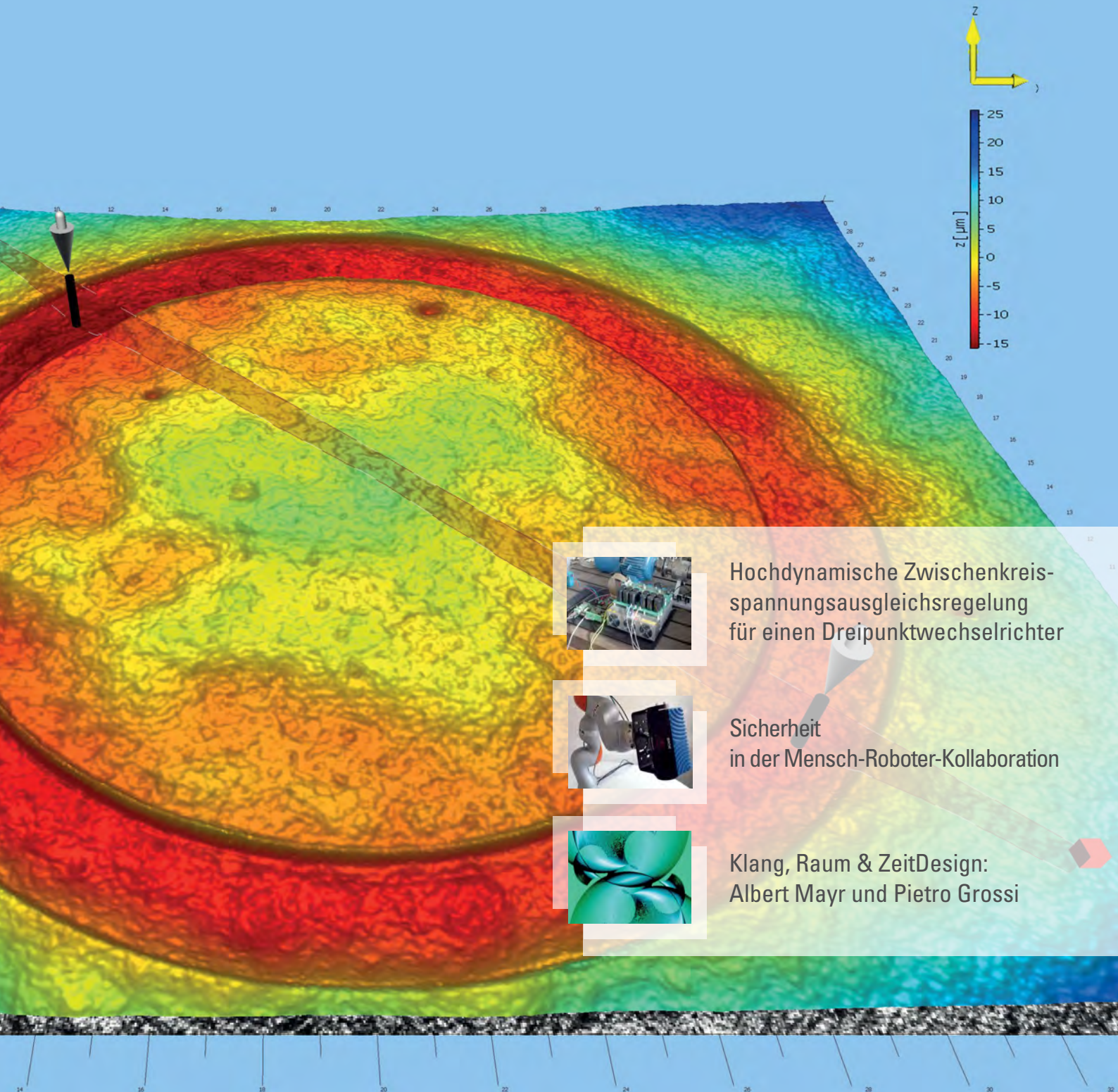


forschung im fokus

Ausgabe Nr. 21 / 2018



Hochdynamische Zwischenkreis-
spannungsausgleichsregelung
für einen Dreipunktwechselrichter



Sicherheit
in der Mensch-Roboter-Kollaboration



Klang, Raum & ZeitDesign:
Albert Mayr und Pietro Grossi

- 2 Vortwort
- 4 Haben Ingenieure eine besondere gesellschaftliche Verantwortung?
- 9 Elektrotechnik und Informationstechnik [E+I]
 - 10 Gedruckte Elektronik für das Internet der Dinge
 - 13 Ein humanoider Roboter lernt seine Zehen zu gebrauchen
 - 17 PAPR-Reduktion von OFDM-Signalen für die Funkkommunikation
 - 21 3D-Simulation elektrischer Stimulationsfelder bei Herzschrittmachern
 - 23 Signalgemittelte Elektrokardiographie und spektrale Herzrhythmusanalyse
 - 25 Hochdynamische Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung für einen Dreipunktwechselrichter
 - 29 Rekonstruktion der ersten „eisernen Hand“ des Götz von Berlichingen
- 31 Medien und Informationswesen [M+I]
 - 32 Die Relevanz von Fakten im Social-Media-Zeitalter
 - 36 Self-Organizing Decentralized Networks for Data Monitoring Services in P2P Networks
 - 41 Klang, Raum & ZeitDesign: Albert Mayr und Pietro Grossi
- 47 Maschinenbau und Verfahrenstechnik [M+V]
 - 48 Prozesssichere Montage von Schraubverbindungen mit Lackschichten
 - 52 Objektive Werte von Werkstoffkennwerten kennenlernen
 - 56 Entwicklung eines Aushärteprozesses zur Bedruckung von Glassubstraten
- 61 Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen [B+W]
 - 62 How to Formulate Knowledge to Support Decision Making?
 - 65 Projektmanagement normen heißt: Zusammenarbeit optimieren – insbesondere international
 - 69 Sicherheit in der Mensch-Roboter-Kollaboration
- 73 Institute for Trade and Innovation [IfTI]
 - 74 ECAs im Wettbewerb: Benchmarking staatlicher Exportfinanzierungsinstrumente
- 77 Institut für Energiesystemtechnik [INES]
 - 78 NETZTABS – erfolgreiche Weiterentwicklung und Erprobung eines prädiktiven Steuerungsalgorithmus zur Gebäudeklimatisierung
 - 83 Elektrische Energiespeicherung mit Batterien und Brennstoffzellen
- 87 Institut für nachhaltige Silikatforschung Offenburg [NaSiO]
 - 88 Schaumsand zur Wärmedämmung bei hohen Temperaturen
- 93 Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]
 - 94 Mit Radartechnik Nichtsichtbares aufspüren
- 97 Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik [ivESK]
 - 98 NIKI 4.0: Retrofit Sensor-System für Industrie 4.0
- 103 Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation [POI]
 - 104 Preoperative Left Atrial Appendage (LAA) occluder sizing by CARTO XP
- 107 Publikationen 2017
- 114 Promotionen 2017
- 115 Patente 2017 / Impressum
- 116 Kontakt

Die HAW Offenburg gehört seit Jahren zur Spitzengruppe in der Angewandten Forschung in Baden-Württemberg. Mit zahlreichen Forschungsprojekten trägt sie als verlässlicher Partner zur Innovationskraft bei. Offenburg ist, als eine von wenigen in Deutschland, Mitglied der EUA (European University Association), der größten Hochschulvertretung auf europäischer Ebene, die Universitäten und forschungsstarke Hochschulen sowie nationale Rektorenkonferenzen als Mitglieder umfasst. In 2017 belegte Offenburg mit ihren Projekten im Bereich der europäischen Forschung (Horizon 2020) Platz neun unter den Hochschulen der Angewandten Forschung in Deutschland. Zudem gehört sie der bundesweiten Hochschulallianz für den Mittelstand an und ist Gründungsmitglied der grenzüberschreitenden Allianz TriRhenaTech der Hochschulen der Trinationalen Metropolregion Oberrhein.

Diese 21. Ausgabe des „fif“ beleuchtet aktuelle Aktivitäten aus dem breiten Portfolio der Hochschule mit technischen, wirtschaftswissenschaftlichen sowie mediengestalterischen Schwerpunkten. Die Forschungsergebnisse fließen in Form von Publikationen, Promotionen, Innovationen und Technologietransfer sowohl in die Wissenschaft als auch an die Unternehmen und in die Zivilgesellschaft zurück.

Zahlreiche Projekte belegen zudem die intensive Zusammenarbeit mit Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Für anwendungsorientierte Forschung und Technologietransfer ist die HAW Offenburg gefragter Partner zur gezielten Lösungssuche. Digitale Transformation und Künstliche Intelligenz mit ihren noch nicht umfassend absehbaren Auswirkungen auf Unternehmen und in der Gesellschaft sind bedeutende Beispiele. Sie sind zugleich Forschungsgegenstand, Innovationstreiber und Lehrinhalt. Forscherteams arbeiten auf Themen, die mit Industrie 4.0, Business Analytics, Data Science, Autonome Systeme, Cognitive Computing, IT-Sicherheit oder neue Geschäftsmodelle umschrieben werden. Die Hochschule wird als Konsortialpartner des Regionalen Digitalisierungszentrums „DIGI HUB Südbaden“ Unternehmen in der digitalen Transformation mit Informationen, Orientierungshilfen, Beratung und Impulsen für die Umsetzung zukunftsfähiger Lösungen begleiten. Die Digitale Transformation verändert parallel hierzu die Hochschule selbst; angefangen bei der Lehre und dem Lernen bis hin zu effektiveren und effizienteren Verwaltungsabläufen.

In den letzten Jahren haben sich sechs Forschungsinstitute an der Hochschule etabliert. Mit ihrer wissenschaftlichen Schwerpunktbildung haben sie großen Anteil an der hochschul-eigenen Forschungsstärke. Sie sind Ergebnis langjähriger erfolgreicher Forschungstätigkeit mit internationaler Ausstrahlung.

Von zentraler Bedeutung ist auch die Heranbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses mit Schwerpunkt Anwendungsorientierte Forschung unter Einschluss von Promotionsvorhaben. So wird die Hochschule sowohl ihrer Eigenverantwortung gerecht als auch, dass die Forschenden wissenschaftlich autonom handeln können. Derzeit werden an der HAW Offenburg 45 Doktorandinnen und Doktoranden betreut. Sie forschen hier im Rahmen von kooperativen Promotionen mit einer Universität im In- oder Ausland. Dank der Gewährung von Promotionsstipendien seitens des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg werden zwei Promotionskollegs gefördert: eins in Kooperation mit der Universität Freiburg und das andere mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Zudem sind Professorinnen und Professoren der Hochschule an einem Graduiertenkolleg der DFG gemeinsam mit dem KIT sowie an der Doktorandenschule „Geospeicher.bw – Geothermische Speicherung in Baden-Württemberg“; gefördert durch das Programm BWPLUS des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, beteiligt.

An der Hochschule widmen sich derzeit fast zwei Drittel aller Professorinnen und Professoren neben der Lehre auch der Forschung in Form von Forschungsprojekten bzw. wissenschaftlichen Veröffentlichungen. In Zusammenarbeit mit über 100 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bearbeiteten sie 2017 insgesamt 139 Forschungsprojekte und warben Projektmittel in Höhe von 6,57 Mio € für die Folgejahre ein. Damit ist die Zukunft des Forschungsstandorts Hochschule Offenburg gesichert. Dies ist nicht zuletzt auch das Ergebnis einer konsequenten und soliden Forschungsförderung durch das Rektorat und die Fakultätsleitungen der Hochschule, denen hier besonderer Dank gilt. Nur durch Freistellung für die Durchführung der Forschungsarbeiten und Bereitstellung von zusätzlichen Ressourcen können die Professorinnen und Professoren zusammen mit ihren wissenschaftlichen Mitarbeitern konsequent und erfolgreich über Jahre hinweg exzellente Forschungsleistungen erbringen und wichtige Forschungsfelder besetzen.



Prof. Elmar Bollin,
Wissenschaftl. Leiter IAF,
und Prof. Dr.-Ing. Andreas
Christ, Prorektor Forschung
(v.l.n.r.)

„Anwendungsorientierte Forschung, Wissens- und Technologietransfer sowie Innovationen unter Einbeziehung zivilgesellschaftlicher Akteure gehören zum Selbstverständnis der Hochschule Offenburg. Sie stehen gleichberechtigt neben Lehre und Internationalisierung und bedingen sich gegenseitig.“

Die Sichtbarmachung dieser bemerkenswerten Hochschulforschung ist ein wichtiges Anliegen des Instituts für Angewandte Forschung (IAF): Neben dem hier vorliegenden 21. Forschungsbericht ist das IAF regelmäßig im Rahmen der Veranstaltungsreihe „*Forschung auf dem Campus*“ Gastgeber für wissenschaftliche Vorträge. Hier werden aktuelle Forschungsvorhaben hochschulöffentlich präsentiert. Auch stellen die an der Hochschule betreuten Doktoranden im Rahmen des „*Doktoranden-Kolloquiums*“ Ergebnisse ihrer Promotionen im regelmäßigen Turnus vor. Mit dem „*Professoren-Science-Slam*“ hat die Hochschule zusammen mit der Stadt Offenburg ein neues Format der Forschungspräsentation kreiert. Damit ist es gelungen, aktuelle Forschungsthemen in die breite Öffentlichkeit zu tragen und zahlreiche Menschen aller Altersklassen für vielseitige Forschungsthemen zu begeistern. Mit dem Veranstaltungsformat „*UnternehmenZukunft*“ will die Hochschule Kompetenzen bündeln und gezielt auf Industrieunternehmen als Entwicklungspartner zugehen.

Neben den im vorliegenden Forschungsbericht“ genannten direkten Verantwortlichen und Wissenschaftler/-innen ist das IAF zentraler Ansprechpartner für die Hochschulfor-

schung und freut sich auf Ihre Kontaktaufnahme. Es begleitet, unterstützt und koordiniert die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten an der Hochschule. Unser ausdrücklicher Dank gilt dem gesamten IAF-Team. Das IAF trägt seit vielen Jahren dazu bei, dass die Hochschule Offenburg Teil eines lebendigen Netzwerks aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist. Auch danken wir allen Professorinnen und Professoren der Hochschule sowie den vielen wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die aktiv in der Angewandten Forschung tätig sind und einen wesentlichen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit der Hochschule und für unser gesellschaftliches und wirtschaftliches Umfeld leisten.

Die hochschuleigene Entwicklung der letzten Jahre zeigt mit einem kontinuierlichen Anstieg der Forschungsmittel eine deutliche Verstärkung der Leistungsfähigkeit ihres Forschungsbereichs. Mit diesen imposanten Leistungsdaten und den faszinierenden Forschungsthemen leistet die Hochschule Offenburg national und europaweit einen wichtigen Beitrag zur Angewandten Forschung.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ & Prof. Elmar Bollin

Haben Ingenieure eine besondere gesellschaftliche Verantwortung?

Impulsvortrag von Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Winfried Lieber, Rektor der Hochschule Offenburg

„Zum Thema Ingenieure und ihrer gesellschaftlichen Verantwortung hat die fif-Redaktion dieser Ausgabe einen Vortrag von Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Winfried Lieber, dem Rektor der Hochschule Offenburg, vorangestellt. Rektor Lieber hat diesen Vortrag anlässlich der Eröffnung des Symposiums „Greenlight“ am 23.11.2017 gehalten. Darin geht er auf maßgebliche Bezüge in Geschichte und Gesellschaft ein und zeigt die Dimensionen der gesellschaftlichen Verantwortung von Ingenieurinnen und Ingenieuren in Forschung und Lehre am Beispiel des Greenlight-Projektes auf. Grund genug, dies im fif an dieser Stelle zu veröffentlichen.“

„Haben Ingenieure eine besondere gesellschaftliche Verantwortung?“ Nun, diese Frage jetzt kurz und abschließend mit „Ja“ zu beantworten, würde zwar das ungerechtfertigte Vorurteil nähren, „Ingenieure seien halt eben etwas einfacher gestrickt“, gleichwohl aber dem akademischen Anspruch an einen Impulsvortrag nur eingeschränkt gerecht werden und kommt deshalb jetzt nicht zur Ausführung.

Vielmehr werde ich versuchen, das „Ja“ wie folgt zu belegen: Ich beginne mit der Definition des Ingenieurs/Ingenieurin und ihrem Bezug zur Gesellschaft, gefolgt vom Berufsbild im Spannungsfeld des Zeitgeists aber auch der Erwartungen bzw. Ansprüche, denn es macht sicherlich einen großen Unterschied, ob ich den Ingeniarius betrachte, der auf die Wartung und den Einsatz militärischer Instrumente festgelegt war bzw. das italienische Wort *ingegnere* mit „Kriegsbaumeister“ interpretiere oder von den heutigen globalen Herausforderungen rede, denen sich unsere Ingenieure gegenüber sehen. Das bringt mich dann zur Innensicht – die eigene Hochschule betreffend – bis hin zu Inhalt und Duktus der Veranstaltung.

Lassen Sie mich in das Thema einsteigen mit der Zuordnung nach Aristoteles, der die Wissenschaft in drei Kernbereiche mit jeweils unterschiedlichen Zielen einteilt: die theoretische Wissenschaft, die praktische Wissenschaft und die poetische Wissenschaft. Während in dieser Struktur die Naturwissenschaften, als Prototyp für die theoretischen Wissenschaften nach der Wahrheit und die Sozial- und Geisteswissenschaften als praktische Wissenschaften

nach der Gerechtigkeit suchen, steht im Zentrum der Poetik das Schaffen und Gestalten im Sinn von Qualität, Nachhaltigkeit, Benutzbarkeit und – allem voran – Funktionalität: also durchaus Dispositionen, die man diesem Gedanken folgend grundsätzlich in einen direkten Konnex zwischen den Ingenieurwissenschaften und deren Verantwortung sehen kann.

In der Expertenkommission Ingenieurwissenschaften@BW2025, in der ich den Teilbereich Lehre verantworten durfte, haben wir vor zwei Jahren sehr intensiv um die Definition gerungen, gelegentlich auch gestritten, bis wir uns schließlich auf folgende geeinigt haben: „Die Ingenieurwissenschaften dienen der Gesellschaft durch Erkennen und Gestalten technischer Möglichkeiten mithilfe von spezifischen Methoden.“ In diesem ersten Satz, der Text geht noch weiter..., wird durch das Dienen der Gesellschaft ganz eindeutig die Verantwortung in den Vordergrund gestellt. D. h.: Ingenieure sind Teil einer zweckorientierten Wissenschaft, mit deren Hilfe naturwissenschaftliche Erkenntnisse zum praktischen Nutzen der Menschheit angewendet werden und bei der eben mehr als in allen anderen Wissenschaften der erweiterte Gestaltungsaspekt im Zentrum steht.

Das Verständnis, dass nicht nur die Entwicklung einer Anlage zur Aufgabe einer Ingenieurin oder eines Ingenieurs gehört, sondern diese Verantwortung weiterreicht, ist heute weit verbreitet, und viele Unternehmen haben in ihrem Code of Conduct festgelegt, was sie von ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern erwar-

ten. Dieses Verantwortungsbewusstsein bildete sich vermehrt ab den 1950er Jahren heraus und nahm seitdem stetig zu. Schaut man auf die Mitte des letzten Jahrhunderts zurück, so fällt schnell auf, dass unter „gesellschaftlicher Verantwortung“ damals etwas anders verstanden wurde als heute, was den großen Einfluss des Zeitgeists auf die Frage, was denn eigentlich unter „gesellschaftlicher Verantwortung“ zu verstehen sei, verdeutlicht.

Auf der VDI-Tagung in Kassel wurde im Mai 1950 das „Bekenntnis des Ingenieurs“ verlesen. Dies geschah vor einer Zuhörerschaft, für die der zurückliegende hochtechnisierte Weltkrieg und die begangenen Gräuelpunkte und Verbrechen im Bewusstsein noch präsent waren. Das Wissen, dass dieses verübte Leid in diesem Ausmaß teilweise erst durch den technischen Fortschritt möglich wurde, der doch eigentlich der Menschheit dienen sollte, führte zu einer Art Technik-Pessimismus unter dem auch das Ansehen des Ingenieurstands litt. Der Krieg führte aber auch zu einem Paradigmenwechsel, sodass unter der „Verantwortung eines Ingenieurs“ nicht mehr (bloß) die Zuverlässigkeit der von ihm entwickelten oder betreuten Maschinen verstanden wurde, sondern der Ingenieur wurde in gewissem Sinn auch für die Verwendung dieser Maschinen und Geräte zur Verantwortung gezogen.

Weiter heißt es: „Der Ingenieur stelle seine Berufsarbeit in den Dienst der Menschheit und wahre im Beruf die gleichen Grundsätze der Ehrenhaftigkeit, Gerechtigkeit und Unparteilichkeit, die für alle Menschen Gesetz sind. Der Ingenieur arbeite in der Achtung vor der Würde des menschlichen Lebens und in der Erfüllung des Dienstes an seinem Nächsten, ohne Unterschied von Herkunft, sozialer Stellung und Weltanschauung. (...)“

Mehr als fünfzig Jahre später veröffentlichte der VDI einen neuen Leitfaden, der dieses „Bekenntnis“ wenn nicht „ablösen“ so aber auf die Anforderungen und die Zeit des neuen Jahrtausends ausweiten sollte. Prof. Dr.-Ing. Hubertus Christ, der von 1998 bis 2003 Präsident des VDI war, schrieb im Vorwort der 2002 veröffentlichten „Ethischen Grundsätze des Ingenieurberufs“, dass dieser Leitfaden Ingenieurinnen und Ingenieuren, als den Gestaltern der Technik, Orientierung bieten und sie bei der Beurteilung von Verantwortungskonflikten unterstützen solle.

Unter der Überschrift „Verantwortung“ ist weiter zu lesen, dass Ingenieurinnen und Ingenieure ihre Handlungen gegenüber ihrem Be-

rufsstand, den gesellschaftlichen Institutionen, den Arbeitgebern, Auftraggebern und Techniknutzern verantworten müssen. Schlagwörter wie „Funktionsfähigkeit“ oder „Wirtschaftlichkeit“ finden sich auch in den rund fünfzig Jahren zuvor veröffentlichten Grundsätzen wieder. „Umweltqualität“, „Persönlichkeitsentfaltung“ und „Gesellschaftsqualität“, wie sie der Leitfaden von 2002 nennt, sind jedoch eindeutige Zeichen dafür, dass sich die Bereiche, in denen Ingenieurinnen und Ingenieure Verantwortung tragen, ausgeweitet haben.

Brisante und aktuelle Themen für gesellschaftliche Debatten sind Megatrends, also umfassende, lang anhaltende und großräumige Entwicklungen, die in den kommenden ein bis zwei Dekaden eine ganze Gesellschaft prägen: soziotechnische globale Trends in den Bereichen Gesellschaft, Wirtschaft, Ökologie und Technologie. Als da wären: globales Bevölkerungswachstum, Vernetzung und Digitalisierung, demografischer Wandel, globaler Innovationswettbewerb oder Klimawandel und Wasserknappheit mit Blick auf die Ökologie bis hin zu den unterschiedlichen Technologiefeldern – die dringende Notwendigkeit zu gestalten, war noch nie so hoch. Diese Themen haben bereits das ingenieurwissenschaftliche Denken und Handeln verändert und werden dies sicherlich auch weiter treiben.

Wir als Hochschule sind uns der zunehmenden Komplexität und Interdisziplinarität der Ingenieurwissenschaften bewusst und beziehen diesen Umstand in die Ausbildung unserer Studierenden mit ein. Ein Beispiel dafür ist die Einführung des Zusatzzertifikats „Ethikum“. Um dies zu erwerben, können sich Studierende in Abstimmung mit dem Ethikbeauftragten ihr persönliches Ethik-Curriculum zusammenstellen und nach Erreichen von mehr als 100 Ethikpunkten dieses Zertifikat erhalten. Und auch die Einführung von Studiengängen wie Elektrische Energietechnik, Energiesystemtechnik, Verfahrenstechnik, Energy Conversion and Management oder Power and Data Engineering wird dem Umstand gerecht, dass der verantwortungsvolle Umgang mit Umwelt, Energie und Ressourcen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Damit reagieren wir auf den Bedarf an gut ausgebildeten, interdisziplinär und nachhaltig denkenden Fachkräften in der Region und tragen somit dazu bei, dass die Ortenau auch in Zukunft eine starke Wirtschaftsregion mit hoher Lebensqualität bleibt. Für uns als Hochschule gehört nicht nur die Ausbildung unserer Studierenden in zukunftsfähigen Berufszweigen oder die Forschung an

Lösungen auch für globale Herausforderungen, sondern auch die sogenannte Third Mission, die über die Studierenden hinaus in die Bevölkerung der Region wirken soll, zu unseren Kernaufgaben.

Mit Veranstaltungen wie der „Forum“-Vortragsreihe oder diesem Greenlight-Symposium möchten wir die Beteiligung von interessierten Menschen an gesellschaftlichen Debatten unterstützen, vernetzen und zum Austausch anregen – auch im Sinn einer zunehmenden Verschränkung aller hochschulischen Leistungsbereiche mit der Gesellschaft – die man auch als dritte Mission bezeichnet.

So haben Sie heute die Gelegenheit, Vorträge zu den – auch in den Medien – viel zitierten und zukunftssträchtigen Themen wie „Big Data“, „Internet of Things“, „Digitale Transformation“, „Smart Home“ oder „Virtuelle Kraftwerke“ zu hören. Und heute Nachmittag wird sich die Podiumsdiskussion mit der Schaffung von Zukunftsperspektiven und konkret mit der Energiewende auseinandersetzen. Ungewöhnliche Wetterphänomene deuten an, dass der Klimawandel zunehmend auch Deutschland treffen wird und die klimatischen Veränderungen auch auf diesen Teil der Erde erhebliche Auswirkungen haben werden. Die Kosten, die durch Klimaschäden verursacht werden, sind hierbei nur ein Aspekt, die Gesundheitsrisiken ein anderer. Deshalb gilt es hier Schutzmaßnahmen zu treffen und den Bedarf an klimafreundlichen Technologien sicherzustellen. Der Wettbewerb um seltene Rohstoffe wird zunehmen und die Liste der Güter, die als knapp und begrenzt gelten, wird länger werden, sodass Schätzungen zufolge bis zum Jahr 2030 fast die Hälfte der Weltbevölkerung von Wasserknappheit betroffen sein wird.

Zum Symposium „Greenlight for Morocco“: „Grünes Licht“ verbinden wir gemeinhin mit einem „Los-Geht's“ an einer Ampel oder einem „Alles in Ordnung“, und wenn etwas im „grünen Bereich“ ist, beruhigt uns dies in der Regel erst einmal. Dann läuft nämlich alles so, wie es soll. Die Studierenden, die sich im „Greenlight-Projekt“ zusammen mit ihren Professoren engagieren, haben „losgelegt“ und sind „losgegangen“. „Greenlight – eine studentische Initiative“ – ist auf der Homepage der Madame-Ilsa-Foundation zu lesen, unter deren Federführung auch dieses Symposium veranstaltet wird. Dass Studierende die Initiative ergreifen, ihr Wissen, ihre Zeit und ihre Energie dafür einsetzen, dass mehr Menschen in Marokko sich Elektrizität zukünftig leisten können, sind Zeichen dafür, dass diese jungen

Menschen davon überzeugt sind, dass sie eine gesellschaftliche Verantwortung haben. Sie gehen sogar noch einen Schritt weiter und setzen diese konkret um. Sie sorgen mit dem Aufbau einer Photovoltaikanlage dafür, dass Strom und Licht dahin kommen, wo es zuvor dunkel war oder die Kosten für die Beleuchtung nur einen kurzen Einsatz der Lichtquelle ermöglichen. Im Gegenzug trainieren die Studierenden durch dieses Projekt lösungsorientiertes Systemdenken, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit und interkulturelle Teamkompetenzen. Diese „skills“ werden in einer (Arbeits-) Welt, in der Diversität in allen möglichen Facetten immer weiter zunimmt, auch in Zukunft sehr gefragt sein.



Die Greenlight-Initiative wurde 2015 durch Herrn Dr.-Ing. Karl-Heinz Sternemann von der Madame-Ilsa-Foundation zusammen mit Prof. Dr. Michael Schmidt, Professor für Elektrische Energietechnik/Regenerative Energiesysteme, als studentische, fakultätsübergreifende Initiative gegründet. Parallel dazu wurden mit den marokkanischen Universitäten Ibn Zohr University Agadir und Cadi Ayyad University Marrakech sowie mit dem Research Institut for Solar Energy and New Energies (IRESEN) in Rabat Kooperationen geschlossen. Mit der Fakultät Science der Ibn Zohr University konnte diese Kooperation kürzlich besiegelt werden. Unterstützt wird diese Zusammenarbeit vom Programm „Regionale Entwicklungspolitische Komponente (REK) des Baden-Württemberg Stipendiums“ der Landesstiftung Baden-Württemberg. Deutsche und marokkanische Studierende aus unterschiedlichen Semestern und Fachrichtungen sowie Doktoranden engagieren sich im Greenlight-Projekt für eine nachhaltige Verbesserung der Lebensverhältnisse insbesondere von Kindern und Jugendlichen in Marokko. Im Sinn des Grundgedankens „Hilfe zur Selbsthilfe“ hilft die Initiative Menschen in Marokko auf mehreren Ebenen. Einerseits liefern die installierten Solarenergiesysteme kostengünstiges Licht und Strom zum Lernen und andererseits werden die marokkanischen Teammitglieder mit ihren Ideen, ihrem Wissen und ihrer Arbeitskraft in die Wertschöpfungsprozesse miteingebunden.

Über diesen Wissenstransfer und die lokale Wertschöpfung werden nachhaltige Verbesserungen vor Ort erreicht, die den Menschen positive Entwicklungsperspektiven in ihrer Heimat Marokko bieten. In einem weiteren Teilprojekt hat die Greenlight-Initiative in Zusammenarbeit mit der Madame-Ilsa-Foundation, die zahlreiche weitere Projekte in Marokko betreut, eine berufsorientierte Ausbildung aufgebaut, sodass Jugendlichen im „Haus der Straßenkinder“ Lampen mit energiesparender LED-Technologie im marokkanischen Design herstellen können. Diese Ausbildung ist zwischenzeitlich von den lokalen Behörden und der marokkanischen Regierung anerkannt worden. In einem nächsten Schritt wird die Funktionalität der LED-Lampen mit den von unseren Studierenden konzipierten und heute Nachmittag im Greenlight-Village ausgestellten Software-Funktionalitäten im Sinn von „Smart-Home-Konzepten“ erweitert – ein großer Schritt in Richtung effiziente Energienutzung.

Die marokkanische Bevölkerung hat einen großen Bedarf an bezahlbarer Energie. Diesen zu decken, hat in vielerlei Hinsicht einen positiven Impact: Die Jugendlichen, die lernen Lampen mit LED-Technologie herzustellen, können sich so ein Einkommen sichern, und die Anwender freuen sich über nachhaltiges Licht zu einem für sie erschwinglichen Preis, der durch die Einsparungen andere Investitionen erst möglich macht. Somit werden die Mitglieder der Greenlight-Initiative ihrer sozialen Verantwortung in vielerlei Hinsicht gerecht.

Die zweite Bedeutung von „grünem Licht“ spielt auf eine zweite Verantwortung an: den nachhaltigen Umgang mit begrenzten Ressourcen. Marokko importiert bisher noch ca. 96 % seines Energiebedarfs, davon stammen 89 % aus fossilen Brennstoffen. Was die Offenburger Studierenden vor fast genau einem Jahr im kleinen Maßstab realisiert haben, ist im ganz großen Stil auch das Ziel der marokkanischen Regierung: die Nutzung von Solarenergie, um den steigenden Bedarf an Energie zu decken. In der Wüste Marokkos entsteht derzeit ein circa 4.600 fußballfeldgroßes Solarthermie-Kraftwerk, von dem Teile schon ans Netz gehen konnten. Mehr zur Rolle der erneuerbaren Energien werden wir sicher in der nachfolgenden Keynote hören. „Greenlight“ ist also eine Aufforderung loszugehen und die gesellschaftlich-soziale Verantwortung sowie die Verantwortung für Umwelt, Klima und künftige Generationen wahrzunehmen.

Dass bei Greenlight Studierende unterschiedlicher Fachbereiche interdisziplinär zusammenarbeiten, ist ein Ansatz, von dem auch der technologische Bereich zunehmend profitieren wird. Denn: Einzelne Technologien sind gut, deren Verknüpfung aber ist besser. Und auch in einem anderen Punkt ist das Projekt beispielhaft, denn Energie- und Ressourceneffizienz sowie deren Verfügbarkeit werden in den nächsten zehn Jahren eine entscheidende Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie sein. Den Zusammenhang der genannten verschiedenen Facetten von Verantwortung vom Sozialen bis hin zur Nachhaltigkeit beschreibt der Ingenieur und Vorsitzende der VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik Christoph Huß sehr treffend: „Ohne Wirtschaftskraft keine Ausbildung, ohne Ausbildung keine Innovationen, ohne Innovationen keine Einführung von erneuerbaren Energien, ohne neue Energieversorgungssysteme keine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs.“ Genau hier möchte die Greenlight-Initiative ansetzen, indem sie durch Technologietransfer und interkulturelle Zusammenarbeit Menschen in Marokko hilft, ressourcenschonende Technik zu nutzen und zu entwickeln.

„Haben Ingenieure eine besondere gesellschaftliche Verantwortung?“ Mit dieser Frage habe ich diesen Impulsvortrag eröffnet und hoffe, dass ich Ihnen über das schlichte Ja hinaus einige Anregungen dazu liefern konnte, dass das, was unter gesellschaftlicher Verantwortung verstanden wird, ständigen Veränderungen durch äußere Faktoren unterworfen ist. Dies fordert umso mehr Innovationen und Initiativen, um diesen Herausforderungen rechtzeitig begegnen zu können. Dazu braucht es Menschen wie Sie, die die Initiative ergreifen, und dazu braucht es gut ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure, die sich ihres Potenzials und ihrer Verantwortung bewusst sind. Ich wünsche Ihnen, dass Sie sich heute von der „Energie“ der Vortragenden und Studierenden anstecken lassen, dass Sie die Gelegenheit zur Vernetzung nutzen und viele anregende, nachhaltige Gespräche führen können.

AUTOR



Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Winfried Lieber
Rektor der Hochschule Offenburg
u. a. Mitglied im Vorstand der Rektorenkonferenz der HAW in B-W und deren Vertreter im Senat der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) auf Bundesebene

ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

In der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik (E+I) wurde im zurückliegenden Jahr ebenso wie in den vorangegangenen Jahren neben der Lehre auch intensiv entwickelt und geforscht. Das spiegelt sich auch in der Anzahl der Beiträge im diesjährigen „fif“-forschung im fokus wider. Sie geben mit Beiträgen aus Elektronik, Automatisierungs-, Kommunikations- und Medizintechnik sowie Informatik einen repräsentativen Einblick in das Themenspektrum, mit dem sich die Professorinnen und Professoren, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ebenso Studierende der Fakultät E+I im Bereich der Forschung und Entwicklung befassen. Auch andere Indikatoren wie die eingeworbenen Drittmittel und die Anzahl der Veröffentlichungen belegen eindrucksvoll die Aktivitäten in der Fakultät. So wurden 2017 Drittmittel in Höhe von etwas mehr als einer Million Euro eingeworben, und 51 wissenschaftliche Publikationen konnten veröffentlicht werden. Aktuell beschäftigen sich 13 Doktoranden am Hochschulstandort unter der Anleitung von Professorinnen und Professoren der Fakultät E+I, den Erkenntnisstand der Wissenschaft zu erweitern.

Verstärkt wurde das Kollegium der Fakultät E+I im zurückliegenden Jahr durch Prof. Dr. Jörg Fischer, der im April 2017 die Professur für Automatisierungs- und Regelungstechnik antrat. In seiner Antrittsvorlesung über modellprädiktive Regelungen deutete er bereits an, mit welchen Themen er zukünftig das Forschungsspektrum der Fakultät bereichern will.

Mit der geplanten Besetzung der Professur zum Thema Elektromobilität stellt sich die Fakultät E+I auch diesem wichtigen gesellschaftlichen Thema und wird hierfür wichtige Impulse zur Weiterentwicklung liefern.

Ich wünsche den Lesern, dass die Begeisterung, mit der sich die Autoren den jeweiligen Themen gewidmet haben, überspringt und dadurch neue Ideen initiiert werden.

Dekan Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß



Gedruckte Elektronik für das Internet der Dinge

Gabriel Cadilha Marques M.Eng., Lukas Zimmermann M.Sc., Alexander Scholz M.Sc.,
Prof. Dr. rer. nat. Jasmin Aghassi-Hagmann

Der Begriff „Internet der Dinge“ beschreibt, dass nicht nur die Menschen über das Internet kommunizieren, sondern auch die Dinge selbst, namentlich Maschinen, „smarte“ Produkte und cyber-physikalische Systeme in Zukunft mit dem Internet und damit auch untereinander und mit den Menschen verbunden sind. Die gedruckte Elektronik kann hierbei einen entscheidenden Beitrag liefern, da sie ein Werkzeug ist, um die Rohdaten auf physikalischer Ebene zu gewinnen.

The internet of things alludes to the idea that not only human beings are connected and communicate via the internet but also things itself, meaning smart products, machines and cyber-physical systems will be interconnected. Printed electronics plays an enabling role in this respect. Printed devices, circuits and sensors could detect, sense and process the raw data collected by the smart products and machines. In this report we give an introduction into a printed electrolyte-gated transistor technology along with some examples from single logic devices, digital circuits and security applications making use of Physical Unclonable Functions.

Der Begriff „Internet der Dinge“ veranschaulicht, was in zunehmendem Maß Teil unserer digitalisierten Gesellschaft wird. Nicht nur Menschen kommunizieren, tauschen Daten aus und steuern über das Internet die Dinge, sondern die Dinge selbst, namentlich Maschinen, smarte Produkte und cyber-physikalische Systeme sind mit dem Internet und damit auch untereinander und mit den Menschen verbunden. Parameter werden ausgetauscht, Interaktionen und Steuerung zwischen Maschinen sowie zwischen Mensch und Maschine werden drahtlos übertragen. Hierbei spielt die physikalische Datenerfassung auf der untersten Ebene eine entscheidende Rolle, denn diese konstituieren die Rohdaten, auf denen aller weiterer Austausch beruht. Und genau hier kann die gedruckte Elektronik einen entscheidenden Beitrag liefern. Der folgende Beitrag soll einen Überblick über die Technologie, basierend auf anorganischen Materialien, die elektronischen Bauelemente sowie Systemanwendungen im Bereich Sicherheit geben.

Technologie

Die gedruckte Elektronik erfreut sich auf dem Gebiet des „Internet der Dinge“ größerer Beliebtheit, da die verwendeten Schaltungen direkt am Einsatzort gedruckt werden könnten. Es spielt dabei keine Rolle, ob die gedruckten Schaltungen auf einen festen Hintergrund wie

Glas oder einen flexiblen Hintergrund wie Papier oder Folien gedruckt werden. Durch den Druckprozess lässt sich ebenfalls die Herstellungszeit und die damit verbundenen Herstellungskosten im Vergleich zur konventionellen Siliziumtechnologie reduzieren.

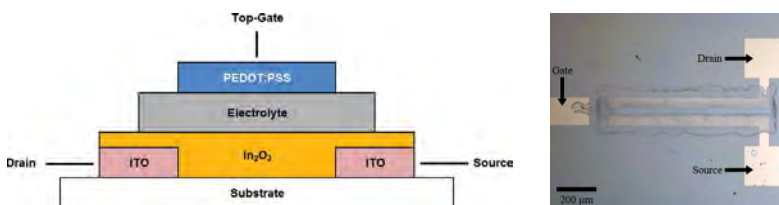
Das Interesse an anorganischen Metalloxiden als Ausgangsmaterialien für gedruckte Systeme steigt dabei stetig, da Oxide sowohl als Leiter, Nichtleiter und Halbleiter vorkommen. In einem Feldeffekttransistor können z.B. die elektrisch leitenden Elektroden aus Indiumzinnoxid (ITO) bestehen. Aufgrund der hohen intrinsischen Ladungsträgerbeweglichkeit in Indiumoxid (In_2O_3) ist dieses Material besonders als Halbleiter für den Kanal geeignet. Um den Kanal elektrisch von der Gate-Elektrode zu isolieren, wird häufig Aluminiumoxid (Al_2O_3) verwendet. Aber auch Feststoffelektrolyte können hier zum Einsatz kommen.

Um die für die Schaltungen benötigten Versorgungsspannungen zu reduzieren, kann anstatt eines Dielektrikums (z.B. Aluminiumoxid) ein Elektrolyt als Gate-Isolator eingesetzt werden. Die niedrigen Versorgungsspannungen ($\leq 1\text{ V}$) sind das Resultat der hohen Gate-Kapazität ($\approx 4\ \mu\text{F}/\text{cm}^2$), die vom Elektrolyten bereitgestellt wird. Beim Anlegen einer Spannung an der Gate-Elektrode bildet sich im Elektrolyten eine Helmholtz-Doppelschicht aus, die der Grund für die hohe Gate-Kapazität ist [1].

In dem hier vorgestellten Transistor werden die Vorteile der hohen Ladungsträgerbeweglichkeit, aus dem Indiumoxid-Kanal und der niedrigen Versorgungsspannung stammend, resultierend aus dem Einsatz eines Elektrolyten als Gate-Isolator kombiniert.

Dafür wird zwischen Indiumzinnoxid-basierten Drain- und Source-Elektroden der „Indium-Precursor“ mit Inkjetdrucker abgeschieden. Anschließend wird das Substrat bei 400 °C für zwei Stunden nachbehandelt, damit sich der Indium-Precursor in Indiumoxid umwandelt. Im darauffolgenden Schritt wird der Elektrolyt ebenfalls mit dem Inkjetdrucker über den Kanal gedruckt. Abschließend wird noch ein leitfähiges Polymer (PEDOT:PSS) über den Elektrolyten aufgebracht, das die Gate-Elektrode bildet (Abbildung 1) [2,3].

Abb. 1: links, schematische Darstellung eines Transistors mit Indium-Oxid Kanal und Elektrolyten als Gate-Isolator; rechts, Foto eines gedruckten Transistors basierend auf den links gezeigten Materialien



Der in Abbildung 1 vorgestellte Transistor kann dazu verwendet werden, logische Schaltelemente (Inverter, NAND-Gatter, NOR-Gatter, ...) zu realisieren. Ringoszillatorstrukturen (Abbildung 2) zeigen Frequenzen zwischen 250 Hz und 350 Hz bei Versorgungsspannungen von 0.6 V bis 2 V. [3] Die höchste in unserer Gruppe gemessene Frequenz betrug 1 kHz und kann durch eine optimierte Transistorgeometrie erreicht werden. Diese Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, gedruckte Schaltungen bei geringen Versorgungsspannungen zuverlässig zu betreiben, was auf dem Gebiet des „Internet der Dinge“ sehr vorteilhaft ist, um die Laufzeit der durch Batterien/Akkus betriebenen Anwendungen zu erhöhen.

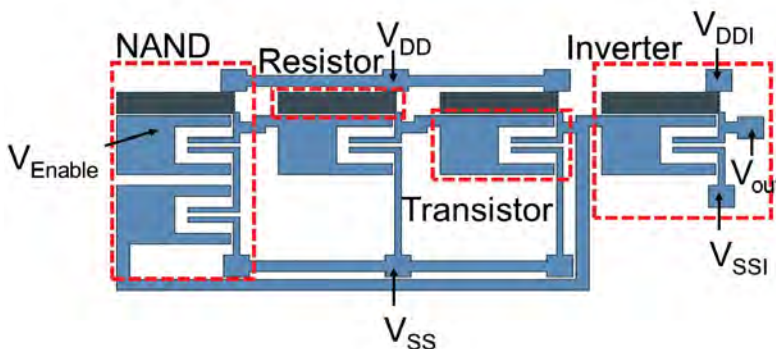


Abb. 2: Layout eines dreistufigen Ringoszillators in gedruckter Elektronik (Transistor-Resistor Logik)

Auf Basis der entwickelten Standardlogikelemente können nun komplexere Logikschaltungen sowie Analogschaltungen für gedruckte Sensoranwendungen entworfen und entwickelt werden. Auch hybride Systeme, bestehend aus einer Kombination aus gedruckten und Silizium-basierten-Bauelementen sind denkbar. Diese und weitere Themen im Entwurfs- und Designverfahren sind aktuelle Forschungsschwerpunkte der Gruppe Aghasi-Hagmann sowie des vom KIT und der Hochschule Offenburg betriebenen Promotionskolleg MERAGEM mit den Kollegen Bessler, Mackensen und Sikora.

Eine weitere interessante Anwendung der druckbaren Elektronik sind Sicherheitsanwendungen. Hierbei wird ein oft diskutierter Nachteil der gedruckten Elektronik im Vergleich zur konventionellen Halbleiterelektronik, nämlich die starken Variationen aufgrund der groben Druckauflösung sowie die Variationen durch die verwendeten Materialien und Tinten, zum Vorteil genutzt. Gedruckte Elektronik bietet die Möglichkeit, gerade diese intrinsischen Variationen auszunutzen, um beispielsweise günstige, einmalig verwertbare Smartlabels zur Authentifikation, auf Basis von Physical Unclonable Functions (PUFs) zu generieren [4]. Physical Unclonable Functions sind hardwarebasierte Einwegfunktionen, die eindeutige Bitsequenzen auf Basis unkontrollierbarer Produktionsschwankungen erzeugen, ähnlich einem eindeutigen digitalen Fingerabdruck [5]. Diese durch das System vorgegebenen intrinsischen Parameter sind nicht vorherzusehen. Aus diesem Grund eignen sich diese Systeme zur Generierung eindeutig zuordenbarer digitaler Sicherheitsschlüssel. Zum Auslesen wird die PUF-Schaltung mit einem bestimmten Stimulus (Challenge), meist in Form einer digitalen Bitsequenz, beaufschlagt, worauf diese mit einer Antwortbitfolge (Response) antwortet.

Je nach Komplexität einer PUF-Schaltung können höhere Bitbreiten für Challenges und Responses erreicht werden, was zu einem größeren Adressraum führt. Abhängig von der maximalen Anzahl von Challenge-Response-Pairs (CRPs) wird zwischen Weak- und Strong-PUFs unterschieden. Weak-PUFs bieten nur eine kleine Anzahl von CRPs, weshalb in vielen Fällen zusätzliche softwarebasierte Verschleierungstechniken (Hashing, Key Obfuscation etc.) eingesetzt werden, um das interne Verhalten der PUF-Schaltung für den äußeren Betrachter zu verschleiern.

Hauptsächlich werden PUFs in kryptografischen Anwendungen sowie zur Authentifikation und Identifikation von Hardwarebausteinen eingesetzt. Dabei definiert die Zielapplikation die Anforderungen an eine PUF-Schaltung. Um die Performanz verschiedener PUFs vergleichen zu können, existieren verschiedene Sicherheitsmetriken. Diese Metriken quantifizieren u. a. das Streuungsmaß der Responsebits (Uniqueness) sowie die Stabilität der Ausgangsbitsequenzen unter Einwirkung wechselnder Umgebungseinflüsse (Reliability) [6]. Eine Realisierung einer 1-Bit-PUF sowie ein Design-Vorschlag für eine „Multi-Bit-PUF“ wurde bereits im MERAGEM Promotionskolleg erzielt [7]. Derzeit wird an einer neuen Architektur der PUF sowie einer Silizium-basierten Ausleseelektronik sowie Ansteuer-elektronik für eine Multi-Bit-PUF geforscht, das ein hybrides System darstellt [8]. Gedruckte PUFs könnten so neue Anwendungsgebiete im Bereich Smart Labeling erschließen. In Kombination mit einem gedruckten, drahtlosen Kommunikationsinterface (wie beispielsweise passiven NFC-Chips) könnten so langfristig Barcodes durch solche Smartlabels ersetzt werden. Die Vorteile dieser gedruckten Tags bestehen darin, dass diese, ähnlich wie Barcodes heute, auf die Produktverpackung aufgedruckt werden können. Beim Kassieren/

Authentifizieren/Identifizieren muss jedoch keine Sichtlinie zum Produkt mehr bestehen.

Um reale gedruckte PUFs realisieren zu können und deren Möglichkeiten zu bewerten, wurde ein Silizium-basiertes Testsystem zum automatisierten Auslesen und zur Bewertung einer neu entwickelten gedruckten PUF entworfen (siehe Abbildung 3). Ein eigens dafür entwickeltes Softwaretool ermöglicht die Emulation der PUF-Auswerteelektronik auf Basis von Simulationsdaten. Dabei können die PUF-Challenges frei konfiguriert und beliebig viele PUF-Instanzen automatisiert ausgewertet werden. Gleichmaßen soll das Softwaretool die reale Hardware-PUF mit Challenge-Response-Protokoll ansteuern und die Sicherheitsmetriken automatisiert berechnen.

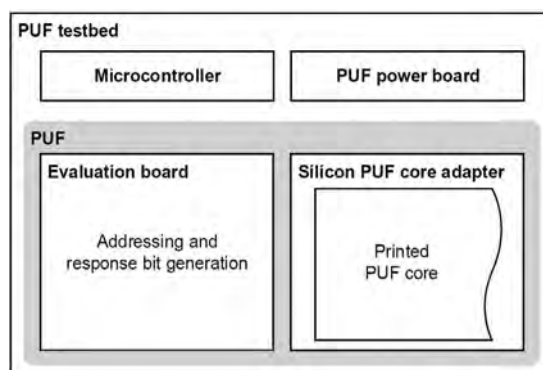


Abb. 3:
PUF testbed architecture

AUTOREN



Gabriel Cadilha Marques M.Eng.
Doktorand, KIT
gabriel.marques@kit.edu



Lukas Zimmermann M.Sc.
Doktorand MERAGEM
lukas.zimmermann@hs-offenburg.de



Alexander Scholz M.Sc.
Doktorand MERAGEM
alexander.scholz@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat.
Jasmin Aghassi-Hagmann
jasmin.aghassi-hagmann@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] S. K. Garlapati et al., "Electrolyte-Gated, High Mobility Inorganic Oxide Transistors from Printed Metal Halides", ACS Applied Materials & Interfaces, 2013, 5 (22), 11498-11502, DOI: 10.1021/am403131j
- [2] G. C. Marques et al., "Electrolyte-Gated FETs Based on Oxide Semiconductors: Fabrication and Modeling", IEEE Transactions on Electron Devices, 2017, 64 (1), 279-285, DOI: 10.1109/TED.2016.2621777
- [3] G. C. Marques et al., "Digital power and performance analysis of inkjet printed ring oscillators based on electrolyte-gated oxide electronics", Applied Physics Letters, 2017, 111 (10), 102103, DOI: 10.1063/1.4991919
- [4] Zhang, Xi, Tong Ge, and Joseph S. Chang. "Fully-additive printed electronics: Transistor model, process variation and fundamental circuit designs." Organic Electronics 26 (2015): 371-379
- [5] Hori, Yohei, et al. "Quantitative and statistical performance evaluation of arbiter physical unclonable functions on FPGAs." Reconfigurable Computing and FPGAs (ReConFig), 2010 International Conference on. IEEE, 2010
- [6] Bhargava, Mudit. Reliable, Secure, Efficient Physical Unclonable Functions. Diss. Carnegie Mellon University, 2013
- [7] A. T. Erozan, M. S. Golanbari, R. Bishnoi, J. Aghassi-Hagmann, and M. B. Tahoori, "Design and Evaluation of Physical Unclonable Function for Inorganic Printed Electronics", in proceedings of the International Symposium on Quality Electronic Design (ISQED), 2018, USA
- [8] L. Zimmermann, A. Scholz, A. Sikora, and Jasmin Aghassi-Hagmann, "A Hybrid Embedded System Environment for Automated Readout and Evaluation of a Printed Physical Unclonable Function", International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunication, 2018

Ein humanoider Roboter lernt seine Zehen zu gebrauchen

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer

In diesem Beitrag zeigen wir, dass ein humanoider Roboter mit unserem modellfreien Ansatz lernen kann, erfolgreich seine Zehen zu verwenden. Der modellfreie Ansatz kann darüber hinaus auf jede Art von humanoiden Robotern oder Robotern generell eingesetzt werden. Hier steht der Nutzen von humanoiden Robotern mit Zehen im Vordergrund, deren Einsatz bislang schwierig zu bewerkstelligen war. Aufgabe des simulierten Nao Roboters war es, in der RoboCup 3D-Soccer Umgebung verschiedene Ball-Kicks zu lernen. Dabei lernte der Roboter, auf seine Zehen zu stehen, um so das Standbein zu verlängern und damit 30 % weiter kicken zu können als es ohne Zehen der Fall ist.

In this article we show that a model-free approach to learn behaviors in joint space can be successfully used to utilize toes of a humanoid robot. Keeping the approach model-free makes it applicable to any kind of humanoid robot, or robot in general. Here we focus on the benefit on robots with toes which is otherwise more difficult to exploit. The task has been to learn different kick behaviors on simulated Nao robots with toes in the RoboCup 3D-soccer simulator. As a result, the robot learned to step on its toe for a kick that performs 30 % better than learning the same kick without toes.

Die Evolution hat sich die Mühe gemacht, Menschen mit Zehen auszustatten. Neben anderen Vorteilen, erlauben es Zehen den Menschen, weicher und schneller zu laufen. Entsprechend gibt es zahlreiche Forschungsarbeiten zu Zehen bei humanoiden Robotern.

Passive, d.h. nicht selbst bewegte Zehen wurden z.B. im Monroe [8], dem HRP-2 [15] oder dem Wabian-2R [14] Roboter verwendet. Aktive Zehen sind weniger verbreitet, aber ebenfalls seit einigen Jahren Gegenstand der Forschung. Der H6-Roboter [11] verwendete Zehen, um mit geringeren Kniegeschwindigkeiten laufen sowie auf eine Leiter steigen oder knien zu können. Toni [3] verbesserte sein Laufen, indem er den Schritt durch Abrollen über die Zehen verlängerte. Toyota stellte einen Roboter mit Zehen vor, der 7 km/h schnell laufen konnte [16]. Lola [4] ist mit aktiven Zeh- und Beckenmotoren ausgestattet, um menschenähnliches Laufen zu untersuchen.

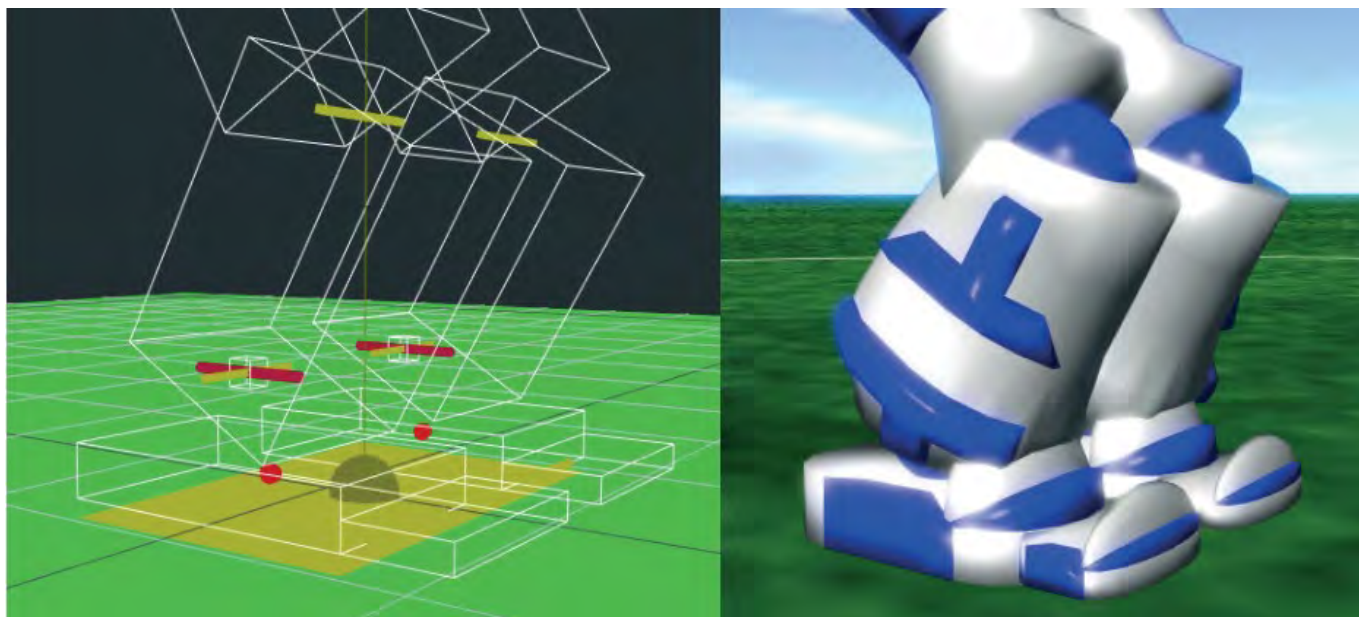
Aktive Zehen sind in verschiedener Hinsicht eine Herausforderung:

- Sie erhöhen die Zahl der Freiheitsgrade. Neben dem zusätzlichen Potenzial bedeutet das auch, dass im Raum der möglichen Gelenkbewegungen ein weiteres (pro Bein) hinzukommt, was die Suche nach effizienten Bewegungen erschwert.
- Das Bein wird dadurch kinematisch redundant, d.h., invers-kinematische Berechnungen liefern keine eindeutige Lösung.

- Das Bewegen der Zehen des Standbeins reduziert in jedem Fall die Standfläche.
- Bei echten Robotern erhöhen Zehen die Komplexität, das Gewicht und den Energieverbrauch.

Einige neuere Roboter wie z.B. Petman, Poppy [9] oder Durus [12;2] umgehen das Problem aktiver Zehen und flacher Füße, indem sie Schuhe tragen. Schuhe, bzw. abgerundete Füße generell verbessern die Energieeffizienz des Laufens, haben aber nicht die Vorteile aktiver Zehen, wie sie in diesem Beitrag genutzt werden.

Kicken zu lernen ist verbreitet in verschiedenen Ligen des RoboCup [7]. Allerdings werden Zehen bisher kaum verwendet. MacAlpine et al. [10] verwenden Layered Learning, um eine Reihe von Verhalten in der 3D-Soccer-Simulation zu lernen. Auch wenn bei der Arbeit Zehen nicht im Vordergrund stehen, berichten sie von einer verbesserten Gesamtspielstärke bei der Verwendung von Nao-Robotern mit Zehen. Abdolmaleki et al. [1] verwenden ebenfalls CMA-ES [6], um Kicks zu lernen, und erzielen dabei teilweise weitere und genauere Kicks. Allerdings ist die Vorbereitungszeit deutlich länger, wodurch bei einer dynamischen Umgebung wie einem Fußballspiel der Kick nur selten zum Einsatz kommt, wenn der Spieler genug Zeit hat. Sie verwenden auch keine Zehen. Trotzdem ist es interessant zu sehen, dass der



Roboter gelernt hat, das Standbein durch das Stehen auf die Fußspitze zu verlängern. Durch das Fehlen von Zehen fällt der Roboter dabei aber jedes Mal um.

Die in dieser Arbeit verwendeten Roboter sind simulierte Nao-Roboter der 3D-Soccer Simulationsliga [13]. Die Roboter haben 24 Gelenke (22 ohne Zehen), die mit 50 Hz angesteuert werden und sich maximal mit ca. 350 Grad/s bewegen können. Die Füße und Zehen sind als Rechtecke modelliert wie in Abb. 1 dargestellt und mit einem Scharniergelenk verbunden, das sich 1 Grad abwärts und 70 Grad aufwärts bewegen kann.

Ansatz

Leitendes Ziel unseres Ansatzes war es, ein Framework zu schaffen, mit dem modellfrei gelernt werden kann. Modellfrei bezeichnet hier einen Ansatz, der weder Annahmen über die Architektur des Roboters noch über die zu erzielende Aufgabe macht. Für das Lernen besteht das Modell einfach aus einem Satz ‚flacher‘ Parameter, die erst später mit der Domäne verknüpft werden. Einzig vorgegeben ist die Zahl der Parameter, durch die Zahl der lernbaren Gelenke sowie der Wertebereich durch den Gelenkbereich des Gelenks, jedoch nicht die Bedeutung der Parameter.

Gelernt wird eine Reihe von sogenannten Keyframes, also Zielwinkel und Motorgeschwindigkeit für jedes Bein-gelenk sowie die Dauer jedes Frames. Damit lassen sich alle mit dem Roboter möglichen Beinbewegungen erzielen. Aufgabe des Lernens ist es, Beinbewe-

gungen zu finden, die die Bewertungsfunktion der momentanen Aufgabe maximiert. Für das Lernen werden klassische genetische Algorithmen sowie mit CMA-ES eine Variation davon verwendet. Die Bewertungsfunktion ist abhängig von der Aufgabe und enthält beim Lernen des geradeaus Kickens die Schussweite und -genauigkeit sowie, ob der Roboter dabei stehen geblieben ist. Die Entscheidung, wann genau gekickt wird, wird zusätzlich durch die Fußdrucksensoren gesteuert.

Zusammenfassend hat unser Ansatz weder Kenntnis über Masse und Geometrie der Körperteile des Roboters noch über die Position oder Drehachsen der Gelenke, noch über den Robotertyp generell. Lediglich die Anzahl und der Winkelbereich der Gelenke ist bekannt.

Ergebnisse

Gelernt wurden verschiedene Kicks in unterschiedliche Richtungen. In diesem Artikel fokussieren wir auf den einfachsten: das Geradeauskick. Dazu führte jeder Roboter der aktuellen Generation einer Population zehn Bewegungen aus, deren mittlere Bewertung der Fitness des Roboters entsprach. Die Bewegung jedes Roboters wird durch 120 Parameter definiert, die in der ersten Population zufällig (gleich verteilt über den Wertebereich) erzeugt werden. Roboter mit gut bewerteten Bewegungen vermehren sich mit anderen guten durch Überkreuzung der Parameter, während schlechte Roboter absterben. Über Generationen hinweg entsteht so eine immer bessere Kick-Bewegung wie in Abbildung 2 zu sehen ist.

Abb. 1: Drahtmodell des NaoToe (links) und 3D-Visualisierung (rechts)

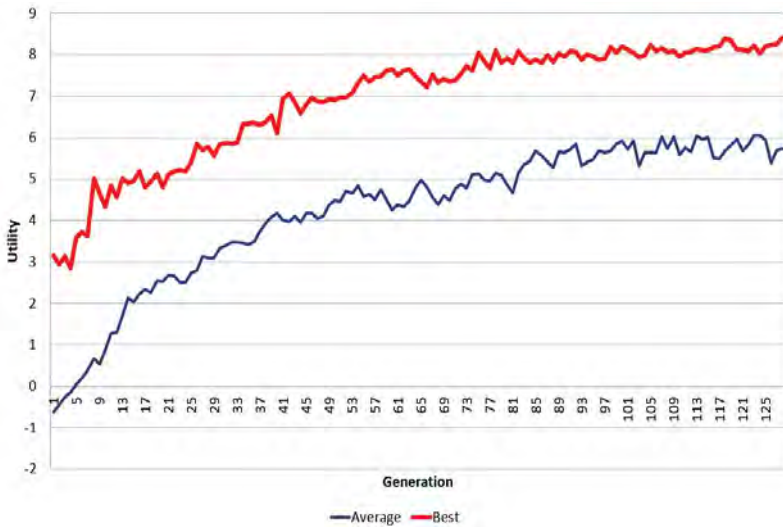
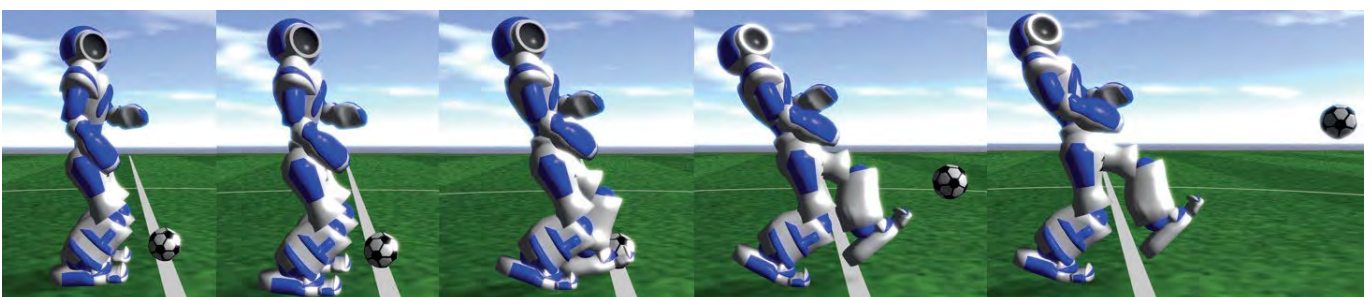


Abb. 2: Lernkurve des NaoToe mit standardgenetischen Algorithmen

Die verwendeten Meta-Parameter der genetischen Optimierung waren Populationsgröße 200, Anzahl Geschlechter 2, Anzahl Eltern je Individuum 2, Mutationswahrscheinlichkeit 0.1 (Individuum) 0.1 (Gen), Selektionsstrategie Monte Carlo und Take-Over Best 10 %, Rekombinationsstrategie Multi-Crossover. Entsprechend besteht ein Lernlauf über 130 Generationen aus 260.000 Kicks, die auf der vorhandenen Hardware in etwa 15 Stunden auf einem Rechner durchgeführt werden können. Das erzielte Ergebnis ist ein 8 m Kick beim NaoToe sowie ein 5.5 m Kick beim Nao ohne Zehen.

Abbildung 3 zeigt den Anfang der Bewegung des Roboters mit Zehen beim Kick. Der Roboter hat bei diesem Kick gelernt, auf seine Zehen zu stehen, um so das Standbein zu verlängern (besonders zu sehen in den Teilbildern 3 bis 5). Nicht im Bild zu sehen ist, dass der Roboter auch gelernt hat, nach dem Kick wieder so zu stehen, dass er weiterlaufen kann. Die Ausführung des Kicks dauert gerade einmal 0.16 Sekunden, mehr als fünfmal so schnell als ein vergleichbarer von Hand programmierter Kick. Die Ausführungszeit des Kicks war zwar nicht explizit Teil der Bewertungsfunktion, kurze Kicks werden aber tendenziell bevorzugt, weil die Wahrscheinlichkeit, stehen zu bleiben, abnimmt, je länger der Roboter auf einem Fuß steht. Schnelle Kicks haben den Vorteil, dass man sie auch ausführen kann, wenn ein Gegner in der Nähe des Balls ist.

Abb. 3: Bewegungssequenz des NaoToe beim Kicken



Interessant sind auch die Ergebnisse der Versuche mit cross-parameterization, bei denen der Nao mit NaoToe Parametern und umgekehrt evaluiert wurde (Tabelle 1). Führt man den auf dem NaoToe gelernten Kick mit einem Nao ohne Zehen aus, fällt der Roboter in 98 % der Fälle hin und erzielt lediglich einen Kick von ca. 3.20 m. Ohne Zehen fällt der Roboter in fast allen Fällen nach hinten um. Anders herum bleibt der NaoToe mit einem auf dem Nao ohne Zehen gelernten Kick zwar immer stehen, erzielt aber nur einen 1.5 m Kick, weil er fast immer den Boden trifft. Vermutlich spielt dabei die andere Massenverteilung des Fußes mit Zehen in der Simulation eine Rolle.

Ebenfalls in Tabelle 1 dargestellt sind Versuche, bei denen der NaoToe seinen eigenen Kick ohne das Bewegen der Zehen ausgeführt hat. Der Roboter fällt dabei viermal häufiger hin und erzielt auch nur 5.4 m im Mittel.

Roboter	Bewertung	Hingefallen (in %)
Nao	5.47	0
NaoToe	8.41	6
Nao mit NaoToe Parametern	1.14	98
NaoToe mit Nao Parametern	1.64	0
NaoToe ohne die Zehen zu bewegen	5.63	24

Tabelle 1: Ergebnisse der gelernten Kicks und cross-parameterizations

Um die Modellfreiheit des Ansatzes zu untermauern, wurden inzwischen verschiedene Kicks wie ein seitlicher Kick, ein diagonaler Kick oder auch ein Rückwärtskick sowohl mit Nao als auch mit NaoToe gelernt. Ebenfalls gelingt es inzwischen mit diesem Ansatz, aus vollem Lauf zu kicken. Beim Lernen eines weiter entfernt liegenden Balls konnten wir darüber hinaus eine interessante Beobachtung machen: Anstatt das Bein weit nach vorn zu grätschen, um den Ball zu treffen, hat der Roboter gelernt, einfach einen Schritt mehr zu machen und dann mit dem anderen Bein zu kicken!

„Die so gelernten Kicks waren einer der wichtigsten Fortschritte bei der Weiterentwicklung des magmaOffenburg Teams im Jahr 2017 und trugen wesentlich zum Gewinn der Vizeweltmeisterschaft bei der RoboCup WM 2017 in Nagoya bei. Mehrere Tore wurden mit diesen Kicks erzielt, darunter auch das wichtige 1:0 in der Verlängerung des Halbfinals.“

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer
Teamleiter RoboCup Team magma Offen-
burg, E+I, Analytics and Data Science,
Softwareentwicklung und Künstliche
Intelligenz
klaus.dorer@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Abdolmaleki A, Simoes D, Lau N, Reis L P, Neumann G: Learning a Humanoid Kick With Controlled Distance. Proceedings of the 20th RoboCup International Symposium, Leipzig, Germany, 2016
- [2] Ackerman E: DURUS Brings Human-Like Gait (and Fancy Shoes) to Hyper-Efficient Robots. <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/durus-brings-humanlike-gait-and-fancy-shoes-to-hyperefficient-robots>, 2016
- [3] Behnke S: Human-Like Walking using Toes Joint and Straight Stance Leg. In Proceedings of 3rd International Symposium on Adaptive Motion in Animals and Machines (AMAM), Ilmenau, 2005
- [4] Buschmann T, Schwienbacher M, Favot V, Ewald A and Ulbrich H: The Biped Walking Robot Lola – Hardware Design and Walking Control. Journal of the Robotics Society of Japan 30, 2012
- [5] Buschmann T: Simulation and control of biped walking robots. Ph.D. dissertation, Tech. Uni. München, 2010
- [6] Hansen N, Müller S D and Koumoutsakos P: Reducing the Time Complexity of the Derandomized Evolution Strategy with Covariance Matrix Adaptation (CMA-ES). Evolutionary Computation Volume 11 Issue 1, 2003
- [7] Jouandeau N, Hugel V: Optimization of Parametrised Kicking Motion for Humanoid Soccer Player. In Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), 2014
- [8] Kumagai M and Emura T: Sensor-based walking of human type biped robot that has 14 degree of freedoms. Annual Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP-97)), pp. 112, 1997
- [9] Lapeyre M, Rouanet P and Oudeyer P: The Poppy Humanoid Robot: Leg Design for Biped Locomotion. 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Tokyo, Japan, Nov. 3-7, 2013
- [10] MacAlpine P, Depinet M, Stone P: UT Austin Villa 2014: RoboCup 3D Simulation League Champion via Overlapping Layered Learning. Proceedings of the Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI), vol 4, pp. 2842–48, 2015
- [11] Nishiwaki K, Kagami S, Kuniyoshi Y, Inaba M and Inoue H: Toe Joints that Enhance Bipedal and Fullbody Motion of Humanoid Robots. Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation Washington, DC May 2002
- [12] Reher E A, Cousineau A, Hereid C, Hubicki M and Ames A D: Realizing Dynamic and Efficient Bipedal Locomotion on the Humanoid Robot DURUS. In Robotics and Automation (ICRA), 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 1794–1801, 2016
- [13] Obst O and Rollmann M: SPARK - A Generic Simulator for Physical Multiagent Simulations. Computer Systems Science and Engineering, 20(5), September 2005
- [14] Ogura Y, Shimomura K, Kondo H, Morishima A, Okubo T, Momoki S, Lim H and Takanishi A: Human-like Walking with Knee Stretched, Heel-contact and Toe-off Motion by a Humanoid Robot Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robots Syst. (IROS), pp. 3976–81, 2006
- [15] Video zweier Kicks: <https://www.dropbox.com/s/u3k3117zc0ptg1m/RoboCupSymposium.mp4?dl=0>



prinzip der sendeseitigen OFDM-Basisbandmodulation ist in Abbildung 1 dargestellt. Ausgehend von einem hochratigen seriellen Bitstrom, werden zunächst durch eine Seriell-/Parallel-Wandlung und Bitmapping in N Unterkanälen niederrätige parallele Symbolströme erzeugt, die anschließend mit unterschiedlichen Trägersignalen beaufschlagt und zum resultierenden OFDM-Basisbandsignal aufaddiert werden. Werden die Frequenzen f_k der Trägersignale so gewählt, dass Sie jeweils ein ganzzahliges Vielfaches der inversen Symboldauer T_{OFDM} sind (d.h. $f_k = k \cdot \Delta f = k \cdot 1/T_{\text{OFDM}}$, $k=0 \dots N-1$), so sind die Signale in den Unterkanälen orthogonal zueinander und können somit im Empfänger einfach und interferenzfrei wieder separiert werden [1]. Vorteilhaft ist, dass die OFDM-Basisbandmodulation sehr aufwandsgünstig digital erfolgen kann, indem der in Abbildung 1 gestrichelt dargestellte Block durch eine IFFT (engl. Inverse Fast Fourier Transformation) mit anschließender Parallel-/Seriell-Wandlung und D/A-Umsetzung ersetzt wird. Wird weiterhin das Carrier-Spacing Δf zwischen den Trägerfrequenzen kleiner als die Kohärenzbandbreite B_c gewählt, so können durch ein zusätzliches Guardintervall zwischen den Symbolen in den Unterkanälen auch bei Mehrwegeausbreitung Inter-Symbol-Interferenzen (ISI) und damit aufwendige empfängerseitige Entzerrerstrukturen vermieden werden. Ein weiterer Vorteil besteht in der kompakten und näherungsweise rechteckförmigen Gestalt des Leistungsdichtespektrums eines OFDM-Signals, das nur sehr geringe Nachbarkanalinterferenzen verursacht und eine hohe spektrale Effizienz aufgrund der erlaubten Überlagerung der Spektren der Signale in den Unterkanälen ermöglicht.

Eine besondere Herausforderung ergibt sich aufgrund der rauschähnlichen Struktur eines OFDM-Signals mit stark schwankender Momentanleistung, siehe Abbildung 2.

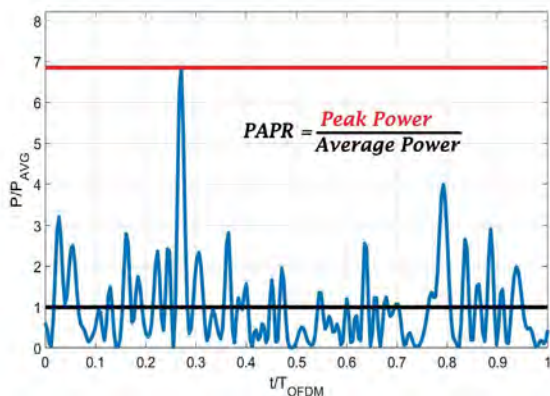


Abb. 2: Verlauf der Momentanleistung eines OFDM-Signals (16-QAM-Symbole, N=64 Unterkanäle)

Als Maß für die Stärke dieser Leistungsschwankungen wird das Verhältnis PAPR (engl. Peak – to – Average Power – Ratio) aus der maximalen Momentanleistung und der mittleren Leistung betrachtet. Für zufällige Symbolfolgen in den Unterkanälen sind auch die PAPR-Werte statistischen Schwankungen unterworfen. Um diese statistischen Schwankungen zu beschreiben, wird die Verteilungsfunktion (engl. complementary cumulative distribution function, ccdf) betrachtet, die die Wahrscheinlichkeit angibt, dass ein bestimmter PAPR-Wert $PAPR_0$ überschritten wird. Abbildung 3 zeigt diese Verteilungsfunktion wiederum bei Verwendung von stochastischen 16-QAM-Symbolen und unterschiedlicher Anzahl N an Unterkanälen. Man erkennt, dass mit zunehmendem N die zu erwartenden PAPR-Werte tendenziell ansteigen.

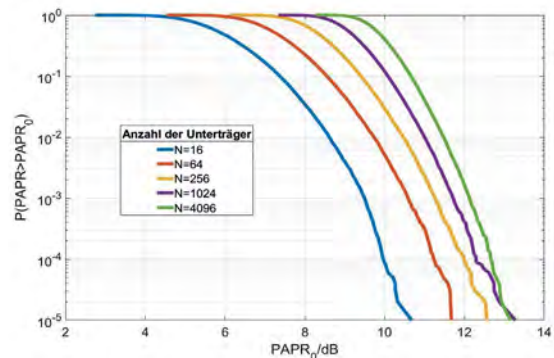


Abb. 3: Verteilungsfunktion der PAPR-Werte eines OFDM-Signals für unterschiedliche Anzahl N an Unterkanälen

Problematik der nichtlinearen Verstärkung von OFDM-Signalen

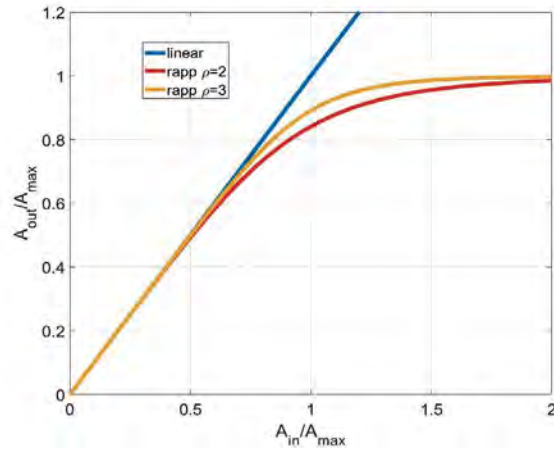
Die stark schwankende Momentanleistung eines OFDM-Signals und die damit verbundenen hohen PAPR-Werte sind besonders problematisch im Hinblick auf die sendeseitige Leistungsverstärkung. Um diese Problematik besser zu verstehen, wird zunächst die Kennlinie eines realen Leistungsverstärkers betrachtet. Nach dem Verstärker-Modell nach Rapp [2], ergibt sich bei einem Halbleiterverstärker der Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung A_{out} und der Eingangsspannung A_{in} zu

$$A_{\text{out}} = \frac{A_{\text{in}}}{\left[1 + \left(\frac{A_{\text{in}}}{A_{\text{max}}} \right)^{2\rho} \right]^{\frac{1}{2\rho}}}$$

wobei A_{max} die maximale Ausgangsspannung (Sättigungsspannung) und ρ der Rapp'sche Faktor sind. Ein Wert von $\rho = 3$ beschreibt nach Rapp in guter Näherung das Verhalten eines 1-Watt-SSPA-Halbleiterverstärkers (engl. solid state power amplifier) [2].

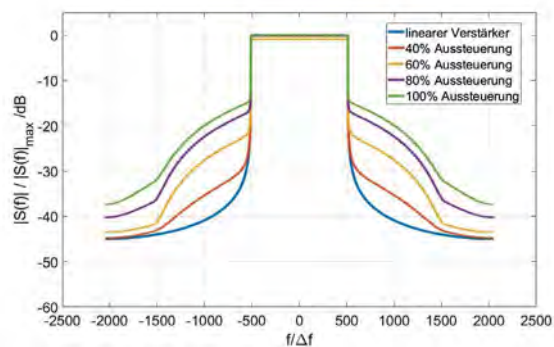
Abbildung 4 zeigt die Ausgangsspannung A_{out} in Abhängigkeit von der Eingangsspannung A_{in} jeweils normiert auf die Sättigungsspannung für unterschiedliche Werte ρ .

Abb. 4:
Kennlinien eines Halbleiterverstärkers nach dem Rapp-Modell



Man erkennt, dass die Verstärkerkennlinie für kleine Eingangsspannungen A_{in} näherungsweise linear ist und mit größer werdendem A_{in} zunehmend nichtlinear wird. Wäre die Momentanleistung des Eingangssignals konstant (d.h. PAPR=1), so könnte der Verstärker so betrieben werden, dass die Ausgangsspannung A_{out} nahe der Sättigungsspannung A_{max} ist, was einer hohen Verstärkereffizienz entspricht. Schwankt dagegen wie bei einem OFDM-Signal die Momentanleistung stark, so muss der Verstärker mit kleiner Aussteuerung $A_{in,average}/A_{max}$ im näherungsweise linearen Bereich der Kennlinie und damit mit niedriger Effizienz betrieben werden, um degradierende Verzerrungen klein zu halten. Diese degradierenden Verzerrungen haben einerseits Einfluss auf das Sendespektrum und andererseits auf die Übertragungsqualität. Abbildung 5 zeigt das Leistungsdichtespektrum eines OFDM-Signals am Ausgang eines Sendeverstärkers ($\rho=3$) bei unterschiedlicher Verstärkerkaussteuerung $A_{in,average}/A_{max}$.

Abb. 5:
Leistungsdichtespektrum eines verstärkten OFDM-Signals nach unterschiedlicher Verstärkerkaussteuerung



Man erkennt, dass mit zunehmender Verstärkerkaussteuerung aufgrund der nichtlinearen Kennlinie zunehmend Außerbandabstrahlungen entstehen, die zu Nachbarkanalinterfe-

renzen bei anderen Funkteilnehmern führen können. Aber auch innerhalb des Nutzsignalbandes wird das OFDM-Signal verzerrt. Diese Verzerrungen haben unter anderem zur Folge, dass die Signale in den Unterkanälen nicht länger orthogonal sind und somit untereinander interferieren (Inter-Channel-Interferenzen, ICI). Diese ICI verursachen letztlich bei der empfängerseitigen OFDM-Demodulation erhöhte Werte der Bitfehlerrate (BER). Abbildung 6 zeigt die Bitfehlerrate abhängig vom empfängerseitigen SNR (engl. Signal - to - Noise Power - Ratio) für verschiedene Verstärkerkaussteuerungen (16 QAM-Symbole, $N=1024$).

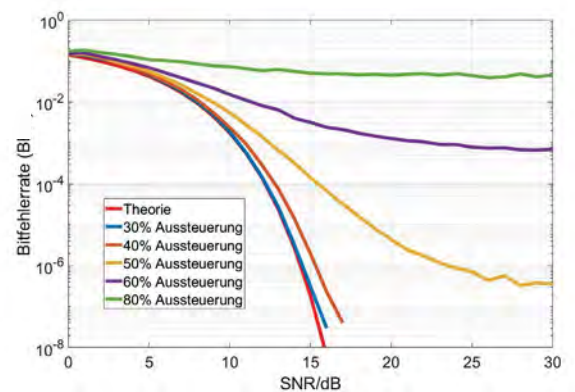


Abb. 6:
BER-Charakteristik abhängig von der Verstärkerkaussteuerung (OFDM, $N=1024$, 16QAM-Symbole)

Man erkennt, dass selbst bei näherungsweise rauschfreier Übertragung, d.h. bei großen SNR-Werten, die minimal erzielbaren BER-Werte mit zunehmender Verstärkerkaussteuerung aufgrund der zuvor erwähnten ICI stark ansteigen. Um die zuvor diskutierten degradierenden Effekte zu vermindern, sind bei OFDM-Signalen aufgrund der hohen PAPR-Werte sehr hohe Anforderungen an die Linearität der Sendeverstärkung zu stellen, was bei realen Verstärkern nur durch eine geringe Aussteuerung und damit einer geringen Verstärkereffizienz erreicht werden kann. Alternativ können aber auch die PAPR-Werte vor der Sendeverstärkung durch geeignete Maßnahmen vermindert werden, wie nachfolgend beschrieben wird.

PAPR-Reduktionsverfahren

Die bekannten Verfahren zur Reduktion der PAPR-Werte von OFDM-Signalen lassen sich in zwei Klassen einteilen [3]: Signal-Verzerrungs-Verfahren und Scrambling-Verfahren. Bei den ersteren wird das OFDM-Signal vorverzerrt, um den PAPR-Wert zu reduzieren. Die einfachste Art der Vorverzerrung ist das Clipping, das die Amplitudenwerte des OFDM-Signals auf einen festgelegten Maximalwert

begrenzt. Neben dem Clipping gibt es aber auch Filtertechniken zur Vorverzerrung, die nicht nur die maximalen Amplitudenwerte begrenzen, sondern auch kleine Amplitudenwerte vergrößern, was insgesamt zu weniger Verzerrungen führt. Eine bekannte Filtertechnik ist das Peak Windowing, bei der das OFDM-Signal mit einer Fensterfunktion multipliziert wird (z.B. Hamming, Hanning oder Kaiser Window). Dabei werden die Spitzen des OFDM-Signals mit den Tälern der Funktion und umgekehrt multipliziert. Die daraus entstehenden Übergänge sind deutlich geschmeidiger, was in einem kompakteren Leistungsdichtespektrum resultiert. Bei den Scrambling-Verfahren wird das ursprüngliche OFDM-Signal durch unterschiedliche Maßnahmen verwürfelt (engl. scrambling), und nur das verwürfelte OFDM-Signal mit dem niedrigsten PAPR-Wert wird verstärkt und übertragen. Beispiele hierfür sind das Selected Mapping- (SLM), Partial Transmit Sequence - (PTS) oder Interleaving-Verfahren. Bei den beiden erstgenannten Verfahren wird die Verwürfelung erreicht, indem die Phasen der Quellsymbole in den Unterkanälen um einen bestimmtem Betrag für die Dauer eines OFDM-Symbols T_{OFDM} verdreht werden. Das Interleaving-Verfahren nutzt die Erkenntnis, dass manche Bitkonstellationen OFDM-Signale mit hohem PAPR-Wert und andere mit kleinem PAPR-Wert erzeugen. Die verschiedenen Bitkonstellationen werden dabei ausgehend von der Nutz-Bitsequenz durch deterministisches Umordnen (engl. Interleaving) generiert. Abbildung 7 zeigt den Aufbau einer Einrichtung zur Anwendung des Interleaving-Verfahrens zur PAPR-Reduktion.

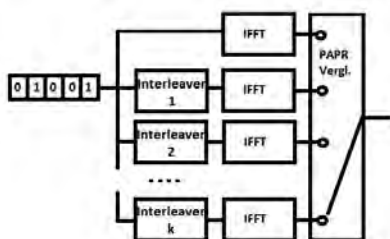


Abb. 7: Interleaving-Verfahren zur PAPR-Reduktion

Die ursprüngliche Nutz-Bitsequenz wird zusätzlich in k -parallelen Interleavern deterministisch, aber pseudo-zufällig umgeordnet. Ausgewählt für die Übertragung wird dann nur das OFDM-Signal, das innerhalb von T_{OFDM} den niedrigsten PAPR-Wert aufweist. Da das deterministische Umordnen der Bits im Empfänger wieder rückgängig gemacht werden muss (engl. De-Interleaving), ist als Zusatzinformation mitzuliefern, welcher der k -Interleaver innerhalb von T_{OFDM} verwendet wurde. Durch dieses Vorgehen, kann zwar nicht garantiert werden, dass das PAPR einen bestimm-

ten Wert nicht überschreitet, allerdings wird mit zunehmender Anzahl k an Interleavern die Wahrscheinlichkeit des Auftretens hoher PAPR-Werte stark vermindert. Abbildung 8 zeigt die Verbesserungen quantitativ anhand der Verteilungsfunktionen der PAPR-Werte bei Verwendung unterschiedlich vieler Interleaver (16 QAM-Symbole in den $N = 1024$ Unterkanälen).

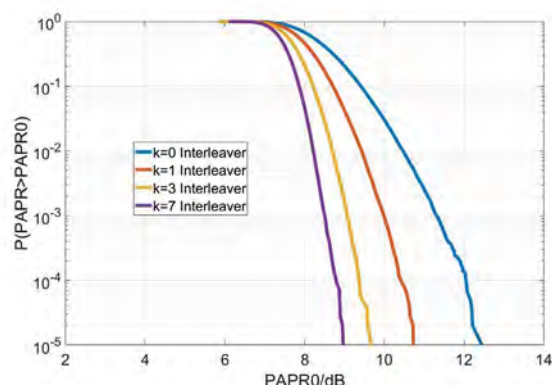


Abb. 8: Verteilungsfunktionen der PAPR-Werte beim Interleaving-Verfahren (16QAM-Symbole, $N=1024$)

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer
Prodekan/Studiendekan Fakultät E+I,
Professor für Telekommunikationstechnik
und Funknetze, IAF-Mitglied seit 2003
felhauer@hs-offenburg.de



Ludwig Erhardt B.Eng.
wissenschaftlicher Mitarbeiter
im Labor Telekommunikationstechnik
der Fakultät E+I
ludwig.erhardt@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Rohling, H.: „OFDM-Concepts for Future Communication Systems“, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, 2011
- [2] Rapp, C.: „Effects of HPA-nonlinearity on a 4-DPSK/OFDM-signal for a digital sound broadcasting system“, Proceedings of the Second European Conference on Satellite Communications, Liege, Belgien, 1991
- [3] Wang, Z.; Sun, E. and Zhang, Y.: „ An overview of peak-to-average power ratio reduction techniques for OFDM signals“, International Journal of Mobile Network communications & Telematics (IJMNCT), Bd. 6, Nr. 3, Juni 2016

3D-Simulation elektrischer Stimulationsfelder bei Herzschrittmachern

Edgar Benke B.Sc., Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Johannes Hörth M.Sc.

Die Kombination von Herzrhythmusmodell mit Elektroden- und Schrittmachermodellen ermöglicht 3D-Simulationen elektrischer Felder im Rahmen der Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen. Das Ziel der Studie bestand in der Modellierung eines kabellosen Herzschrittmachers, Integration in ein Herzrhythmus-Thorax-Modell und 3D-Simulation elektrischer Felder bei einer Schrittmacherstimulation.

The combination of heart rhythm model with electrode and pacemaker models enables 3D simulations of electrical fields in the diagnostic and therapy of heart rhythm disturbance. The aim of the study was the modeling of a leadless pacemaker, integration in a heart rhythm model and 3D simulation of electrical fields during pacemaker stimulation.

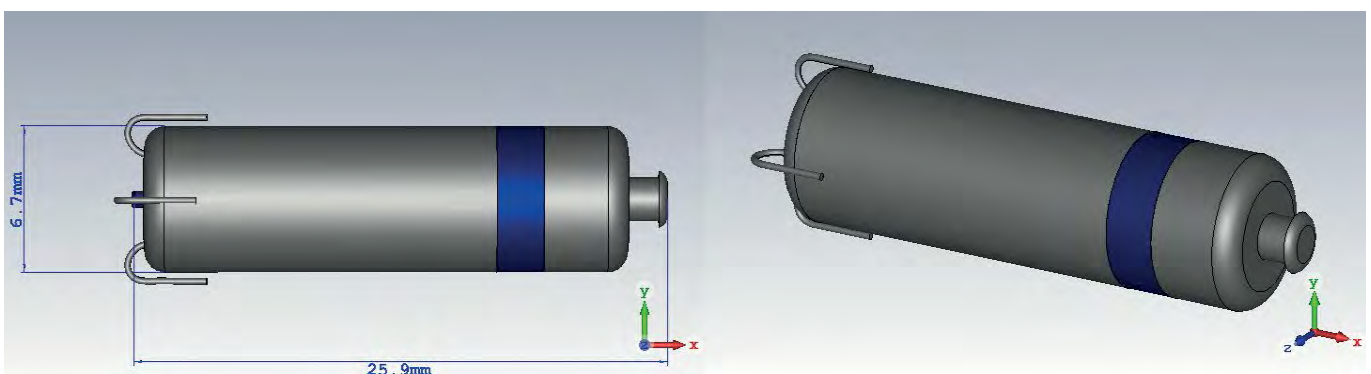
Einleitung

Der gesunde Herzrhythmus kann durch eine pathologische Erregungsbildung- u/o Erregungsleitung, die an verschiedenen Stellen im Herzen auftreten können, bradykarde bzw. tachykarde Herzrhythmusstörungen entwickeln. Bei rhythmustherapeutischen Maßnahmen mit modernen implantierbaren Herzschrittmachern bzw. Kardioverter-Defibrillatoren ist das elektrische Feld (E-Feld) während der Herzschrittmacherstimulation maßgebend für den Erfolg der Therapie. Durch die 3D-Modellierung und -Simulation der Schrittmacherstimulation können tiefere Einblicke in die Herzrhythmustechnik erlangt werden. Das Ziel der Studie bestand in der Modellierung eines drahtlosen Einkammer-Herzschrittmachers und dessen Integration in ein 3D-Herz-Thoraxmodell zur statischen und dynamischen Simulation der Schrittmacherstimulation. Für die Methodik wurde die Simulationssoftware CST STUDIO SUITE® (CST Computer Simulation Technology AG, Darmstadt, Deutschland) verwendet.

Methoden

Für die Modellierung des drahtlosen Einkammer-Herzschrittmachers Micra™ (Medtronic, Minneapolis, USA) wurden zunächst die technischen Maße und Materialeigenschaften aus den frei zugänglichen Handbüchern entnommen. Der Micra™ hat insgesamt eine Länge von 25,9 mm und einen Außendurchmesser von 6,7 mm (Abb.1). Damit ist er bisher der kleinste Herzschrittmacher der Welt. Für die Simulation der Herzschrittmacherstimulation im rechten Ventrikel (RV) in der Betriebsart VVI und VVIR, wurde der Micra™ zunächst in das vorhandene Offenburger-Herzrhythmusmodell [1-2] integriert.

Abb. 1:
Modellierung des drahtlosen Herzschrittmachers Micra™ vom Hersteller Medtronic



Für das zu erstellende 3D-Herz-Thoraxmodell wurde das Visible Human Project der amerikanischen National Library of Medicine [3], bei dem ein verstorbener menschlicher Körper eingefroren und ein 3D-Datensatz aus insgesamt 5189 dünnen Schnittbildern erzeugt wurde, verwendet. Hierzu mussten die relevanten Abschnitte des 3D-Datensatzes in das Offenburger Herzrhythmusmodell importiert und modifiziert werden (Abb. 2).

Ergebnisse

Für die Herzschrittmacherstimulation mit dem Micra™ wurde in der CST-Software ein Rechtecksignal mit einer Impulsdauer von 0,24 ms und einer Periodizität von 1000 ms generiert. Die rechtsventrikuläre VVI-Stimulation erfolgte bipolar zwischen distaler Spitzelektrode und proximaler Ringelektrode mit einer Stimulationsamplitude von 2 V. Für die Simulation wurde eine Simulationsschrittweite von 0.05 ms gewählt sowie eine Integrationsmethode höherer Ordnung. Die gemessene Spannung an der Kathode lag bei 2,00 V sowie davon abgehend in distaler Richtung bei 1 mm 0,54 V, 2 mm 0,29 V, 3 mm 0,21 V und 4 mm 0,16 V (Abb. 4).

Schlussfolgerungen

In Kombination von virtuellen 3D-Herzschrittmachermodellen und 3D-Herzrhythmusmodellen sowie der Simulationen von elektrischen Feldern können statische und dynamische Vorhersagen getroffen werden. Mit den gewonnenen Daten können möglicherweise Interferenzen der Herzschrittmachersignale aufgezeigt und so ein fehlerhaftes Wahrnehmen der Herzschrittmachersignale vermieden werden. Des Weiteren können die Daten für eine personalisierte Herzrhythmustherapie in Betracht gezogen werden.

Referenzen/References:

- [1] M. Schalk (2016). Rhythmologisches Herzmodell und Simulation mit CST, Offenburg
- [2] M. Krämer, M. Heinke, R. Echle, J. Hörth: Simulation of Electrical Fields in Cardiac Resynchronization Therapy and Temperature Spread in HF Ablation, Scholarena - SAJ Biotechnology 4:102, ISSN: 2375-6713, December 2017
- [3] VHP-Website, URL: https://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html, Zuletzt aufgerufen am: 23.01.2018

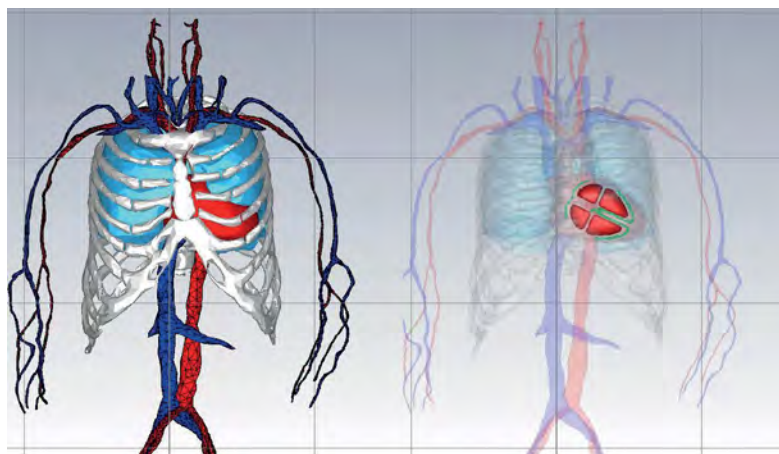


Abb. 2: Offenburger 3D-Herz-Thorax-Modell. Links: Gesamtansicht von außen, rechts: Ansicht auf das Offenburger-Herzrhythmusmodell

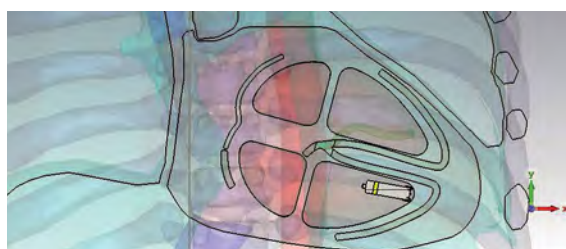


Abb. 3: Position des drahtlosen Herzschrittmachers Micra™ im rechten Ventrikel des Offenburger 3D-Herz-Thorax-Modells

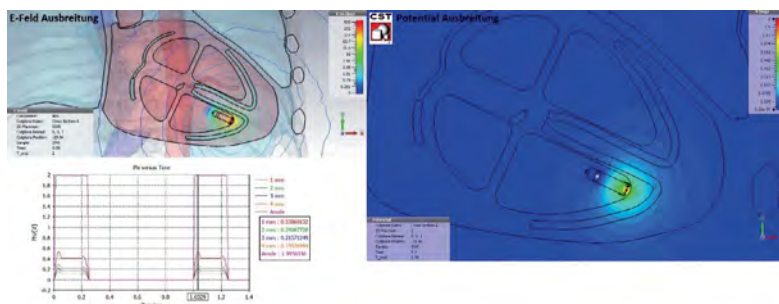


Abb. 4: 2D-Ansicht des E-Feldes (links) und Potenzialfeldausbreitung (rechts) bei rechtsventrikulärer bipolarer Stimulation mit dem drahtlosen Herzschrittmacher Micra™. Links unten: Spannungsmessung während der VVI-Stimulation an der Elektrodenspitze des Micra™ in 1 mm-Abständen in distaler Richtung

AUTOREN



Edgar Benke B.Sc.
Absolvent Medizintechnik Fakultät E+I
edgar_benke@outlook.de



Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke
Praktikantenamtsleiter Medizintechnik und Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik und Rhythmologie
matthias.heinke@hs-offenburg.de



Johannes Hörth, M.Sc.
Akad. Mitarbeiter Fakultät E+I,
Laborassistent Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik und Rhythmologie
johannes.hoerth@hs-offenburg.de

Signalgemittelte Elektrokardiographie und spektrale Herzrhythmusanalyse

Jonas Tumamos M.Sc., Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Johannes Hörth M.Sc.

Die Verwendung von komplexen fraktionierten atrialen Elektrogrammen, die durch automatisierte Computeralgorithmen während der Ablation von persistierendem Vorhofflimmern detektiert werden, hat zu widersprüchlichen Ergebnissen in elektrophysiologischen Studien geführt. Das Ziel der Studie bestand in der Evaluierung atrialer und ventrikulärer hochfrequenter fraktionierter Signale durch signalgemittelte Technik.

The use of complex fractionated atrial electrograms (CFAEs), which are detected by automated computer algorithms during ablation of persistent atrial fibrillation, has led produced conflicting results in previous electrophysiological studies. The aim of the study was to evaluate atrial and ventricular high frequency fractionated electrical signals using signal averaging technique.

Einleitung

Die in diesem Forschungsbericht vorgestellten Methoden und Forschungsergebnisse zur hochaufgelösten, signalgemittelten atrialen und ventrikulären Elektrokardiographie wurden in einem Poster und Publikation auf der BMTMedPhys 2017 Annual Meeting of the German Society of Biomedical Engineering and Joint Conference in Medical Physics, 10. – 13. September 2017 in Dresden vorgestellt und sind Bestandteil dieses Forschungsberichts [1]. Die Erfassung komplexer fraktionierter atrialer Elektrokardiogramme (EKG), die durch automatisierte Computeralgorithmen während der Ablation von persistierendem Vorhofflimmern detektiert werden, hat zu widersprüchlichen Ergebnissen in elektrophysiologischen Studien geführt. Transösophageal fokussierte bipolare linksatriale und linksventrikuläre EKGs können zur Evaluierung von interatrialen, linksatrialen, interventrikulären, linksventrikulären und linksatrialen atrioventrikulären Leitungszeiten bei Patienten mit Herzinsuffizienz und Herzrhythmusstörungen eingesetzt werden [2-4]. Das Ziel der Studie bestand in der Evaluierung atrialer und ventrikulärer hochfrequenter, fraktionierter Signale mit signalgemittelter Technik.

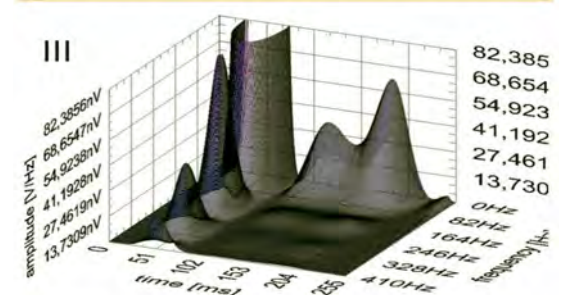
Abb. 1:

Transösophageales bipolares linksatriales und linksventrikuläres EKG Eso3/4 und spektro-temporales Mapping des Oberflächen-EKG III bei einem Patienten mit Vorhofflattern, atrioventrikulärer 2:1 Leitung und Überlagerung von atrialen und ventrikulären Signalen. LA - linksatriales Signal, LV - linksventrikuläres Signal, Eso3 / 4 - transösophageales bipolares EKG, III - Oberflächen-EKG.

Methoden

Die signalgemittelte (Signal Averaging) Elektrokardiographie ist eine hochaufgelöste Elektrokardiographie, die im Mikrovoltbereich liegende Herzsignale durch Reduktion des Stör-signalabstands im EKG sichtbar machen kann. Die zeitliche signalgemittelte Technik wurde mit atrialer oder ventrikulärer automatisierter EKG Triggerung für transthorakale, transösophageale und intrakardiale atriale und ventrikuläre Signale mithilfe einer neuen Auswertesoftware auf der Grundlage von LabVIEW (National Instruments, Austin, Texas, USA) realisiert.

Neben der hochaufgelösten Biosignalanalyse der signalgemittelten EKGs im Zeitbereich erfolgte die hochaufgelöste Biosignalanalyse im Spektralbereich mithilfe von Fast Fourier-Transformation, spektro-temporalen Mapping und Wavelet-Transformation zur hochaufgelösten Biosignalanalyse hochfrequenter atrialer und ventrikulärer Signale (Abbildung 1).



Referenzen/References:

- [1] Tumamos J, Heinke M, Hörth J: Spectral analysis of signal averaging electrocardiography in atrial and ventricular tachyarrhythmias. Abstracts - BMTMedPhys 2017 – Dresden, September 10–13 • DOI 10.1515/bmt-2017-5032, Biomed. Eng.-Biomed. Tech. 2017; 62(s1): P 257, S366
- [2] Heinke M, Ismer B, Kühnert H et al (2011): Transesophageal left ventricular electrogram-recording and temporary pacing to improve patient selection for cardiac resynchronization. Med Biol Eng Comput 49: 851-858
- [3] Heinke M, Surber R, Kühnert H et al (2007): Transesophageal left ventricular posterior wall potential in heart failure patients with biventricular pacing. Biomed. Techn. 52: 173-179
- [4] Heinke M, Kühnert H, Heinke T et al (2016): Left cardiac atrioventricular delay and interventricular delay in cardiac resynchronization therapy responder and non-responder. Current Directions in Biomedical Engineering. 2(1): 247-250

Das spektro-temporale Mapping und die Wavelet-Transformation des signalgemittelten EKGs ermöglichten die Evaluierung hochfrequenter, niederamplitudiger fraktionierter atrialer Signale bei Patienten mit Vorhofflimmern und hochfrequenter, niederamplitudiger ventrikulärer Signalen bei Patienten mit ventrikulärer Tachykardie.

Die Biosignalanalyse fraktionierter atrialer Signale erfolgte am Ende der P-Welle und die Biosignalanalyse fraktionierter ventrikulärer Signale erfolgte am Ende des QRS-Komplexes. Es wurde ein Vorhofflattern im Zeitbereich mit einer 2:1 atrioventrikulärer Überleitung mit $212,0 \pm 4,1$ ms atriale Periodendauer, $426,0 \pm 8,2$ ms ventrikuläre Periodendauer, $58,2 \pm 1,8$ ms P-Wellendauer, $119,6 \pm 6,4$ ms PQ-Dauer, $103,0 \pm 2,4$ ms QRS-Dauer, $296,4 \pm 6,8$ ms QT-Dauer, $42,3 \pm 2,7$ ms linksatriale Verzögerung, $9,1 \pm 3,6$ ms interatriale Verzögerung, $61,0 \pm 3,8$ ms linksventrikuläre Verzögerung, $12,4 \pm 4,7$ ms interventrikuläre Verzögerung und $130,2 \pm 7,3$ ms linkskardiale atrioventrikuläre Verzögerung analysiert (Abb. 2).

Die Spektralanalyse hochfrequenter, fraktionierter Signale erfolgte bei Vorhofflattern mit 2:1 atrioventrikulärer Überleitung mit spektro-temporalem Mapping und Wavelet-Transformation (Abb. 3). Die Kombination von Biosignalanalyse im Zeit- und Spektralbereich ermöglichte die Auswertung von hochfrequenten, niederamplitudigen, fraktionierten Signalen während vorzeitiger ventrikulärer Extrasystolen (Abb. 4) und während vorzeitiger supraventrikulärer Extrasystolen (Abb. 5).

Schlussfolgerungen

Die neue LabVIEW Auswertesoftware ermöglicht die hochaufgelöste signalgemittelte Elektrokardiographie im Zeit- und Spektralbereich zur Erkennung atrialer und ventrikulärer hochfrequenter Signale bei Patienten mit Vorhofflattern und ventrikulärer Tachykardie. Die genaue Erkennung komplexer fraktionierter atriale Elektrogramme könnte möglicherweise die Ablation von Vorhofflattern verbessern.

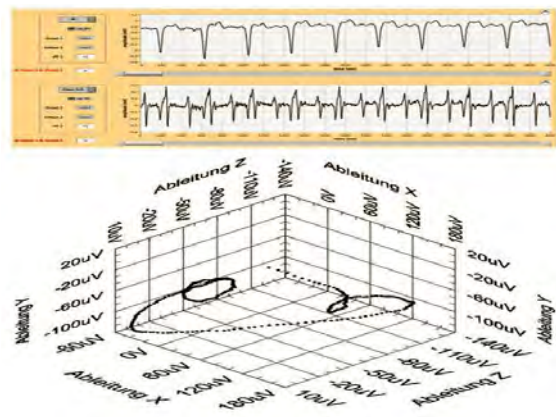


Abb. 2: Vorhofflattern mit 2:1 AV-Leitung, Oberflächen-EKG III, transösophageale bipolare linksatriale u. linksventrikuläre EKG-Ableitung Eso3/4, Vektorschleife des Vektor-EKG und Superposition von atrialen und ventrikulären Signalen. Eso3/4 - transösophageales bipolares EKG, III - Oberflächen-EKG

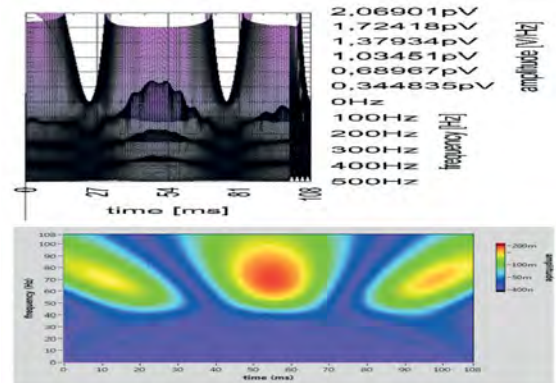




Abb. 3: Spektralanalyse von Vorhofflattern mit 2:1 atrioventrikulärer Leitung mit spektro-temporalem Mapping und Wavelet-Transformation


AUTOREN



Jonas Tumamos M.Sc.
Absolvent Medizintechnik Fakultät E+I
jonas.tumamos@yahoo.de



Prof. Dr.-Ing. med. habil.
Matthias Heinke
Praktikantenamtsleiter Medizintechnik und
Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik
und Rhythmologie
matthias.heinke@hs-offenburg.de



Johannes Hörth, M.Sc.
Akad. Mitarbeiter Fakultät E+I,
Laborassistent Labor Kardiovaskuläre
Gerätetechnik und Rhythmologie
johannes.hoerth@hs-offenburg.de

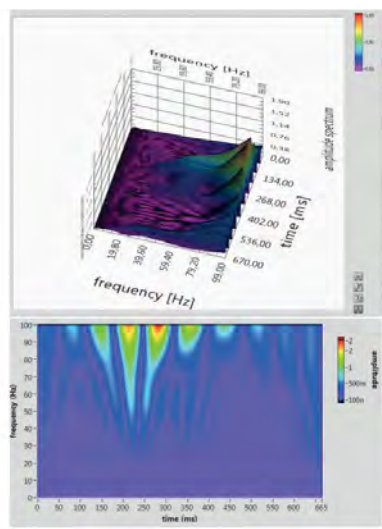


Abb. 4: Spektralanalyse einer vorzeitigen ventrikulären Extrasystole mit Wavelet-Transformation

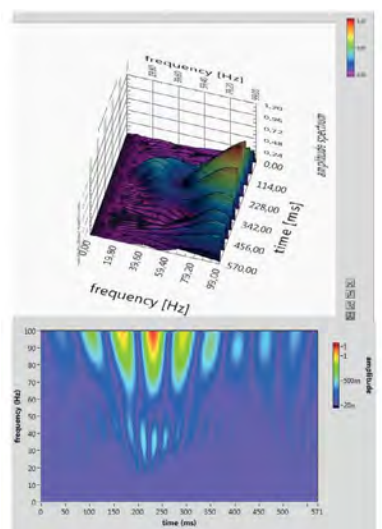


Abb. 5: Spektralanalyse einer vorzeitigen atrialen Extrasystolen mit Wavelet-Transformation

Hochdynamische Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung für einen Dreipunktwechselrichter

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

Im Beitrag wird skizziert, wie die Zwischenkreisspannungsdifferenz bei einem Dreipunktwechselrichter in hochdynamischer Weise geregelt werden kann. Die beschriebene Methodik beruht auf einem nichtlinearen Streckenmodell, dem durch ein nichtlineares Regelgesetz ein stabilisierendes Einschwingverhalten aufgeprägt wird. Bei einem Projekt mit einem Kooperationspartner der Hochschule Offenburg wird das Verfahren erfolgreich eingesetzt.

The article outlines how the DC-link voltage difference in a three-level inverter can be controlled in a highly dynamic manner. The described methodology is based on a nonlinear system model, which leads to a stabilizing transient response using a nonlinear control law. The procedure is successfully used in a project which is carried out with a cooperation partner of Offenburg University of Applied Sciences.

Einführende Übersicht

Sowohl in der elektrischen Antriebstechnik als auch bei der Einspeisung von regenerativ erzeugtem dreiphasigem Strom ins Netz werden üblicherweise Wechselrichter in Drehstrombrückenschaltung – auch Zweipunktwechselrichter genannt – eingesetzt. Die in ihnen verwendeten Leistungstransistoren arbeiten zur Verlustleistungsminimierung ausschließlich im Schaltbetrieb, weshalb die in die Maschine bzw. ins Netz eingepprägten Ströme Oberschwingungen enthalten. Sollen diese bei einer Applikation besonders gering sein, bietet sich der Einsatz eines Wechselrichters in erweiterter Drehstrombrückenschaltung, ein sogenannter Dreipunktwechselrichter, an [1, 2]. Sein Prinzipschaltbild ist in Abbildung 1 für die Anwendung in einem Drehstromantrieb dargestellt.

Gegenüber einem Zweipunktwechselrichter hat der Dreipunktwechselrichter zusätzliche Leistungshalbleiterbauelemente, damit pro Phase jeweils drei unterschiedliche Spannungswerte – anstatt zwei wie beim Zweipunktwechselrichter – an einen Maschinen- oder Netzstrang geschaltet werden können. Durch diese größere Spannungsauswahl lässt sich in Verbindung mit einer geeigneten Strategie zur Festlegung der Ein- und Ausschaltzeitpunkte ein überschwingungsreduzierter Betrieb des Dreipunktwechselrichters erreichen.

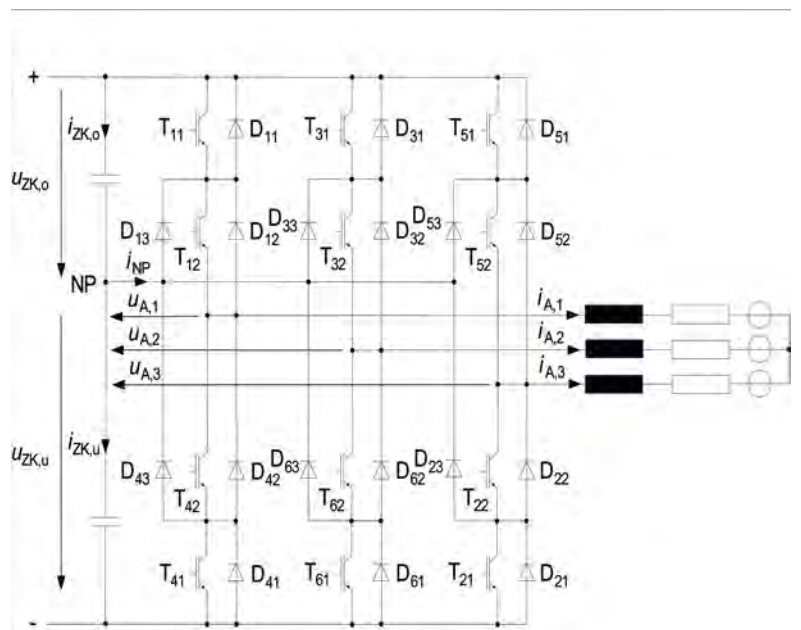


Abb. 1:
Prinzipschaltbild eines Dreipunktwechselrichters für den Betrieb einer Drehstrommaschine

Deutlich aufwendiger als beim Zweipunktwechselrichter ist beim Dreipunktwechselrichter die Stabilisierung des Potentials des Neutralpunkts (NP; siehe Abbildung 1). Während beim Zweipunktwechselrichter keine Verbindung zwischen ihm und einer Lastphase existiert und demzufolge keine lastabhängigen Ladungsverschiebungen zwischen den beiden Kondensatoren, den sogenannten Zwischenkreiskondensatoren, erfolgen können, ist das beim Dreipunktwechselrichter der Fall. Das Potential des Neutralpunkts muss deshalb stabilisiert bzw. die Differenz der Spannungen $u_{ZK,o}$ und $u_{ZK,u}$ an den Zwischenkreiskondensatoren ausgeglichen bzw. geregelt werden. Diese Aufgabe wurde von einem Kooperationspartner der Hochschule Offenburg an das Labor für elektrische Antriebe und Leistungselektronik herangetragen, wo eine Lösung hierfür erarbeitet wurde. Sie versetzt den Kooperationspartner, für den bereits eine Ansteuerplatine für den feldorientierten Betrieb von permanentmagneterregten Synchron- und Asynchronmaschinen entwickelt wurde [3], nun in die Lage, für Sonderapplikationen auch Dreipunktwechselrichter einzusetzen. Die mit der entwickelten Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung erzielbaren Ergebnisse sowie die ihnen zugrunde liegende Idee werden nachfolgend skizziert.

Modellbildung

Der Ausgangspunkt für die implementierte Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung ist ein adäquates Regelstreckenmodell. Man erhält es durch die Analyse von denjenigen Zeitabschnitten, in denen Strom aus dem Neutralpunkt NP in die Last abfließt oder von der Last dem Neutralpunkt zufließt. Möglich ist das, wenn die Leistungstransistoren T_{12} und T_{42}, T_{32} und T_{62} oder T_{52} und T_{22} gleichzeitig eingeschaltet sind. Bei einem positiven Strom i_{NP} vom Neutralpunkt zur Last erfolgt dann der Stromfluss über die Diode D_{13} und den Transistor T_{12} bzw. über D_{33} und T_{32} oder D_{53} und T_{52} , während ein negativer Strom i_{NP} über T_{42} und D_{43} bzw. über T_{62} und D_{63} oder über T_{22} und D_{23} fließt. Werden für diesen Zeitabschnitt die Lade- und Entladevorgänge an den beiden Zwischenkreiskondensatoren, die jeweils die Kapazität $2C_{ZK}$ aufweisen, durch Differentialgleichungen modelliert, dann erhält man mit $i_{ZK,o}$ und $i_{ZK,u}$ für den Strom in den oberen bzw. unteren Zwischenkreiskondensator das Resultat

$$\dot{i}_{ZK,o} = \frac{1}{2 C_{ZK}} \cdot i_{ZK,o}, \quad (1a)$$

$$\dot{i}_{ZK,u} = \frac{1}{2 C_{ZK}} \cdot i_{ZK,u}, \quad (1b)$$

was wegen

$$i_{ZK,o} - i_{ZK,u} = i_{NP} \quad (2)$$

und

$$\Delta u_{ZK} = u_{ZK,o} - u_{ZK,u} \quad (3)$$

auf

$$\Delta \dot{u}_{ZK} = \frac{1}{2 C_{ZK}} \cdot i_{NP} \quad (4)$$

führt. Die Differenz der beiden Zwischenkreisspannungen ändert sich somit genau dann, wenn Strom über mindestens eine der Dioden $D_{13}, D_{23}, \dots, D_{63}$ fließt (siehe auch [4, 5]). Pro Schaltintervall mit der Länge T_{PWM} , in dem beim hier vorausgesetzten pulsbreitenmodulierten Betrieb alle im Eingriff befindlichen Leistungstransistoren zyklisch einmal ein- und wieder ausgeschaltet werden, ändert sich demnach die Zwischenkreisspannungsdifferenz vom Wert $\Delta u_{ZK,k}$ zu Beginn des Schaltintervalls $kT_{PWM} \leq t \leq (k+1)T_{PWM}$ ($k \in \mathbb{N}_0$) auf den Wert $\Delta u_{ZK,k+1}$ am Schaltintervallende nach der Differenzgleichung

$$\Delta u_{ZK,k+1} = \Delta u_{ZK,k} + \frac{T_{PWM}}{2 C_{ZK}} \cdot \bar{i}_{NP,k}, \quad (5)$$

wobei $\bar{i}_{NP,k}$ den auf das Schaltintervall bezogenen Mittelwert des Stroms i_{NP} bezeichnet. Darüber hinaus lässt sich die Zeitspanne $\Delta t_{i,k}$, während der Strom im Schaltintervall $kT_{PWM} \leq t \leq (k+1)T_{PWM}$ über die betreffenden Pfade zur Phase i fließt ($i = 1, 2, 3$), über die Beziehung

$$t_{i,k} = T_{PWM} \cdot \left(1 - \frac{|u_{St,i,k}|}{\begin{cases} u_{ZK,o} & \text{für } u_{St,i,k} > 0 \\ u_{ZK,u} & \text{für } u_{St,i,k} < 0 \end{cases}} \right) \quad (6)$$

ermitteln. Darin ist $u_{St,i}$ die sogenannte Steuerspannung, die als gewünschter Mittelwert der auf die Last einwirkenden Phasenspannung $u_{A,i}$ – bezogen auf NP – interpretiert werden kann und die vom Stromregler als Steuersignal vorgegeben wird. Zur einfacheren Darstellung wird hierbei angenommen, dass jede Steuerspannung einmal pro Schaltperiode zu deren Anfang neu vorgegeben und während des Schaltintervalls konstant gehalten wird. Im Fall eines hinreichend leistungsfähigen Mikroprozessors, auf dem die Regelung implementiert ist, lassen sich die Steuerspannungen zusätzlich auch in der Schaltintervallmitte vorgeben.

Referenzen/References:

- [1] Schröder, D.: Leistungselektronische Schaltungen. 3. Aufl., Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2012
- [2] Specovius, J.: Grundkurs Leistungselektronik. 8. Aufl. Wiesbaden, Springer Vieweg Verlag, 2017
- [3] Huber, A.: Hochdynamische Servoregelung für industrielle Frequenzumrichter. In forschung im fokus, IAF HSO, 2014
- [4] Celanovic, N. und Boroyevich, D.: A Comprehensive Study of Neutral-Point Voltage Balancing Problem in Three-Level Neutral-Point-Clamped Voltage Source PWM Inverters. In IEEE Transactions on Power Electronics 15 (2000), S. 242 - 249
- [5] Newton, C. und Sumner, M.: Neutral Point Control for Multi-Level Inverters: theory, design and operational limits. In Conference Record of the IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, 1997, S. 1336 - 1343
- [6] Nuß, U.: Hochdynamische Regelung elektrischer Antriebe. 2. Auflage. Berlin, Offenbach, VDE Verlag, 2017

Für den gemittelten Neutralpunktstrom folgt aus den obigen Erläuterungen sowie unter der Annahme, dass die Lastströme innerhalb eines Schaltintervalls näherungsweise konstant sind und dass ein etwaiger Maschinensternpunkt nicht angeschlossen ist, das Ergebnis

$$\bar{i}_{NP,k} = - \sum_{i=1}^3 \frac{|u_{St,i,k}|}{\begin{cases} u_{ZK,o} & \text{für } u_{St,i,k} > 0 \\ u_{ZK,u} & \text{für } u_{St,i,k} < 0 \end{cases}} \cdot i_{A,i,k} \quad (7)$$

Die Steuerspannungen sind allerdings nur bis auf einen additiven Anteil festgelegt, der für alle drei Steuerspannungen identisch ist und als Steuerspannungsnullkomponente $u_{St,0}$ bezeichnet wird. Sie kann bei jeder Steuerspannungsvorgabe neu berechnet und dazu verwendet werden, die Steuerspannungen so abzuändern, dass sich eine vorhandene Zwischenkreisspannungsdifferenz Δu_{ZK} abbaut. Insgesamt erhält man durch diese Überlegungen die Differenzgleichung

$$\Delta u_{ZK,k+1} = \Delta u_{ZK,k} - \frac{T_{PWM}}{2 C_{ZK}} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{|u_{St,i,k} + u_{St,0,k}|}{\begin{cases} u_{ZK,o} & \text{für } u_{St,i,k} > 0 \\ u_{ZK,u} & \text{für } u_{St,i,k} < 0 \end{cases}} \cdot i_{A,i,k} \quad (8)$$

für die Zwischenkreisspannungsdifferenz. Jedoch ist zu beachten, dass die Steuerspannungen parallel zur Verwendung als Stellgröße für die Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung noch zur Aussteuerbereichserweiterung herangezogen werden. Dort wird die Steuerspannungsnullkomponente typischerweise so vorgegeben, dass die resultierenden Phasensteuerspannungen möglichst kleine Beträge aufweisen und dadurch möglichst spät an ihre Begrenzungen stoßen [6]. Die so ermittelte Steuerspannungsnullkomponente soll nachfolgend als in $u_{St,i,k}$ bereits enthalten angenommen werden. Die Größe $u_{St,0,k}$ in Gl. (8) kennzeichnet dann ausschließlich diejenige Modifikation der Steuerspannungsnullkomponente, die durch den Zwischenkreisspannungsausgleichsregler verursacht wird.

Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung

Begrenzt man $u_{St,0,k}$ auf Werte, die zu keiner Vorzeichenänderung von $u_{St,i,k} + u_{St,0,k}$ in Gl. (8) führen, dann lässt sich Gl. (8) in der für die Weiterbearbeitung günstigeren Form

$$\begin{aligned} \Delta u_{ZK,k+1} &= \Delta u_{ZK,k} - \frac{T_{PWM}}{2 C_{ZK}} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{|u_{St,i,k}| + u_{St,0,k} \cdot \text{sign}(u_{St,i,k})}{\begin{cases} u_{ZK,o} & \text{für } u_{St,i,k} > 0 \\ u_{ZK,u} & \text{für } u_{St,i,k} < 0 \end{cases}} \cdot i_{A,i,k} \\ &= \Delta u_{ZK,k} - \frac{T_{PWM}}{2 C_{ZK}} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{i_{A,i,k} \cdot |u_{St,i,k}|}{\begin{cases} u_{ZK,o} & \text{für } u_{St,i,k} > 0 \\ u_{ZK,u} & \text{für } u_{St,i,k} < 0 \end{cases}} - u_{St,0,k} \cdot \frac{T_{PWM}}{2 C_{ZK}} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{i_{A,i,k} \cdot \text{sign}(u_{St,i,k})}{\begin{cases} u_{ZK,o} & \text{für } u_{St,i,k} > 0 \\ u_{ZK,u} & \text{für } u_{St,i,k} < 0 \end{cases}} \end{aligned} \quad (9)$$

darstellen. Sie ist nun die Grundlage für die Entwicklung eines Regelalgorithmus, der sicherstellt, dass ungleichförmige Aufteilungen der Zwischenkreisteilspannungen $u_{ZK,o}$ und $u_{ZK,u}$ möglichst schnell ausgeregelt werden. Hierbei lässt sich der erste Summenausdruck in Gl. (9) als ein auf die Regelstrecke einwirkender Störterm interpretieren, während der zweite Summenausdruck als eingangslinere Nichtlinearität im Steuerpfad mit der Stellgröße $u_{St,0,k}$ anzusehen ist. Um nun stets dafür zu sorgen, dass die Stellgröße so wirkt, dass $|\Delta u_{ZK}|$ – abgesehen vom Einfluss des Störterms – fortwährend abnimmt, kann $u_{St,0,k}$ proportional zum Produkt aus der Differenz des Sollwerts $\Delta u_{ZK,w}$ und des Istwerts Δu_{ZK} der Zwischenkreisspannungsdifferenz sowie dem Vorzeichen des negierten zweiten Summenausdrucks bei zugleich positiver Proportionalkonstante gewählt werden. Für das Regelgesetz folgt so beispielsweise die noch um eine geeignete Begrenzung zu erweiternde Darstellungsform

$$u_{St,0,k} = K_{P,\Delta ZK} \cdot (\Delta u_{ZK,w} - \Delta u_{ZK}) \cdot \left(- \text{sign} \left(\sum_{i=1}^3 \frac{i_{A,i,k} \cdot \text{sign}(u_{St,i,k})}{\begin{cases} u_{ZK,o} & \text{für } u_{St,i,k} > 0 \\ u_{ZK,u} & \text{für } u_{St,i,k} < 0 \end{cases}} \right) \right) \quad (10)$$

Darin kann $K_{P,\Delta ZK}$ wie eine Proportionalverstärkung eines Zwischenkreisspannungsausgleichsreglers interpretiert werden. Zu beachten ist hierbei, dass es für die Arbeitsfähigkeit des Zwischenkreisspannungsausgleichsreglers erforderlich ist, dass ein bestimmter Mindestlaststrom fließt und dass die im Zähler des Summenausdrucks in Gl. (10) stehende Summe nicht anderweitig dauerhaft null wird. Beide Bedingungen sind durch entsprechende Maßnahmen erfüllbar.

Messergebnisse

Zur Demonstration der Leistungsfähigkeit des oben beschriebenen Zwischenkreisspannungsausgleichsreglers wurde beim zu Testzwecken aufgebauten Dreipunktwechselrichter (siehe Abbildung 2), der eine Asynchronkäfigläufermaschine speist, für den Sollwert $\Delta u_{ZK,w}$ des Zwischenkreisspannungsausgleichsreglers der konstante Sollwert -100 V vorgegeben. Bei einer Gesamtzwischenkreisspannung von 400 V führt das bei korrekt arbeitender Regelung zu $u_{ZK,o} = 100$ V und $u_{ZK,u} = 300$ V. Eine derart unsymmetrische Aufteilung der gesamten Zwischenkreisspannung sollte im Normalbetrieb zwar vermieden werden. Im hier dokumentierten Test wird damit jedoch gezeigt, dass die entworfene Regelung selbst derart schwierige Situationen beherrscht. Zum Nachweis hierfür dienen die in Abbildung 3 dargestellten Verläufe der Wechselrichterausgangsspannung $u_{A,1}$ (gelbe Kurve), der zugehörigen Steuerspannung $u_{St,1}$ (inklusive Steuerspannungsnullkomponente) (blaue Kurve) sowie $u_{St,0}$ (rote Kurve) selbst. Die Aufteilung der Zwischenkreisspannung auf $u_{ZK,o}$ und $u_{ZK,u}$ ist dabei am Zeitverlauf von $u_{A,1}$ deutlich zu erkennen: Die Spannungspulse verlaufen entweder von der Nulllinie (Ground-Symbol, NP) zu einem einheitlichen oberen oder unteren Wert. Der Abstand zwischen Gound und diesen Werten entspricht gerade der Spannung $u_{ZK,o}$ bzw. $u_{ZK,u}$. Aus den vorliegenden Zeitverläufen sowie aus weiteren Untersuchungen geht hervor, dass die an die Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung gestellten Anforderungen umfassend erfüllt werden konnten.

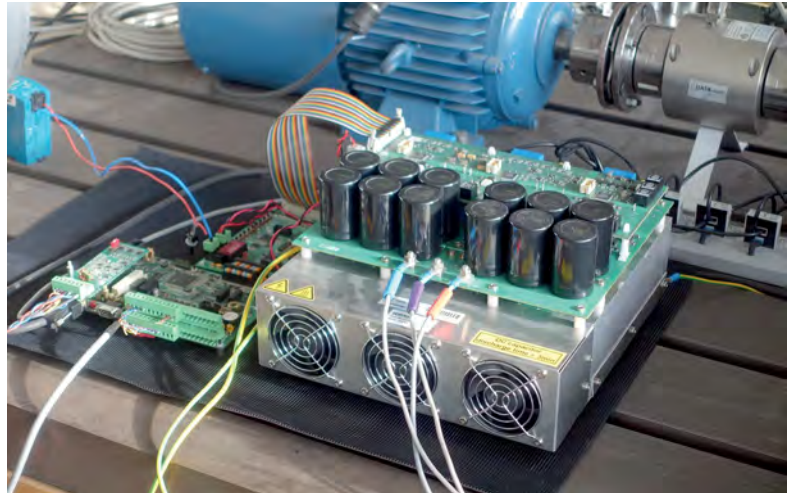


Abb. 2: Testaufbau des Dreipunktwechselrichters, dessen Leistungsteil für einen Maximalstrom von 100 A ausgelegt ist

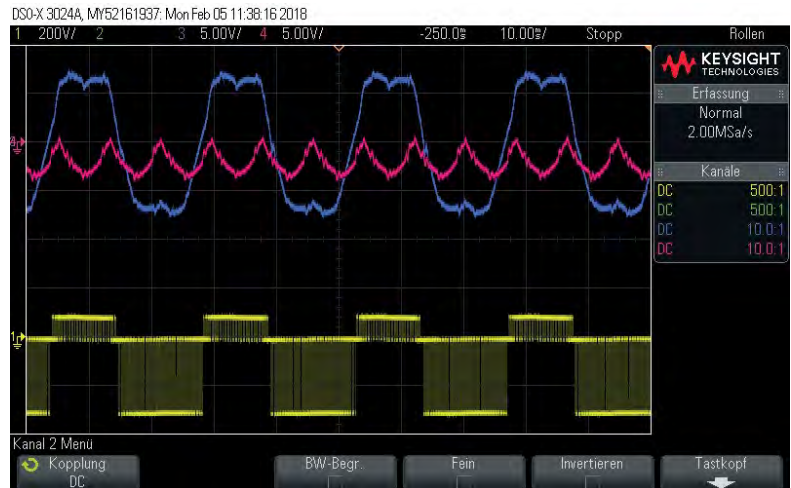


Abb. 3: Verlauf relevanter Größen beim Dreipunktwechselrichter bei unsymmetrisch vorgegebenen Zwischenkreisteilspannungssollwerten und aktiver Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung (blau: $u_{St,1}$, rot: $u_{St,0}$, gelb: $u_{A,1}$)

AUTOREN

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

Jens Lottermoser
Studierender im Master-Studiengang Elektrotechnik/Informationstechnik (EIM),
jlotterm@stud.hs-offenburg.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß
Dekan Fakultät E+I, Leiter Labor Elektr. Antriebe u. Leistungselektronik, Mitglied IAF
Lehrgebiete: Elektr. Antriebstechnik, Leistungselektronik, Regelungstechnik
uwe.nuss@hs-offenburg.de

Zusammenfassung und Ausblick

Im Beitrag wurden die Grundzüge einer Zwischenkreisspannungsausgleichsregelung für einen Dreipunktwechselrichter erläutert, die im Labor für elektrische Antriebe und Leistungselektronik entwickelt wurde. Das Ziel, die Spannungen an den Zwischenkreiskondensatoren schnell und zielgerichtet zu symmetrieren, wurde für einen weiten Betriebsbereich erreicht. Zukünftige Arbeiten werden sich damit beschäftigen, ob und ggf. wie die noch vorhandenen Einschränkungen bei der Wahl der Steuerspannungsnullkomponente weiter reduziert werden können.

Rekonstruktion der ersten „eisernen Hand“ des Götz von Berlichingen

Prof. Dr. med. Andreas Otte, Oliver Weinert B.Sc., Prof. Dr.-Ing. Stefan Junk

Wir haben die erste „Eiserne Hand“ des Götz von Berlichingen mit 3D-Computer-Aided Design rekonstruiert und über einen Multimaterial-3D-Drucker ausgedruckt. Dabei ließ sich feststellen, dass die 500 Jahre alte Technik keinesfalls veraltet ist: Das Innenleben der „Eisernen Hand“ ist ausgefeilter als bisher angenommen. Sie könnte sogar spannende Impulse für die Entwicklung neuer künstlicher Handprothesen liefern.

We have reconstructed the first „iron hand“ of Götz von Berlichingen using 3D-computer-aided design and printed it with a multi-material 3D printer. It was found that the 500-year-old technology is by no means outdated: The mechanics in the inner of the „iron hand“ is more sophisticated than previously thought. It could even provide exciting stimuli for the development of new artificial hand prostheses.



Abb. 1:
Replikat der ersten Kunsthand des Götz von Berlichingen

Die beiden eisernen Kunsthände des fränkischen Reichsritters Götz von Berlichingen (1480–1562) sind die wohl bekanntesten Beispiele historischer Handprothesen der beginnenden Neuzeit. Wir haben die erste (ältere) „Eiserne Hand“ des Götz von Berlichingen nun erstmalig mithilfe von dreidimensionalem Computer-Aided-Design (3D-CAD) rekonstruiert [1].

Obwohl die erste „eiserne Hand“ fast genauso bekannt ist wie die jüngere zweite Hand, wurde deren Funktion nie systematisch überprüft. Der mithilfe eines 3D-Multimaterial-Druckers (Stratasys J750) gefertigte Nachbau aus Kunststoff wiegt 175 Gramm und ist damit im Vergleich zu dem eisernen Original aus dem 16. Jahrhundert, das 600 Gramm auf die Waage bringt, deutlich leichter (Abb. 1) [2].

Am meisten überrascht, dass die Prothese bei vielen Aufgaben des täglichen Lebens eine erstaunliche mechanische Hilfe ist. Frühere Untersuchungen gingen davon aus, dass die ältere Götzhand im Alltag wenig brauchbar gewesen sei. Wir konnten nun zeigen, dass die Hand durchaus bemerkenswert funktional ist. Man kann damit gut Gegenstände – wie z. B. ein Smartphone oder ein Weinglas – halten und sogar schreiben [2].

Im Inneren der Originalhand verbirgt sich ein für die damalige Zeit ausgeklügelter, komplexer Mechanismus mit Blattfedern und Sperrklinken, der aber einfach zu bedienen ist: Ein künstlicher Daumen und jeweils zwei benachbarte Finger lassen sich in ihren Grundgelenken bewegen und arretieren (Abb. 2).

Da es sich bei der „Eisernen Hand“ um eine passive Prothese handelt, ist immer auch eine gesunde Hand nötig, um diese zu bedienen. Dennoch ist es überraschend, dass man einen Großteil der Dinge des täglichen Lebens bereits mit so einer einfachen mechanischen Hand bewerkstelligen kann. Man kann sich sehr wohl vorstellen, dass man mit solch einer Prothese im Alltag nach einer kurzen Eingewöhnungszeit gut zurechtkommt.

Natürlich ist der aktuelle Entwicklungsstand in der Medizintechnik mit ihren modernen Prothesen vorangeschritten. Aber intelligente sensomotorische High-End-Neuroprothesen sind kostspielig, meist invasiv und oft an Laborbedingungen geknüpft. Auf Basis unseres Modells könnte eine analoge Low-Tech-Prothese hergestellt werden, die zu niedrigen Kosten ganz einfach und überall ausgedruckt werden und das tägliche Leben durchaus verbessern könnte [3].

Die Götz-Prothese zeigt einmal mehr, dass der Blick in die Historik durchaus lohnen kann.

Referenzen/References:

- [1] Weinert O, Otte A. 3-D-CAD-Rekonstruktion der ersten „Eisernen Hand“ des Reichsritters Gottfried von Berlichingen (1480–1562). [3D-CAD reconstruction of the first “Iron Hand” of German knight Gottfried von Berlichingen (1480–1562)]. Arch Kriminol 2017; 240 (1+2): 50-58
- [2] Otte A, Weinert O, Junk S. 3-D-CAD-Rekonstruktion der ersten „Eisernen Hand“ des Reichsritters Gottfried von Berlichingen (1480–1562): 1. Fortsetzung: Funktionsprüfung mittels 3-D-Druck. [3D-CAD reconstruction of the first “Iron Hand” of German knight Gottfried von Berlichingen (1480–1562) – continuation I: function test by means of 3D-printing]. Arch Kriminol 2017; 240 (5+6): 185-192
- [3] Otte A, Weinert O, Junk S. 3D-multimaterial printing–Knight Götz von Berlichingen’s trendsetting “iron hand”. Science 2017: e-letter: <http://science.sciencemag.org/content/353/6307/aaf2093/tab-e-letters> [published online: 2 Dec 2017]

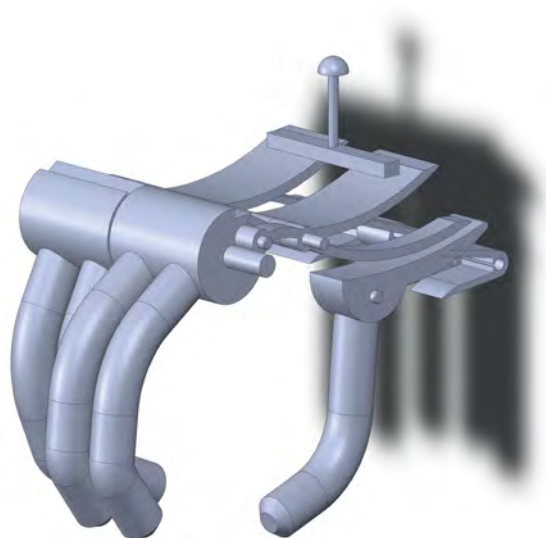


Abb. 2:
3D-CAD-Rekonstruktion der Hand nach Entfernung des Chassis mit Einblick in die Mechanik

AUTOREN



Prof. Dr. med. Andreas Otte
Facharzt für Nuklearmedizin
Fakultät E+I, Labor NeuroScience
andreas.otte@hs-offenburg.de



Oliver Weinert B.Sc.
Fakultät E+I, Labor NeuroScience (MTM)
oweinert@stud.hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Stefan Junk
Fakultät B+W, Labor Rapid Prototyping,
Rapid Tooling und Reverse Engineering
stefan.junk@hs-offenburg.de

MEDIEN UND INFORMATIONSWESSEN

Interdisziplinarität und inhaltliche Vielfalt sind die prägenden Elemente in Lehre und Forschung der Fakultät Medien und Informationswesen. Die gemeinsame Klammer über alle Arbeitsgebiete kann mit dem Begriff Medien beschrieben werden – Medien aller Art werden konzipiert, produziert, implementiert oder analysiert.

Bei den Drittmittelprojekten fand im Jahr 2017 eine Diversifizierung hin zu nahezu allen vertretenen Mediendisziplinen statt. Neben mehreren schon länger laufenden Projekten im Bereich der IT-Sicherheit sind zwei Projekte aus dem Umfeld erweiterter Benutzerschnittstellen zu nennen, nämlich KoBeLu (Kontextbewusste LernUmgebung für die Aus- und Weiterbildung) und incluMOVE, in dessen Rahmen eine kontextbewusste Lern- und Arbeitsumgebung realisiert wird, die leistungsgeminderten Menschen den Zugang zum allgemeinen Arbeitsmarkt ermöglicht. Erwähnenswert sind im Zusammenhang von Benutzerschnittstellen auch kleinere Industrieprojekte im Bereich des Eye-Tracking. Gegen Jahresende kam aus dem Bereich der Gestaltung das Projekt „IPOCI – Zur Sinnlichkeit des Hörens mit dem Cochlear Implantat“ hinzu und aus der Informatik „ML2 – Menschen Lernen Maschinelles Lernen“, das durch ein Projektteam aus drei Fakultäten vorangetrieben wird.

Mit der Vielfalt bei den Forschungsprojekten geht eine entsprechende Bandbreite auch bei den Veröffentlichungen einher, wobei hier trotzdem das Medienmanagement einen erkennbaren Schwerpunkt darstellt. Erwähnenswert ist darüber hinaus, dass nahezu das gesamte Kollegium gemeinsam einen Sammelband aufgelegt hat, in dem das Thema Autonomie aus den unterschiedlichen Medien-Perspektiven beleuchtet wird.

Ausstellungen und künstlerische Performances repräsentieren das dritte Standbein der Fakultät, das zur Forschung gezählt wird. Aus der Vielzahl der Termine sei stellvertretend die Ausstellung „Der Nachtkrapp“ im Museum für aktuelle Kunst, Durbach, genannt, bei der junge Künstler aus der christlich-westlichen und der arabisch-muslimischen Welt ihre aktuellen und latenten Ängste angesichts politischer Veränderungen und globaler Unsicherheit visualisierten.

Exemplare Auszüge der Forschungsarbeiten in M+I werden in den folgenden Beiträgen vorgestellt.

Dekan Prof. Dr. rer. pol. Volker Sängler



Die Relevanz von Fakten im Social-Media-Zeitalter

Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer

Das veränderte Mediennutzungs- und Informationsverhalten führt bei dem komplexen Prozess der Meinungsbildung zu Störungen und Anfälligkeiten aufgrund einer mangelhaften Informationsbasis. Die postfaktischen Haltungen verschärften diese Krise der faktenbasierten Entscheidung, sodass es noch wichtiger ist, dass faktenbezogene Institutionen wie Einrichtungen der Wissenschaft und Forschung für eine verlässliche Basis sorgen.

The habitual usage of information and media changed and leads to complications in the process of judgement and formation of opinions. The „post-truth“-attitudes weaken fact-oriented decisions. This is the reason why it is more and more important, that institutions in the field of science and research provide facts as a reliable basis for decisions.

Mit einer Analyse auf Basis von Studien und Primärerhebungen lässt sich zeigen, dass die veränderten Informations- und Mediennutzungsgewohnheiten seit der Jahrtausendwende auch Folgen für die Informiertheit, die politische Willensbildung und damit für die Meinungsbildung bei zahlreichen Entscheidungssituationen haben [1]. Wenn es um unterschiedliche Gründe für Mediennutzung geht, dann sind in den Dimensionen „Information“, „mitreden können“, „Denkanstöße bekommen“ bei jüngeren Zielgruppen die digitalen Kanäle führend, wobei die Social-Media-Plattformen von besonderem Interesse sind, da deren Einfluss auf die Meinungsbildung bereits bei der Nutzung als Informationskanal beginnt. Der amerikanische Journalist und Medienanalytiker Jeff Jarvis beschrieb einmal das Prinzip der Information durch soziale Medien wie folgt: „Wenn die Nachricht wichtig ist, wird sie mich schon erreichen.“[2]

Die Filterblase sozialer Medien

Die Selbsteinschätzung, dass Nachrichten und Informationen, wenn sie wichtig sind, irgendwie schon den Adressaten erreichen, setzt ein unbegrenztes Vertrauen in Algorithmen voraus, das durch ein Unverständnis des Prinzips des Nachrichtenwerts ergänzt wird. Die in den unterschiedlichen Diensten hinterlegten Präferenzen und Filtermechanismen führen zu einer Abschottung (Abb. 1). Letztlich werden Nutzer dadurch nur noch nach den eigenen Präferenzen, die bei den unterschiedlichen Diensten hinterlegt sind oder ermittelt werden, mit Informationen versorgt. Diese thematische Verengung des eigenen Blickwinkels durch die Nutzung sozialer Medien wird im Modell des Algorithmic Funnel [3] beschrieben, einem Thementrichter, der immer enger und spezifischer wird.

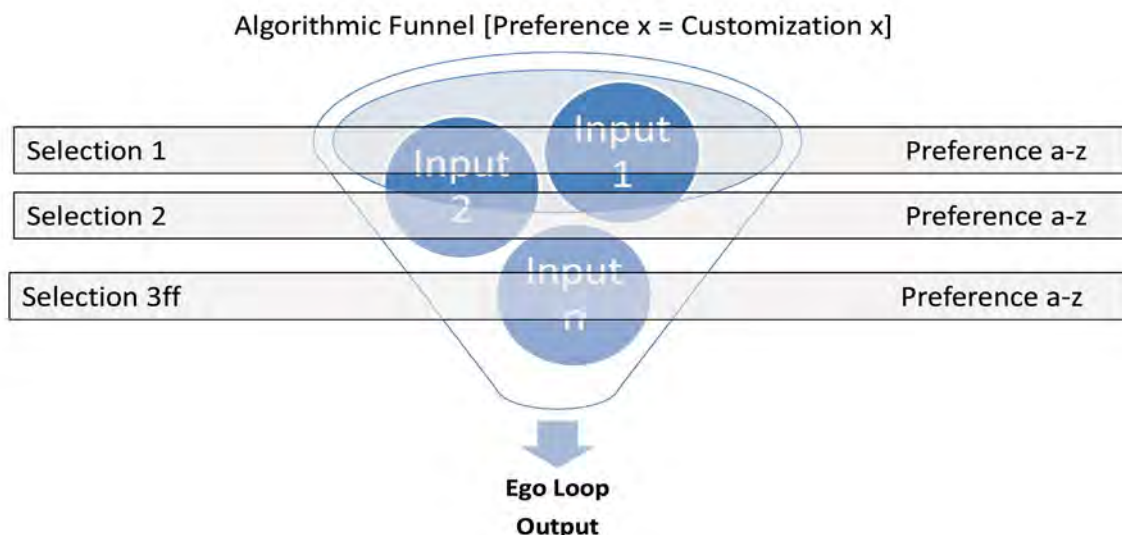


Abb. 1:
Themen- und Blickwinkelverengung durch den „Algorithmic Funnel“, Erweiterung von [3, S. 36]

Die Suche nach Konsistenz

Wenn ein User einen großen Widerspruch zwischen den Informationen wahrnimmt, die ihm seine „Freunde“ zur Verfügung stellen, und dem, was er in redaktionell gestalteten Medien erfahren kann, wird es kritisch. Allein aus dem Wunsch des Menschen, „kognitive Dissonanz“ zu vermeiden, ist erklärbar, dass die „Freunde“ mit ihrem sehr spezifischen Blickwinkel auf die Welt bei der Meinungsbildung dominieren werden. Die Theorie der kognitiven Dissonanz beschreibt das Bestreben Wahrnehmungen/Kognitionen, die inhaltlich verbunden sind, in ein widerspruchsfreies Gesamtkonzept zu bringen. Bei der Meinungsbildung ist der erste Filter die Speicherung der Informationen, die vor allem dann erfolgt, wenn man sie mit einem „positiven“ oder „negativen Affekt“ verbindet. Dieses Streben nach Konsistenz kann „durchaus auf Kosten der Realitätsnähe der eigenen Vorstellungen gehen.“ [4] Da Menschen sich nicht zu jedem Detailthema eine differenzierte Meinung bilden können und nicht alle Informationen auswerten, werden im Alltag mit Heuristiken grobe Abschätzungen getroffen.

Konformitätsstreben und der Einfluss von Frames

Neben vielen weiteren Einflussfaktoren, die für die Meinungsbildung relevant sind, findet in jüngster Zeit der konformistische Anpassungsdruck als Vorwurf von Einzelgruppen gegenüber dem Establishment Beachtung. Wir erleben hier im Kontext der Diskussion über die Berichterstattung über Geflüchtete eine Wiederbelebung der Theorie der Schweigespirale, mit der Elisabeth Noelle-Neumann einst 1980 das Zustandekommen der sozial-liberalen Koalition auf Bundesebene versuchte analytisch aufzuarbeiten. Der Wunsch nach sozialer Anerkennung und Zugehörigkeit führt dieser Theorie zufolge dazu, dass sich Menschen der vermeintlichen Mehrheitsmeinung im Sinn einer öffentlichen Meinung unterordnen. Spätere Studien wie die von Hans Matthias Kepplinger versuchten nachzuweisen, dass beispielsweise die politische Einstellung von Journalisten einen entscheidenden Einfluss darauf hat, wie Menschen sich politisch orientieren. Dennoch stießen derartige Thesen auch in Fachkreisen der Kommunikationswissenschaft ebenfalls immer auf Gegenargumente und Zweifel. Es bleibt jedoch bei einigen wesentlichen Kernaussagen, die anhand einer Fachdiskussion aus dem Jahr 1986 wie folgt zusammengefasst wurden: Die Wissenschaft-

ler „stellten nicht in Abrede, dass die Medien, insbesondere die visuellen, elektronischen, bestimmte Vorstellungsraster verbreiten, Themenverschleiß und Wertzynismus begünstigen und auf diese Weise eine spezifische, durch keine Willensbildung legitimierte Realität (swahrnehmung) schaffen.“ [5]

In der Praxis kommt noch erschwerend hinzu, dass es keineswegs so einfach ist, die Mehrheits- und Minderheitsmeinung im Vorfeld von Entscheidungen abzuschätzen. Es gibt eine Untersuchung anhand eines Verfassungsreferendums im Fürstentum Liechtenstein, in der man erkennen kann, dass das Meinungsklima mitunter komplett falsch eingeschätzt wird [6]. Ein weiterer Effekt, der auftreten kann, ist eine Abweichung mit einer Tendenz zum Bestehenden („conservative bias“).

Daher kommt den Worten, die bei der medialen Vermittlung von Fakten und Hintergründen verwendet werden, eine große Bedeutung zu. Die Neurologie und Kognitionsforschung benutzt den Begriff der „Frames.“ Dieser „gedankliche Deutungsrahmen“ wird beispielsweise beim politischen Framing dazu benutzt, in der Regel einzelne Themen mit einem Rahmen zu versehen, der „ideologisch selektiv“ wirkt wie die Wortschöpfungen „Euro-Rettungsschirm“ zur Rettung von Banken auf Staatskosten [7].

Die Bedeutung von Fakten für Meinungsbildung & Entscheidung

Die Erkenntnis, dass „Nicht Tatsachen, sondern Meinungen über Tatsachen (...) das Zusammenleben“ bestimmen, wurde bereits vom Philosophen Epiktet geteilt. In Deutschland war es Bundeskanzlerin Angela Merkel, die in einem Pressestatement den Begriff der postfaktischen Zeiten für Deutschland 2016 in das öffentliche Bewusstsein rückte: „Es heißt ja neuerdings, wir lebten in postfaktischen Zeiten. Das soll wohl heißen, die Menschen interessieren sich nicht mehr für Fakten, sondern folgen allein den Gefühlen.“ [8] Es geht jedoch nicht um die Zunahme von Gefühlen, sondern um eine zunehmende Abkehr von der Realität durch das Publikum und die Akteure der politischen Arena. Die Gesellschaft für deutsche Sprache hatte daher beschlossen, aus „postfaktisch“ das deutsche Wort des Jahres 2016 zu machen, nachdem bereits zuvor das Oxford Dictionary „post-truth“ zum internationalen Wort des Jahres 2016 gekürt hatte. Im Kern geht es bei diesem Begriff, so wie ihn

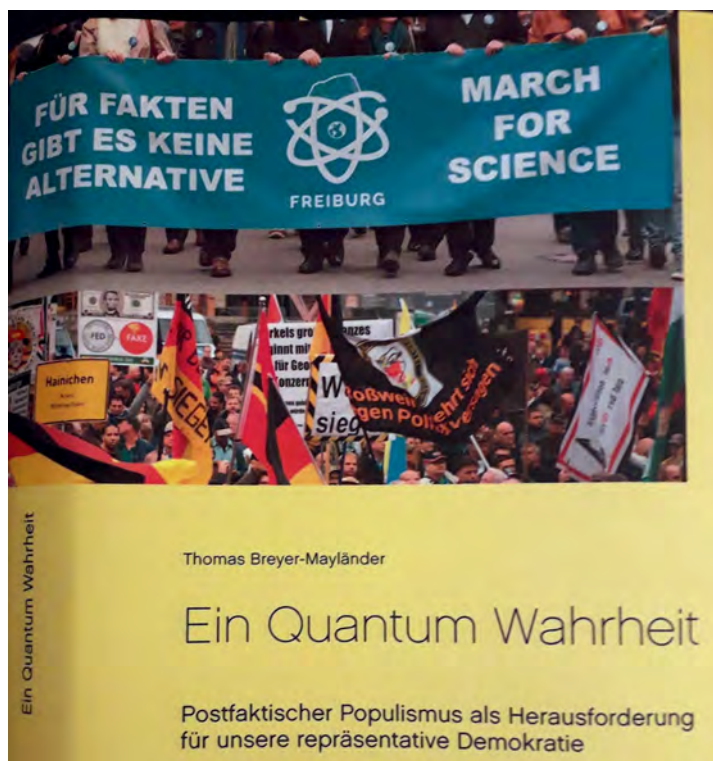


Abb. 2: Cover-Grafik mit konträren Haltungen gegenüber Fakten [1]

die Gesellschaft für deutsche Sprache verwendet, „um die Vermischung von Tatsachen mit Gefühlen und Spekulationen und was dabei herauskommt.

Die Wahl des Worts des Jahres richtete das Augenmerk auf einen tiefgreifenden politischen Wandel. Das Kunstwort „postfaktisch“ verweist darauf, dass es heute zunehmend um Emotionen anstelle von Fakten geht. Immer größere Bevölkerungsschichten sind in ihrem Widerwillen gegen ‚die da oben‘ bereit, Tatsachen zu ignorieren und sogar offensichtliche Lügen zu akzeptieren. Nicht der Anspruch auf Wahrheit, sondern das Aussprechen der ‚gefühlten Wahrheit‘ führt zum Erfolg.“ [9] Die Steigerung der Nicht-Berücksichtigung von Fakten ist die Schaffung eigener Fakten im Sinn der Lüge, wie es unter dem Begriff „alternative Fakten“ beschrieben wurde, als der CNN-Reporter Chuck Todd die US-Präsidentenberaterin Kellyanne Conway fragte, warum der Sprecher des Präsidenten zum Amtseinstieg mit faustdicken Lügen gearbeitet hatte. „Don’t be so overly dramatic about it, Chuck. You’re saying it’s a falsehood, and they’re giving — our press secretary, Sean Spicer, gave alterna-

tive facts to that.“ [10] Zu recht wurden „alternative Fakten“ zum Unwort des Jahres 2017 gekürt. Selbst wenn man die direkte Lüge als Randerscheinung in bestimmten Umfeldern deutet, bleibt bei der Tendenz zu postfaktischen Verhaltensweisen doch das Problem, dass eine Meinungsbildung und Entscheidungsfindung erschwert wird.

Die Haltung der Nutzer ist entscheidend

Als zu Jahresbeginn 2018 das Netzwerkdurchsetzungsgesetz (NetzDG) in Kraft trat, zeigte sich, dass die zusätzliche Verpflichtung sozialer Netzwerke zur Kontrolle des „user generated content“ keine einfache Lösung für das Problem der Verbreitung von Fehlinformationen und Halbwahrheiten sein kann. Mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen und einem achtsameren Umgang der Nutzer bei der Weiterleitung von angeblichen Fakten in sozialen Medien im Sinn eines kategorischen Imperativs der Social-Medianutzung [1, S. 276f] wäre hingegen schon der eine oder andere Fortschritt sichtbar, ohne die Diskussion über eine „mittelbare Zensur“ [1, S. 225] führen zu müssen, aus der einzelne Gruppierungen einen Märtyrerstatus ableiten wollen.

Das setzt ein Bewusstsein der Nutzer voraus, die Unterschiede zwischen gut und schlecht recherchierten redaktionellen Beiträgen erkennen zu können und diese wiederum von der reinen Weiterleitung von Infos aus zweiter oder dritter Hand über soziale Medien zu unterscheiden. Der Hintergrund ist zunächst die simple erkenntnistheoretische Einsicht, dass wir weder eine absolute Wahrheit beschreiben noch uns einem Untersuchungsgegenstand objektiv nähern können.

Die Rolle der Wissenschaft

Hier kommt die Wissenschaft ins Spiel, deren Rolle es ist, Fakten zu benennen und Hintergründe aufzuzeigen. In Bezug auf die Meinungsbildung in sozialen Medien gibt es hier gute Beispiele. Als 2015 die „Bild“-Zeitung damit begonnen hatte, eine Auswahl der schlimmsten Hasskommentare auf „Facebook“ unter der Rubrik „Der Pranger der Schande“ in die gedruckte Ausgabe zu integrieren und damit die Urheber dieser Postings buchstäblich an den Pranger stellte, war die Wirkung dieses Vorgehens unklar. In einer empirischen Analy-

se befassten sich Katharina Neumann und Florian Arendt [11] mit der Frage, ob ein solches Vorgehen als Maßnahme tauglich sein kann. Letztlich kommt die Studie zum Ergebnis, dass sich bei einem harten Kern des Publikums eine Abwehrhaltung (Reaktanz) in Form einer „jetzt erst recht“-Mentalität breitmachte, während andere allein aufgrund des im „Bild“-Artikel verankerten Hinweises „Herr Staatsanwalt, übernehmen Sie!“ sich der strafrechtlichen Dimension ihrer Handlungen bewusst wurden, was zu einem Rückgang der Postings führte. Offen bleibt an dieser Stelle die Frage, ob diejenigen sich dann an anderen „diskreteren“ Stellen weiterhin „publizistisch“ betätigten.

Es geht aber nicht nur um die wissenschaftliche Aufarbeitung der Zusammenhänge von Fakten und Meinungsbildung, sondern um die grundsätzliche Frage, wie Wissenschaft und die dahinterstehende Expertise zu einer Stärkung der Faktenorientierung beitragen können. Die Diskussion über die Bedeutung von Fakten auf der politischen Ebene, die Verschlechterung von Arbeitsbedingungen und Freizügigkeit von Wissenschaft und Forschung haben in der Summe dazu geführt, dass der Wissenschaftsbetrieb als Maschinenraum faktenbasierter Entscheidungen weltweit unter Druck geraten ist.

Die Marches for Science, die am 22. April 2017 weltweit veranstaltet wurden, waren eine Antwort der Scientific Community, um darauf aufmerksam zu machen, dass die Anerkennung von Expertise und Faktenwissen für einen nutzbringenden gesellschaftlichen Diskurs und echten Fortschritt erforderlich sind.

Wissenschaft ist den Diskurs gewohnt. Es geht daher nicht um die Verkündung der letztgültigen Wahrheit, sondern um soliden Erkenntnisfortschritt durch Fakten, die durch plausible Methoden ermittelt wurden. Es herrscht zunächst Einigkeit in der Wissenschaftswelt, dass Lehre, Forschung, Transfer auf einer anerkannten Basis noch nie so wichtig waren wie in den Zeiten „alternativer Fakten“. Die Interaktion zwischen Wissenschaft und Zivilgesellschaft, die häufig auch als „Third Mission“ bezeichnet wird, soll damit ein Gegengewicht zur Verleugnung der Faktenebene bilden.

Referenzen/References:

[1] Breyer-Mayländer, T. (2017): "Ein Quantum Wahrheit: Postfaktischer Populismus als Herausforderung für unsere repräsentative Demokratie", 9783746034072
 [2] vgl. Haller, M. (2015): Was wollt ihr eigentlich? Die schöne neue Welt der Generation Y, Murrmann-Verlag Hamburg
 [3] Meckel, M. (2012): Serendipity als Innovationsstrategie. in: Stadler, R./Brenner, W./Herrmann, A. (Hrsg.) (2015): Erfolg im digitalen Zeitalter: Strategien von 17 Spitzenmanagern, Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt. S. 35-50
 [4] vgl. Schoen, Harald (2006): Der demokratische Musterbürger als Normalfall, in: Politische Vierteljahresschrift 47 Jahrgang Heft 1, S. 91
 [5] vgl. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.) (1996): Kommunikationspolitische und kommunikationswissenschaftliche Forschungsprojekte der Bundesregierung (1985-1994), Bonn 1996, S. 610
 [6] vgl. Marcinkowski, Frank (2006): Warum täuscht sich die Öffentlichkeit über ihre eigene Meinung?, in: Publizistik, Heft 3, September 2006, 51. Jahrgang, S. 313-332
 [7] vgl. Wehling, E. (2016): Politisches Framing: Wie eine Nation sich ihr Denken einredet – und daraus Politik macht, Herbert-Halem-Verlag, Köln, S. 17, S. 42
 [8] vgl. o. V. (2016): Angela Merkel und das postfaktische Zeitalter, rp-online auf Basis einer Agenturmeldung der DPA <http://www.rp-online.de/politik/deutschland/angela-merkel-und-das-postfaktische-zeitalter-die-kanzlerin-und-die-macht-des-wortes-aid-1.6283541> (Abruf: 04.01.2018)
 [9] vgl. Bär, J. A. (2016), Pressemeldung der GfdS (09.12.2016)
 [10] Blake, A. (2017): Kellyanne Conway says Donald Trump's team has 'alternative facts.' Which pretty much says it all., in: [washingtonpost.com, 22.01.2017, https://www.washingtonpost.com/news/the-fix/wp/2017/01/22/kellyanne-conway-says-donald-trumps-team-has-alternate-facts-which-pretty-much-says-it-all/?utm_term=.54e856f10f49](https://www.washingtonpost.com/news/the-fix/wp/2017/01/22/kellyanne-conway-says-donald-trumps-team-has-alternate-facts-which-pretty-much-says-it-all/?utm_term=.54e856f10f49), (Abruf: 20.11.2017)
 [11] Neumann, K./Arendt, F. (2016): „Der Pranger der Schande“ - Eine inhaltsanalytische Untersuchung der Wirkung des Bild-Prangers auf das Postingverhalten von Facebook-Nutzern zur Flüchtlingsdebatte, in: Publizistik 2016 Nr. 61, S. 247–265

AUTOR



Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer
 Professor für Medienmanagement,
 Lehr- und Arbeitsgebiete u. a.: Krisen-
 management und Krisenkommunikation
breyer-maylaender@hs-offenburg.de

Self-Organizing Decentralized Networks for Data Monitoring Services in P2P Networks

Sai Manoj Marepalli M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ

Dezentralisierte Datenaggregation spielt eine wichtige Rolle beim Schätzen des Netzwerkstatus um die Bestimmung relevanter systemweiter Größen zur Lastbalance in verteilten Netzwerken zu ermöglichen. Datenaggregation ist meist dann anwendbar, wenn diese effizient ausgeführt werden kann. Viele der existierenden Ansätze hierzu haben jedoch unzureichende Fehlertoleranz. Der folgende Beitrag präsentiert einen Ansatz zur Konstruktion robuster selbstorganisierender Overlay-Netzwerke. Indem die heterogenen Eigenschaften der Knoten und Verbindungen ermittelt werden, können die zuverlässigsten Knoten ein stabiles unstrukturiertes Overlay-Netzwerk aufbauen. Das Protokoll hat zum Ziel, die Netzwerkstruktur nach zufälligen Zustandsstörungen in endlicher Zeit wiederherzustellen und erhebliche Nachrichtenverluste zu tolerieren. Der Ansatz wurde inspiriert von biologischen und soziologischen Selbstorganisationsmechanismen.

Decentralized data aggregation plays an important role in estimating the state of the network, allowing the determination of meaningful system-wide measures to balance the load in the distributed network. Data aggregation is often practicable if the aggregation is performed effectively. However, many existing approaches are lacking in terms of fault-tolerance. In the following article we present an approach to construct a robust self-organizing overlay network. By exploiting heterogeneous characteristics of the computing nodes and interlinking the most reliable nodes they form a stable unstructured overlay. The objective of the protocol is to recover network structure from random state perturbations in finite time and tolerate substantial message loss. Our approach is inspired from biological and sociological self-organizing mechanisms.

Introduction

Data aggregation is an essential building block of modern distributed systems, enabling the determination of important system wide properties in a decentralized manner. The knowledge of these global properties can then be used as input to by other distributed applications and algorithms. The network size is a common example of such global properties, which is required by many algorithms in the context of peer-peer network. The network size is computed through the COUNT aggregation function. Nevertheless, other meaningful global properties can be computed using different functions, for e.g., AVERAGE can be applied to determine the average system load which can be used to direct local load balancing decisions.

However, computing the algebraic aggregate functions is particularly challenging in settings where the processing nodes do not have access to global knowledge of the network. A good example of such scenario is Sensor Net-

works where unreliable sensor nodes are deployed at random and the overall number of nodes that actually start up and sense input values may be unknown. Under such conditions, well-known techniques for distributing information throughout the network such as Broadcast [1] or Gossiping [2] cannot be directly applied, and data collection is only practicable if aggregation is performed. Even more challenging is that loss of messages between nodes or even node crashes are likely in such harsh settings.

Currently huge amount of distinct approaches [5] constitute the body of related work on distributed data aggregation algorithms, with all exhibiting different trade-offs in terms of accuracy, time, communication and fault-tolerance. All existing techniques have confirmed that obtaining global statistics in a distributed fashion is a difficult problem, especially when considering faults and network dynamism.

Therefore, we propose a heuristic which combines self-organizing and emergent behavior thereby, it solves two purposes. It 1) contributes to build a robust aggregation network structure 2) as it is a self-organizing network intrinsically it would reduce the maintenance costs of the network. In this paper we propose our heuristic to create and maintain the distributed self-organizing network which later extended to compute aggregate functions. The paper is organized as follows: In Section 2, we outline the taxonomies of existing distributed data aggregation networks. In Section 3, we propose our heuristic. In section 4 results and in section 5 conclusion and future works are presented.

Taxonomy of current distributed data aggregation networks

At present there are three major classes of decentralized data aggregation algorithms, as shown in Fig. 1. Each class refers to the routing protocol and its intrinsic network topologies, where the topologies are used to support the aggregation process.

Structured Network

Pros

In the structured network approach protocols require a specific routing structure (for example spanning tree or cluster), and they estimate the aggregate with high accuracy given that network structure is stable. For e.g., TAG

[3] (The Tiny AGgregation), is a data-centric protocol based on a tree based structure.

Cons

1) If the required routing topology is not available, then an additional preprocessing phase is needed in order to create it, before started computing the aggregate function. 2) in tree-based communication structures a single point of failure (node/link) can compromise the delivery of data from all its subtrees, and consequently impair the applications supported by that structure.

Unstructured Network

Pros

In the unstructured network approach protocols operate independently from the network organization and structure, without establishing any predefined topology (e.g. Push-sum, push-pull, etc.) [4]. The characteristics of this approach are simplicity, robustness and scalability.

Cons

The information is propagated from a single node to the whole network, sending messages to all neighbors – “one to all”. This communication pattern normally induces a high network load, during the aggregation process, implying in some cases a certain degree of centralization of data exchanges.

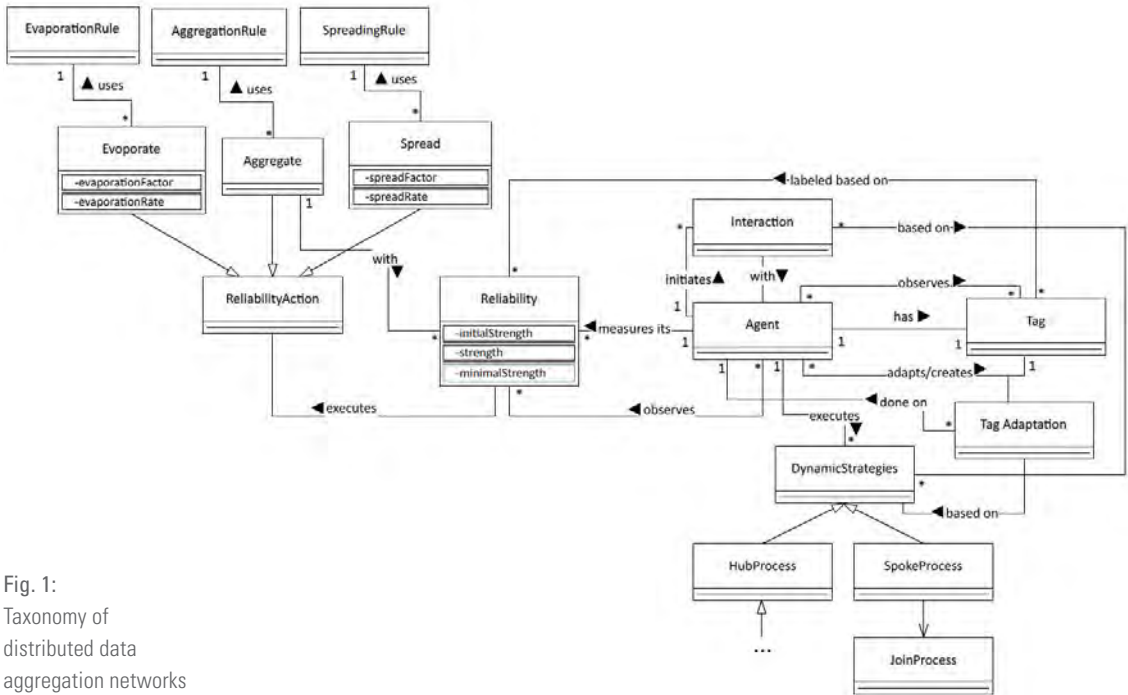


Fig. 1: Taxonomy of distributed data aggregation networks

Hybrid network

The hybrid class groups algorithms that mix the use of different routing strategies from the previous two categories, with the objective to combine their virtues and reduce their weakness, in order to obtain an improved aggregation approach.

Proposed Approach

In this section, we propose our heuristic which is called Hub and Spoke. Through this heuristic we intend to enable decentralized systems with inspiration of biological and sociological properties (namely resilience, emergent adaptation, and self-organization).

Heuristic Description

The metaphoric inspiration for the construction of the overlay originates from the protein-to-protein interaction network (PPIN) [6]. This network has a number of properties that can be used to guide the self-organization of an overlay network topology. The mechanism to cooperate and optimize the nodes in the network is drawn from sociologically inspired Tag mechanism [9]. In this section we briefly give an overview on both of these mechanisms.

Strategies Inspired from PPIN Mechanism

The interaction strategies of PPIN network are simple rules, but they are rich enough to provide emergent behaviors. In the PPIN network, protein nodes are divided into two types 1) hubs and 2) non-hubs. Hub proteins interact with many non-hub protein partners, whereas non-hub proteins only interact with their attached hub partners. The hubs in PPIN network are further classified into date and party hubs. Date hubs participate in a wide range of integrated connections required for a global organization in the whole protein network. In contrast, the party hubs interact with most of their partners (non-hub nodes) simultaneously.

Strategies Inspired from Tag Mechanism

The mechanism behind this social phenomenon promotes the altruistic, cooperative group behavior based on the concept of tags (tags are observable markings, cues or displays) [9]. Individuals observe the tags of others and take alternative actions based on those observations. The tag process can be understood as a form of

evolution of groups composed of cooperative individuals performing specialized functions. Specialization and cooperation results from evolutionary process in which selection and reproduction is based on individual fitness. Specialists help their non-specialist group members, which optimizes the behavior as a group.

Conceptual Model

We identified multiple instances of self-organizing design patterns in our design. This enabled us to conceptualize the following model as shown in Fig. 2, which has encompassed basic patterns such as (evaporation, aggregation, and spreading) with dynamic strategies of the PPIN model, and the Tag mechanism of social inspiration model. In this section we describe the conceptual model, and how it reflects the behavior of the system as a whole.

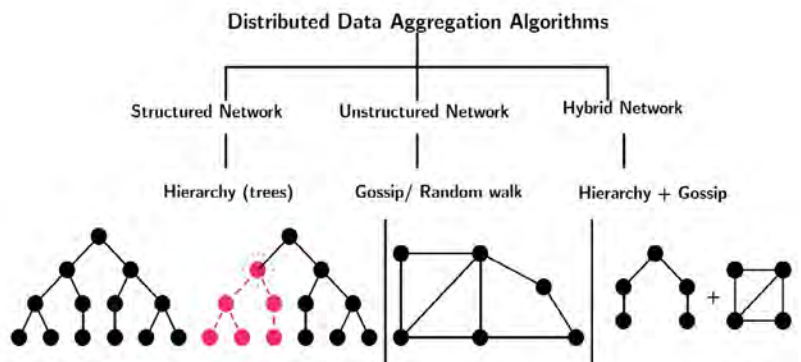


Fig. 2: Conceptual model of hub and spoke

Entities

The entities involved are a) nodes/hosts (sensors with communication capabilities and memory space.) b) software agents (is a software program, that feeds-in its behavior based on the environment) c) environmental agents all that is external to the hosts (e.g. smart grid environment).

Approach

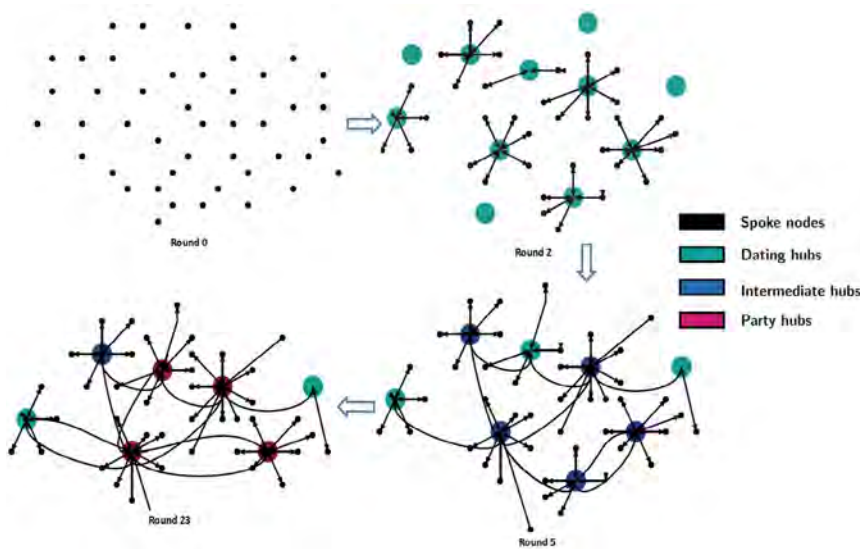
Hub and spoke is a relatively simple collection of rules and parameters to regulate the growth and maintenance of the overlay with agents continuously adjust their state and connections added. Inspired from PPIN metaphor the agents in the overlay network are divided into two types 1) hubs and 2) non-hubs (spoke). Hub agents are understood as reliable and capable agents, whereas spoke agents are relatively less reliable and less capable. Each agent in the hub and spoke model is characterized by a reliability value representing many characteristics (such as availability, capacity,

computational power, etc.) of the agent. Hub agents are further classified into three different states for response to the changing network conditions. The goal of these changing conditions is to regulate spoke connection load among hub nodes evenly.

Dynamics

The dynamics of the hub and spoke is modelled using tag mechanism. Depending on the number of spoke connections, the hub agent switches between three different states. 1) dating/exploring state 2) intermediate state and 3) party/satisfied state. A hub agent is promoted to the higher states when their threshold capacity of spoke concentration is increased. E.g., if a threshold capacity of spoke concentration is increased in dating/ exploring state, then the hub is promoted to next level called (Intermediate state). Vice versa if the hub agent reduces its spoke connections, then the hub agent is demoted to the lower states. This sort of mechanism is applied to make the network evolving over the time in response to changing conditions or parameters. The pictorial representation of the evolution of protocol is presented in the Fig. 3.

Fig. 3: Protocol evolution from bootstrapping phase (round 0) till stabilization phase (round 23)



Feedback Mechanism

Feedback is taken from the network nodes to continuously exploit the heterogeneity of the system by promoting the reliable and capable agents to hub agents. The feedback mechanism keeps the problem of finding reliable and capable agent open. Thus, agents continuously sense their neighborhood for better performing neighbors and preferentially attach to them in order to form a robust reliable network.

Implementation Overview

1) Agent discovery mechanism, each agent periodically selects a known agent and spread a copy of its entire neighbor list that contains addresses, and time stamp (spreading pattern). Upon receiving such a message, the recipient combines that list with its own (aggregation pattern), along with an entry for the sending peer timestamped with the current time. In order to prevent the lists from growing indefinitely, older agent entries are progressively discarded from the list (evaporation pattern).

2) Agent reliability mechanism, each agent learns their respective reliability measure on its own, for instance an agent computational power is relatively constant whereas its availability and capacity measures varies during the protocol execution time. Using ReliabilityAction class agents updates their reliability measures through which they can promote or demote between hub or spoke agents.

3) Agent tag mechanism, each agent may adapt its tag based on the feedback it receives from the other agents. Through this hub agents can either be promoted/demoted based on their number of spoke connections. Hub agents switch between dating, intermediate, or party states to balance the spoke concentration and converge network with stable spoke and hub agents.

Results

Due to space limitations we haven't given a complete overview of our protocol description. If you're interested you can find it in the following paper [7]. Our protocol has been implemented and tested on Java based Peer-to-Peer simulation platform PeerSim [8], our initial evaluation of the protocol is mainly focusing on how quickly the network self-configures into an overlay with a stable number of hub peers.

In our experiments, the number of stable/ party represents those that have established $C_n = 5$ hub connections, and the number of intermediate and dating peers with less than C_n connections at any given round of our simulations. The distribution of peer capacities may have significant effects on the behavior of a protocol. In simulation the peer capacities/ reliabilities are distributed in a power-law distribution such that the probability of a peer n having a given capacity x is $P[C_n = x] = x^{-\alpha}$, with $1 \leq x \leq C_{max}$, $C_{max} = 15$, $\alpha = 2$, $P \leq 1$ and network size

of 150 peers. We have used these parameters in our experiments except where noted. The results are shown in the Fig. 4. in the reminder of this section.

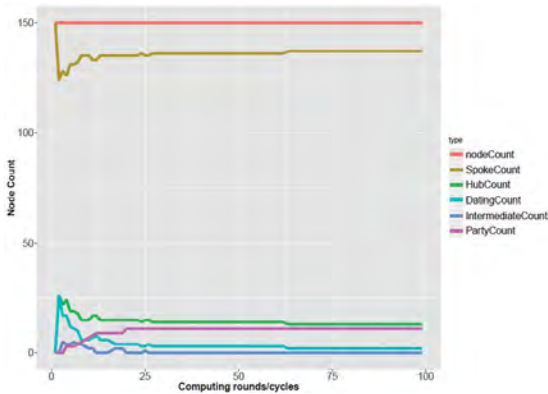


Fig. 4: Hub and spoke peers in network at each round, the network quickly converges to around 15 interconnected hub peers

To evaluate the ability of hub and spoke protocol to converge to stable and efficient configuration, we measure the time (i.e., the number of rounds in our simulation) that hub and spoke protocol takes to converge towards a stable number of hub peers. As discussed in the description of our approach, the bootstrapping configuration of hub and spoke is such that at time 0 all peers are in the spoke state. As the time progresses, based on the reliability of the peers, the peers changes its state from spoke to hubs. Initially the dating hubs spike in their number, which then followed by the intermediate state. The promotion of dating hub to intermediate hub happens when dating hub reaches its threshold spoke concentration. Later

when the promoted intermediate hub reaches its maximum capacity of spoke concentration; it gets promoted to the party hub. At this point the protocol stabilizes and the network structure remains constant.

Conclusion

The proposed heuristic is able to build a decentralized self-organizing network from the scratch. Also it has ability to balance the spoke load evenly among all the hub peers, such that we avoid the problem of over working and under working hub peers. As part of the future work we are interested in analyzing the protocol mathematically to calculate the theoretical bounds of over working and under working nodes and the swapping process. Provided that, we are also looking forward to implement churn protocols and perform extensive analysis on accuracy of the aggregation result on different conditions.

Referenzen/References:

- [1] Dolev, Danny, Osnat Mokryn, and Yuval Shavitt. „On multicast trees: structure and size estimation.“ *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)* 14.3 (2006): 557-567.
- [2] Chitnis, Laukik, Alin Dobra, and Sanjay Ranka. „Aggregation methods for large-scale sensor networks.“ *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)* 4.2 (2008): 9.
- [3] Madden, Samuel, et al. „TAG: A tiny aggregation service for ad-hoc sensor networks.“ *ACM SIGOPS Operating Systems Review* 36.SI (2002): 131-146.
- [4] Kermarrec, Anne-Marie, and Maarten Van Steen. „Gossiping in distributed systems.“ *ACM SIGOPS Operating Systems Review* 41.5 (2007): 2-7.
- [5] Chen, Jen-Yeu, Gopal Pandurangan, and Dongyan Xu. „Robust computation of aggregates in wireless sensor networks: distributed randomized algorithms and analysis.“ *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems* 17.9 (2006): 987-1000.
- [6] Han, Jing-Dong J., et al. „Evidence for dynamically organized modularity in the yeast protein–protein interaction network.“ *Nature* 430.6995 (2004): 88.
- [7] Marepalli, Sai Manoj, and Andreas Christ. „Computing Aggregates on Autonomous, Self-organizing Multi-agent System: Application “Smart Grid”.“ *International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems*. Springer, Cham, 2017.
- [8] Montresor, Alberto, and Márk Jelasity. „PeerSim: A scalable P2P simulator.“ *Peer-to-Peer Computing, 2009. P2P'09. IEEE Ninth International Conference on*. IEEE, 2009.
- [9] Wolf, T.D., Holvoet, T.: A catalogue of decentralised coordination mechanisms for designing self-organising emergent applications. In: CW 458, DEP. OF COMPUTER SCIENCE. (2006) 40{61

AUTOREN



Sai Manoj Marepalli M.Sc.
PhD Student, Department Media and Information, Forschungsgruppe: Decentralized Sustainable Energy Systems (DENE)
sai.marepalli@hs-offenburg.de



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

Klang, Raum & ZeitDesign: Albert Mayr und Pietro Grossi

Prof. Dr. Hans-Ulrich Werner, Prof. Albert Mayr

Dieses Konzept betont akustische Formen im künstlerischen Forschen mit Elementen der angewandten und anwendbaren Wissenschaften an der Hochschule Offenburg. Design auf der Basis einer Vielfalt von Klangkonzepten verbindet sich mit anderen Perspektiven und Media-Konstellationen. Dazu gehört auch eine künftige A/R/Tophonie, also ein methodischer Dreiklang von Artist, Research und Teaching, die miteinander verbunden sind. Dieses Muster stammt aus der UBC, der University of British Columbia in Vancouver, und hat von dort sehr viele Interessenten gewonnen und integriert. Ergänzend wirkt dabei auch das langjährige WSP, World Soundscape Project, in diese Denkweisen hinein.

This concept emphasizes acoustic forms of artistic research with elements of applied and applicable media sciences at Offenburg University of Applied Sciences. Design on basis of a multitude of sound concepts will touch and influence other perspectives and media constellation. We focus on three steps of a future A/R/Tophony, as Sound Creation, Research and Transmission. This triadic pattern derives from the Canadian approach of A/R/Tography, bringing art making, reflection and teaching together. The concept derves from the University of British Columbia in Vancouver, UBC, combined with Soundscape Studies and Sound Art from Simon Fraser University, as well in Vancouver and known for a long tradition of acoustic communication.

Der Komponist Albert Mayr, Jahrgang 1943, nennt sich Zeit-Designer. Er gestaltet mehr als mit Hörbarem durch zeitliche Parameter. Reduzierte Klänge oder vor allem Stille sind typisch für seine Stücke, Zeitspaziergänge und Installationen. Zudem überträgt er künstlerische Projekte in wissenschaftliche und alltägliche Situationen, in Versammlungen von Gewerkschaftern oder in ein Symposium zur Wasserkultur.

Er erhielt prägende Einflüsse durch den Pionier der elektronischen Musik in Italien, Pietro Grossi: „Dieser machte in den frühen 60er Jahren Klanginstallationen mit Arbeiten ohne Beginn und Ende und postulierte die Abschaffung des Eigentumscharakters musikalischer Produktion, zugunsten von kollektivem Work-in-progress. Andere Ausgangspunkte waren die Arbeit im (analogen) elektronischen Studio, wo ich mich mit zeitlichen Strukturen beschäftigte und davon fasziniert war, wie diese, unabhängig von der klanglichen Erscheinung, eigenständige Gestaltwerte sein konnten.“ Der 2002 verstorbene Grossi ist in den Hörwelten und in der Literatur zu elektronischen und elektroakustischen Musik ein Unbekannter, jedoch durch seine besondere Arbeitsweise und die karge, technologische Klangfarbe seiner Stücke ein reizvoller Komponist. Albert Mayr setzt dessen Tradition verändert fort, vor allem gemischt mit Erfahrungen aus der Soundscape-Thematik von Murray Schafer aus Kanada.



Nach Aufhalten im Studio der RAI in Milano gründete Grossi 1963 seine ‚Pocket Factory‘ (ein Begriff von Thomas Claus) unter dem Namen S 2F M - Studio di Fonologia Musicale di Firenze, übersiedelte an das Konservatorium, und das Studio wurde so Teil der ersten Kurse für Elektronische Musik in Italien. Grossi erkannte die Möglichkeiten des Computers in der Musik und initiierte eine Musikabteilung im Nationalen Rechenzentrum, die er ab den 80er Jahren als technologisches Forschungsinstitut fortführte. Er näherte sich am eigenen PC der Computergrafik und überführte das Hörbare ins Visuelle. Pietro Grossi war in Italien nicht der einzige unabhängige Komponist im analog-elektronischen Studio, denn in Turin

Abb. 1:
SoundWalk und Time-walk: Albert Mayr bei der Konferenz ‚Klang-Orte‘ der Universität Kassel 2003

und Padua fand er gleichgesinnte Kollegen. Trotz unterschiedlicher Ästhetiken verstanden sich diese Pioniere als kritischen Gegenpol zur institutionellen Praxis, wie sie das Studio in der RAI verkörperte. In seinem Atelier begann Grossi mit einfachstem Equipment, was ihn aber mit all den anderen Gründungen wie dem ersten Studio im Kölner Westdeutschen Rundfunk, verbindet. Sinus-Generatoren, Rauschgenerator und Filter waren seine Instrumente und prägten die Struktur seiner Kompositionen mit ihren Schwebungen und Frequenzclustern. Was Grossi von den Zeitgenossen unterschied, zeigte sich im Werkcharakter und dessen Negation, indem er Stücke nicht als feste Gestalt anlegte, sondern als Prozess und Zeit selbst zu Thema und Form machte. Dies übertrug Grossi in frühe Rechenanlagen, mit denen er musikalische Parameter systematisch variieren und freier entwickeln konnte. Jeder Klang, der neu entstand, erhielt Bedeutung nicht nur aus sich selbst als Muster eines Studios. Mayr beschreibt das als Grossis „festen Glauben an die Macht der Maschinen und unbegrenzte Kreativität“.

Später wurde Albert Mayr durch die Lehrzeit bei Grossi und eigene intermediale Projekte selbst Professor für elektronische Musik am Konservatorium in Florenz. Mayrs Produktionen teilen Prinzipien mit seinem Mentor, der die Arbeit im Studio und den erforschten Klang als soziale Praxis und kollektive, nicht allein technische Synthese betrachtete. Die Klänge sind in ihrer Offenheit auch Elemente neuer, ungedachter Stücke. Sie bleiben Eigentum und Werkzeuge, die durch Beteiligte in Gebrauch geraten und in der Praxis und in der ZEIT weiterwirken, mit der Fähigkeit, sie ästhetisch zu erleben.



Der Komponist Albert Mayr, Jahrgang 1943, nennt sich Zeit-Designer und Zeitkünstler. Er erhielt prägende Einflüsse durch den Pionier der elektronischen Musik in Italien, Pietro Grossi: „Dieser machte in den frühen 60er Jahren klangliche Installationen mit Werken ohne Beginn

und ohne Ende zugunsten von kollektivem Work-in-progress. Andere Ausgangspunkte waren die Arbeit im (analogen) elektronischen Studio, wo ich mich mit zeitlichen Strukturen beschäftigte und fasziniert war, wie diese unabhängig von der klanglichen Erscheinung eigenständige Gestaltwerte sein konnten.“



Pietro Grossi wurde 1917 in Venedig geboren und ist 2002 in Florenz gestorben. Er war jahrzehntelang Orchestercellist und Komponist gemäßigt moderner Werke für gemischte Besetzungen. Das Entdecken der elektronischen Musik führte ihn zur drastischen Reduktion des Materials, dann in Kombinatorik und Permutation. Grossi erkannte bald die Möglichkeiten des Computers in der Musik und initiierte die Gründung einer Musikabteilung im Nationalen Rechenzentrum, die er ab den 80er Jahren in einem technologischen Forschungsinstitut fortführte. Später näherte er sich am eigenen PC der Computergrafik und überführte seine Erfahrung mit ästhetisch-technologischen Mustern vom Hörbaren ins Visuelle, ein Interesse, das bis zu seinem Ableben 2002 anhielt. Schon in dieser Skizze wird eine mediologi-

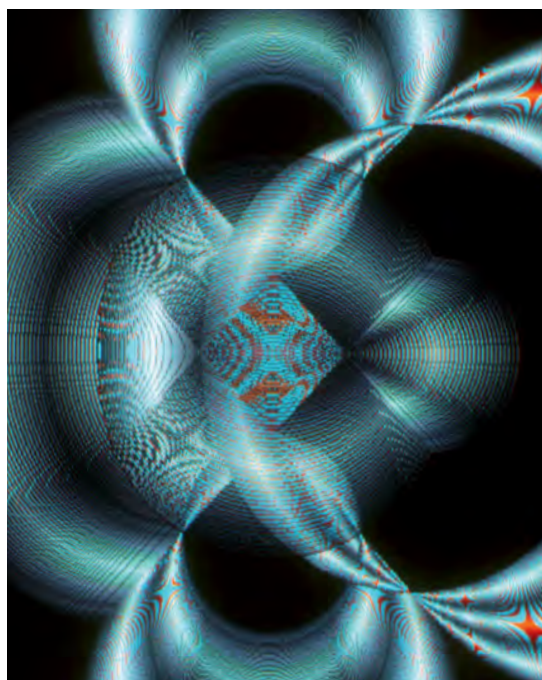


Abb. 2: Visualisierung des Klangs mittels einer frühen Form der Programmierung von Pietro Grossi

sche Sicht auf das Wechselspiel von Mensch, Technik, Organisation und Ästhetik fruchtbar: Grossi schöpferischer Lebenslauf ist immer auch Spiegelbild der gesellschaftlichen Umgebungen wie des technologischen Wandels seiner Zeit.

Alle drei Studios, so schreibt Albert Mayr in seinem Rückblick weiter, erhielten aber Zuspruch durch visuelle Künstler und Gestalter, die ebenfalls mit Algorithmen und Konzepten arbeiteten. Dies übertrug Grossi in die frühen digitalen Rechenanlagen, mit denen er musikalische Parameter systematisch durch Automation variieren und freier entwickeln konnte, in Klangsynthese ebenso wie in lange Sequenzen. Jeder Klang, der neu entstand, erhielt seine Bedeutung nicht nur aus sich selbst, sondern im Netz aller anderen, als integrierendes Muster eines Studios. Auch dabei kamen der zeitliche Prozess und die Herstellung als Formkraft deutlich ins Spiel und wurden so selbst zum Spiel. Mayr beschreibt das als Grossi's „festen Glauben an die Macht der Maschinen, die eine unbegrenzte Kreativität hervorbringen.“

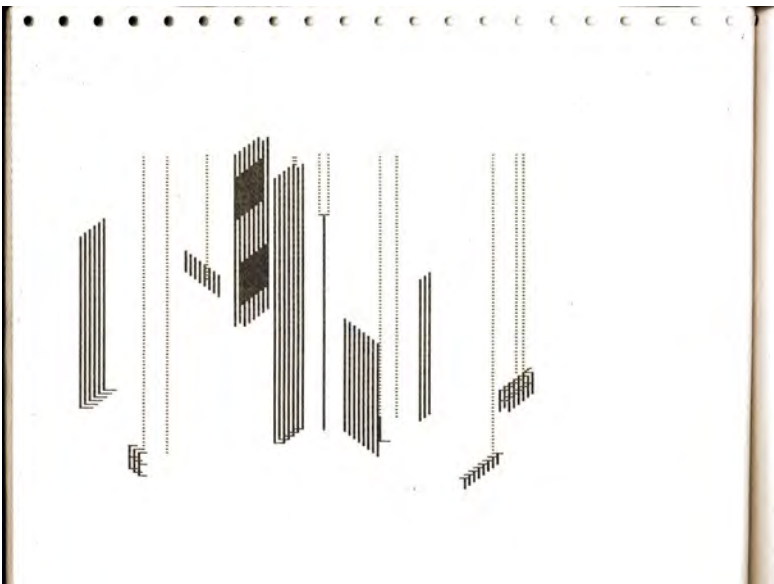


Abb. 3:
Anfänge der abstrakten Visualisierung des Klangs von Pietro Grossi

A solitary pioneer: Pietro Grossi, by Prof. Albert Mayr, Florenz

Unlike the visual arts which in the last 60-70 decades have greatly expanded not only their materials and themes, but also, so to speak, their view of the world in general, recent music has remained, to a very large extent, in conventional confines with the exception of new techniques of sound production and some insider aesthetic discussion. Until now the emphasis has stayed on the production of pieces, i.e. more or less

self-contained works as we have known them for roughly two hundred years. This means that a listener, eager to hear some recent creations, has to subject him-/herself to the same ritual as his/her counterpart in a, by now, distant past. Even electro-acoustic music adheres, by and large, to “unity of space, time and action” as postulated by Aristotle.

A brief look backwards: In his celebrated text, *Opera aperta* (Eco 1962) Umberto Eco refers to compositions by Stockhausen, Boulez and others which he considers “open works” as they leave, sometimes ample, choice to the performers regarding the final structure of the piece. In the following years the trend toward deconstructing the conventional notion of ‘work’ was taken to an extreme in graphic and verbal scores which gave only minimal indications regarding the actual sonic fabric of the pieces. It should also be remembered that in music the notion of work is geographically and historically quite limited (see, among others, Seidel 1987). In the same years also in the visual arts the notions of work was more and more questioned, e.g. in conceptual art and by the Situationists. Toward the end of last century in Western music one witnessed a return to the conventional notion of work, while in some trends in the visual arts, e.g. relational art, projects remained open-ended.

Grossi's first electronic works date from the early sixties. Soon he combined an extremely rigorous algorithm-based exploration of the new sonic world with the idea, that the resulting materials were not necessarily to be considered as final results, but could and should be used by others for further elaborations (as Hans Ulrich Werner already mentions). He was fascinated by the possibility of transforming a piece on tape into something different through some simple manipulations (a procedure which in the case of scores notated on paper requires specific technical knowledge and much more time). In brief, he suggested that electro-acoustic music should become a global ‘work in progress’ carried out by continuous exchanges of materials between the various studios, a process that would do away with the traditional figure of the composer. The technique of using and transforming sonic materials of others, stored in analog or digital form, has become widespread – an early example is John Oswald's “Plunderphonics” – but Grossi's utopian aesthetic approach remains unique.

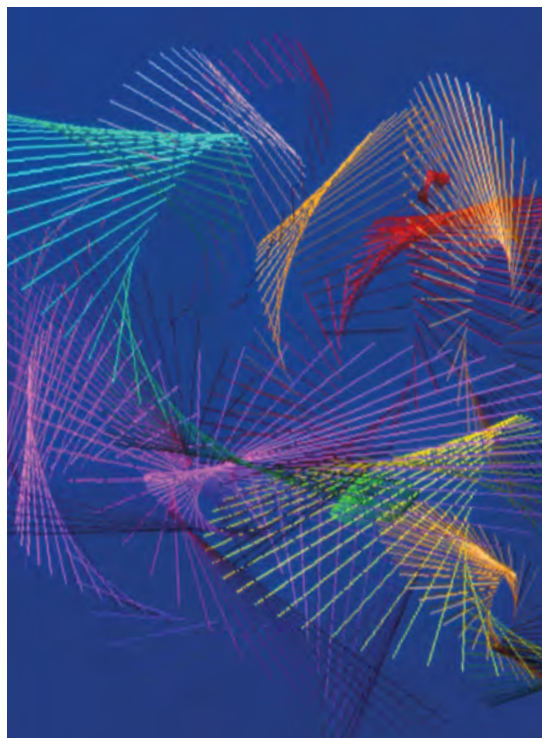
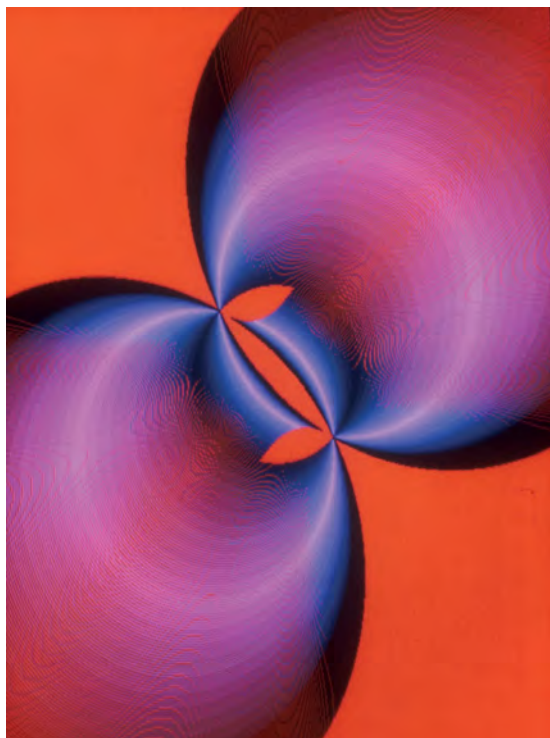


Abb. 4/5:
Visualisierung des
Klangs durch eine frühe
Form der Programmie-
rung von Pietro Grossi

After 1966 Grossi became more and more attracted by the possibilities offered by computers. The various stages of his involvement and innovations in this field, informatics and telematics, are documented in the literature listed below. I would like to dedicate this final paragraph to the last phase of Grossi's work, when he had moved into the field of computer graphics, and what he called "Home Art. For the latter critical evaluations are scarce. Grossi defined it thus: (1) Art created by and for oneself, (2) improvised and ephemeral, (3) beyond the judgment by others." Here I want to focus in particular on the 'ephemeral', since computer art is by necessity – at least for now

– improvised, i.e. not based on aesthetic considerations by the computer itself. By putting the accent on the ephemera character of his artistic activity Grossi says definitely good-bye to the notion of work as we know it. His programs, relying extensively on random procedures, may produce aesthetically appealing results for one minute here, then perhaps for one hour in some other place where they happen to be running. Emphasizing the process character of his activity Grossi coherently called the stills he chose to preserve (for others) "Moments of Home Art", i.e. not works but testimonials of a potentially unlimited development.

AUTOREN



Prof. Dr. Hans-Ulrich Werner
Audiowerkstatt,
Künstlerisches Forschen,
Medien/Hochschuldidaktik
hans-ulrich.werner@hs-offenburg.de



Prof. Albert Mayr
Konservatorium in Florenz

Books by / on Pietro Grossi:

- Pietro Grossi, *Musica senza musicisti. Scritti 1966/1986*, L.Camilleri et al (eds), CNUCE/C.N.R., Firenze 1987
- Francesco Giomi e Marco Ligabue, *L'istante zero. Conversazioni e riflessioni con Pietro Grossi*. Sismel-Edizioni del Galluzzo, Firenze 1999
- Girolamo De Simone, Pietro Grossi. Nardini editore, Firenze 2005
- I Ipsen, Detlev; Reichhardt, Ulrike; Werner, Hans-Ulrich: *Klang Orten Zeit Raum*. Universität Siegen, Reihe MuK

MASCHINENBAU UND VERFAHRENSTECHNIK

Die Forschungsaktivitäten der Professorinnen und Professoren der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik waren auch 2017 wieder sehr stark. Das große Leistungsspektrum bestätigte, dass die Kolleginnen und Kollegen durch Ihre innovativen Forschungsanträge sowohl bei privaten als auch öffentlichen Fördergebern Zuspruch fanden.

60 % der Drittmittelleinzahlungen an die Fakultäten der Hochschule konnten 2017 durch die Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik realisiert werden. Ein kleiner Auszug aus den vielfältigen Forschungs- und Entwicklungsthemen sind beispielsweise die „Solarthermische Anlage zur Raumklimatisierung“ von Herrn Professor Dr.-Ing. habil. Reiner Staudt, die „Entwicklung eines multisenso-

riell gesteuerten Orthesen-Knöchelgelenks“ von Professor Dr.-Ing. Ulrich Hochberg, „Geo. Cool“ von Professor Dr. rer. nat. Detlev Doherr sowie „Flanschverbindungen“ von Professor Dipl.-Ing. Alfred Isele und „Experimentelle und numerische Untersuchungen zur Verfestigung in Ein- und Polykristallen bei zyklischer Belastung“ von Professor Dr.-Ing. Thomas Seifert.

„Kleinere, mittelständische Unternehmen bis hin zu Konzernen sind in vielfältiger Weise mit uns verbunden. Die Zunahme dieser Kooperationen zeigt eindrucksvoll den Stellenwert unserer Fakultät, vor allem hier in der Region.“

Dekan Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele



Die forschungsaktiven Professoren und Mitarbeiter der Fakultät M+V (v.l.n.r.): Prof. Dr. Treffinger, Prof. Dr. Waibel, Prof. Isele, Prof. Dr. Spangenberg, Dr. Wilke, Prof. Dr. Ettrich, Prof. Dr. Kachel, Prof. Dr. Bessler, Prof. Dr. Waltersberger, Prof. Dr. Hochberg, Prof. Dr. Seifert. Nicht abgebildet: Prof. Bollin, Prof. Dr. Doherr, Prof. Dr. Jochum, Prof. Kohler, Prof. Dr. Livotov, Prof. Dr. Pfafferott, Prof. Dr. Staudt, Prof. Dr. Weidlich, Prof. Dr. Zell.

Prozesssichere Montage von Schraubverbindungen mit Lackschichten

Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele, Dipl.-Ing. Dietmar Isele, Klaus Rappenecker M.Sc.

Der derzeitige Stand von Normen und Richtlinien regelt den Umgang mit Beschichtungen im Kraftfluss von Schraubenverbindungen nicht ausreichend. Insbesondere die anerkannte Richtlinie VDI 2230 enthält sich dieser Thematik. Als Ausgangspunkt der Verbindung kommt der Schraubmontage eine besondere Rolle zu. Von einem Team der Hochschule Offenburg wurde der Einfluss von verschiedenen Korrosionsschutzschichten auf die Montageparameter von Schraubenverbindungen untersucht.

The current state of standards and guidelines does not regulate coatings in bolted connections sufficiently. In particular, the worldwide recognized guideline VDI 2230 "Systematic calculation of highly stressed bolted joints" abstains from this topic. In particular the assembly of bolted joints as a starting point plays a special role in process safety. A team from Offenburg University researched the influence of corrosion protecting coatings on the assembly parameters of bolted joints and the setting up of preload.

Einführung in die Schraubmontage

Im Maschinenbau werden Verbindungen so dimensioniert und die Montagewerte so vorgegeben, dass die Schraube primär durch die Vorspannkraft belastet wird. Das heißt, dass es außer bei Passschrauben zu keinem Kontakt zwischen Schraube und Lochrand kommen soll. Kräfte quer zur Schraubenverbindung sind nur über Reibkräfte zwischen den verklemmten Teilen zu übertragen [1].

Die Zielgröße jeder Schraubenverbindung im Maschinen- und Anlagenbau ist aus diesem Grund das Erreichen und Aufrechterhalten einer mindestens erforderlichen Vorspannkraft. Durch diese Vorspannkraft werden die verspannten Bauteile so miteinander verbunden, dass sie sich wie ein einziges Bauteil verhalten, ein Klaffen der Verbindung vermieden wird und sämtliche auftretenden Betriebskräfte kraftschlüssig übertragen werden. Für einen sicheren Betrieb muss diese Vorspannkraft über die komplette Produktlebenszeit erhalten bleiben.

Hierzu werden bereits bei der Schraubenauslegung nach der allgemein anerkannten Richtlinie VDI 2230 Blatt 1 neben der erforderlichen Mindestklemmkraft auch vorspannkraftverändernde Einflüsse wie Betriebskräfte, Setzeffekte und thermische Ausdehnungseffekte berücksichtigt [2]. Ausgangspunkt für alle vorspannkraftverändernden Einflüsse ist die

nach dem Anzugsvorgang erreichte Montagevorspannkraft FM. Durch sie ergibt sich nach den erwähnten vorspannkraftvermindernden Effekten die Klemmkraft der verspannten Bauteile, die essentiell notwendig ist, um die auftretenden Betriebskräfte zu übertragen. [3]

Hieraus ergibt sich, dass der Montage der Schraubenverbindung eine entscheidende Rolle zukommt. Eine zu hohe Montagevorspannkraft führt zu einer direkten Überbeanspruchung der Schraube bis hin zum Abriss. Eine zu niedrig vorgespannte Schraube führt hingegen zu einem Versagen der Verbindung im Betrieb, da die Mindestklemmkraft unterschritten wird [4]. Eine prozesssichere Schraubmontage bedeutet demnach ein prozesssicheres Erreichen der geplanten Montagevorspannkraft.

Immer mehr in den Vordergrund rückt das streckgrenzengesteuerte Montageverfahren. Hier wird es sich zu Nutzen gemacht, dass der Verlauf des Anzugsdrehmoments bei Erreichen der Schraubenstreckgrenze durch die einsetzende Plastifizierung deutlich abflacht. Um den Fließbeginn der Schraube zu erkennen, wird das Drehmoment und der Drehwinkel während des Anzugsvorgangs kontinuierlich gemessen und deren Differenzenquotient gebildet. Befindet sich die Schraube im linear-elastischen Bereich entlang der Hooksche Geraden, verläuft



dieser Quotient annähernd konstant. Erst bei Erreichen der Fließgrenze fällt der Quotient ab. Erreicht der Quotient einen definierten prozentualen Abfall, wird die Verschraubung beendet. Die tatsächlichen Größen des Anzugsmoments und des Anzugsdrehwinkels spielen hierbei eine untergeordnete Rolle. Hierdurch ist dieses Verfahren nahezu von Störeinflüssen unabhängig und die aus der genormten Mindeststreckgrenze resultierenden Mindestvorspannkraft wird sicher erreicht (Abbildung 2). Dieses Verfahren bedingt jedoch ein regelndes Schraubmontagesystem und ist somit teurer als das reine drehmomentgesteuerte Verfahren.

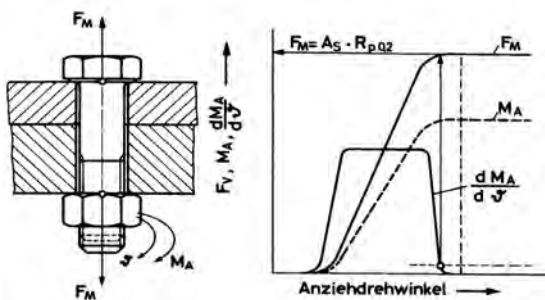


Abb. 1: Bestimmung der Montagevorspannkraft F_M aus dem Verlauf des Differenzenquotienten; streckgrenzenkontrolliertes Anziehen [3]

Organische Beschichtungen im Kraftfluss von Schraubenverbindungen

Da es bisher im Maschinenbau nicht geklärt ist, wie sich im Kraftfluss befindliche organische Beschichtungen auf die Montage und den Erhalt der Vorspannkraft auswirken und wie dies in der Auslegung nach der VDI-Richtlinie 2230 berücksichtigt werden muss, wird bei der Lackierung von Bauteilen meist viel Aufwand zur Maskierung der für die Schraubenverbindung relevanten Oberflächen betrieben, um eine Beschichtung in der Schraubenverbindung zu vermeiden.

Die Maskierung der Oberflächen in Schraubverbindungen stellt allerdings Schwachstellen in dem ansonsten hochwertigen Korrosionsschutz einer Anlage dar und führt zu einer deutlichen Kostensteigerung der Lackierarbeiten, da diese Maskierung der Schraubenverbindungsflächen in der Regel manuell durchgeführt werden. Auch besteht die Gefahr einer nicht korrekt durchgeführten Maskierung, wodurch es nach der Lackierung zu Nacharbeiten oder bei Nichtbemerken zu undefinierten Schraubenkontaktflächen kommen kann. [2] Ein derzeitiger Entwicklungstrend in der industriellen Praxis ist es, sich von einer Überlackierung des Endprodukts zu lösen und bereits

Einzelteile mit einem vollwertigen Korrosionsschutz zu überziehen. Dies ermöglicht Lagerung und Transport von korrosionsschutzten Einzelteilen. Auch können bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten die Schraubenverbindungen gelöst und defekte Teile ausgetauscht werden, ohne den Gesamtkorrosionsschutz der Anlage zu zerstören. Dieses Vorgehen hat jedoch zur Folge, dass sich gezwungenermaßen auch innerhalb der Schraubenverbindung organische Beschichtungen befinden (Abbildung 2). [2]



Abb. 2: Im Kraftfluss einer Schraubverbindung liegende Lackschichten; Durchsteckschraubverbindung (DSV) und Einschraubverbindung (ESV); [2]

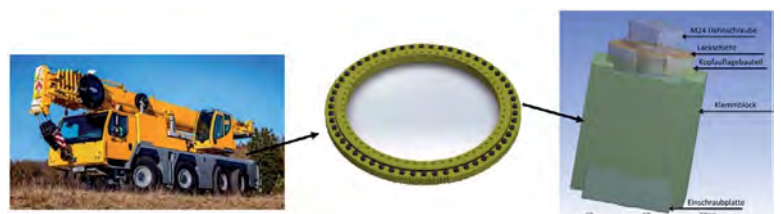
Um die Auswirkung der organischen Beschichtung auf den Montageprozess zu analysieren, führte die Hochschule Offenburg in Verbindung mit der Juko Technik GmbH, der Liebherr-Werk Ehingen GmbH und der Emil Frei GmbH & Co. KG Anzugsversuche auf lackierten Bauteilen durch. Hierbei lag der Fokus besonders auf der Fragestellung, ob die eingebrachte Korrosionsschutzschicht durch eventuell eintretende Fließ- und Kriecheffekte zu einem frühzeitigen Abfall des beim streckgrenzengesteuerten Anzugsverfahren als Regelgröße wirkenden Differenzenquotienten aus Drehmoment und Drehwinkel führt.

Versuchsbeschreibung

Als Referenzanwendung dient die Verschraubung eines Rollendrehkranes eines Mobilkranes der Liebherr-Werk Ehingen GmbH. Als Bindeglied zwischen dem Ober- und Unterwagen des Krans ist diese Verbindung enormen Kräften ausgesetzt. Eingesetzt werden M24 Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9. Die Verbindung hat eine Klemmlänge von ca. 100 mm.

Abb. 3: links und Mitte: Referenzanwendung Liebherr Mobilkran [6] und CAD-Modell des Drehkranes. Rechts: Herausgelöste Verschraubung zur Versuchsdurchführung [7]

Begleitend zu Montageversuchen am realen Kran wurden Versuche unter definierten Laborbedingungen durchgeführt. Hierzu wurde, um verschiedene Lackschichten auf ihren Einfluss auf die Schraubmontage zu untersuchen, die Verschraubung der Referenzanwendung auf einen Laboraufbau abstrahiert (Abbildung 3).



Durch sogenannte Kopfauflegebauteile, die bei der Montage mitverspannt werden, konnte gezielt der Einfluss von Korrosionsschutzschichten auf die Montageparameter untersucht werden. Diese Bauteile wurden von der Emil Frei GmbH & Co. KG mit fünf verschiedenen organischen Grundbeschichtungen auf der Kontaktfläche zwischen Bauteil und Schraubenkopf lackiert. Die erzielten Trockenschichtstärken lagen zwischen 100 µm und 120 µm. Von jedem Lacksystem wurden zehn Prüflinge hergestellt und untersucht. Von diesen fünf Systemen waren drei Systeme Vertreter der Nasslacke und zwei Systeme der der Pulverlacke. Es wurde darauf geachtet, dass die Systeme vor Beginn der Versuche vollständig ausgehärtet waren.

Durch das hydraulische Schraubmontagesystem Eco2Touch der Juko Technik GmbH in Verbindung mit dem Drehmomentschrauber Avanti 1 der Hytorc / Barbarino & Kilp GmbH wurden die Verbindungen mit dem streckgrenzengesteuerten Verfahren angezogen. Durch das eingesetzte Hydraulikwerkzeug wird ein Fügемoment von 257 Nm vorgegeben. Das Fügемoment dient dazu, eine flächige Auflage der Bauteile herbeizuführen. Somit kommt es durch Unregelmäßigkeiten im Drehmoment/Drehwinkelverlauf während der Anfangsphase nicht zu irrtümlichen Abbruch der Schraubmontage [1]. Ab diesem Anzugsmoment beginnen die Messung des Drehwinkels und die Überwachung des Differenzenquotienten als Abschaltkriterium. Vor der Montage wurde das Gewinde der Schrauben mit Hochleistungsfettpaste geschmiert, die Kopfauflegeflächen wurden nicht zusätzlich geschmiert. Die im Anlieferungszustand der Schraube belassene Kopfauflegefläche wurde durch den Schraubenhersteller mit einem Korrosionsschutzöl überzogen.

Die Drehmoment-/ Drehwinkel-Verläufe sind in Abbildung 4 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die Pulverlacke ein deutlich geringeres Anzugsmoment als die Nasslacke zum Erreichen der Streckgrenze benötigen. Da die im Gewinde auftretende Reibung aufgrund der unveränderten Rahmenbedingungen als konstant angenommen wird, ist dies auf eine deutlich geringere Kopfreibung zurückzuführen. Des Weiteren zeigt sich, dass der Streubereich der Endwerte der Anzugsdrehmomente bei Pulverlacken deutlich kleiner ausfällt als bei Nasslacken. Vor allem Nasslack 3 zeigt eine enorme Spannweite von 720 Nm in den Abschaltwerten des Drehmoments. Eine drehmo-

mentgesteuerte Montage wäre somit nicht prozesssicher möglich. Bei den beiden Pulverlacksystemen ist eine deutlich geringere Streuung erkennbar. Ein drehmomentgesteuertes Anzugsverfahren könnte somit prozesssicher eingesetzt werden.

Des Weiteren ist zu erkennen, dass auch die Abschaltwerte der Drehwinkel bei Erreichen der Schraubenstreckgrenze variieren, obwohl die Schrauben aus der gleichen Herstellcharge entnommen wurden und somit die gleiche Materialstreckgrenze haben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das notwendige Fügемoment des Anzugsverfahrens je nach Reibbedingungen eine undefinierte Schraubenvorspannung bewirkt. Bei niedrigen Reibungszahlen führt das Fügемoment zu einer hohen Schraubenvorspannung, hohe Reibungszahlen hingegen zu einer geringen Vorspannung. Somit ist der Belastungszustand der Schraube nach dem Fügемoment reibwertabhängig [8]. Hieraus ergibt sich, dass auch das drehwinkelgesteuerte Anzugsverfahren, vor allem wenn die Schraube nicht deutlich in den plastischen Bereich angezogen werden soll, reibwertabhängig ist.

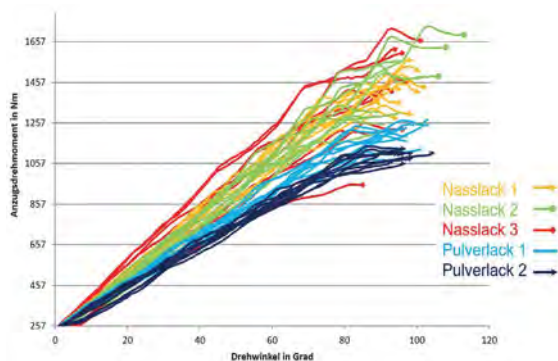


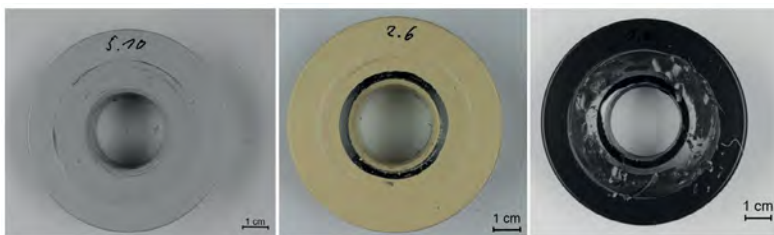
Abb. 4: Drehmoment/Drehwinkel-Verläufe der untersuchten Lacksysteme bei streckgrenzengesteuerter Montage [10]

Das Erreichen der Schraubenstreckgrenze wurde durch das Messen der Schraubenlänge verifiziert. Hierzu wurde mit einer Bügelmessschraube die Ausgangslänge der Schraube vor Anzug und die Länge nach Lösen der Schraube gemessen. Alle Schrauben wiesen eine deutliche bleibende Längenänderung auf und zeigten somit, dass die Streckgrenze trotz der fünf unterschiedlichen Lackschichten in der Kopfauflege bei allen Versuchen erreicht wurde. Das streckgrenzengesteuerte Anzugsverfahren war demnach in der Lage, prozesssicher trotz zum Teil extrem schwankender Reibbedingungen die Montage bei Erreichen der Schraubenstreckgrenze zu beenden. Die Lackschichten im Kraftfluss der Schraubenverbindungen beeinflussten den Verlauf des Differenzenquotienten als Steuerparameter der Montage nicht negativ.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass das Streckgrenzengesteuerte Verfahren sich dazu eignet, eine vorliegende Schraubenverbindung zu analysieren und auch die Prozesssicherheit anderer Schraubmontageverfahren zu bewerten. So können anhand des durch Streckgrenzengesteuerte Montage erzeugten Drehmoment-/ Drehwinkelverlaufs, Montageparameter für andere Montageverfahren, die in der Serienfertigung leichter zu realisieren sind, wie z.B. dem Drehmomentgesteuerten Verfahren, schraubfallspezifisch festgelegt werden.

In Abbildung 5 sind drei typische Verschleißbilder der Systeme Pulverlack 1, Nasslack 1 und Nasslack 3 dargestellt. Das Pulverlacksystem zeigte in den Versuchen sehr konstante Reibbedingungen. Die Kontaktfläche ist trotz der Relativbewegung zwischen Schraubenkopf und Bauteil geschlossen und unzerstört. Die Beschichtung hält der überlagerten Belastung aus Torsion und Druckspannung stand. Das Nasslacksystem 1 zeigt ein gemischtes Verschleißbild. Im Bereich der höchsten Flächenpressung unter dem Schraubenkopf nahe dem Schraubenschaft ist die Lackschicht vollständig abgerieben. Außerhalb dieser Zone ist die Lackschicht vollständig geschlossen. Das Verschleißbild des Nasslacks 3 zeigt eine deutlich zerstörte Lackoberfläche über den ganzen Auflagebereich. Dies spiegelt sich auch in den stark streuenden Anzugsdrehmomenten und somit in den Reibbedingungen wieder.

Abb. 5:
Typische Verschleißbilder der jeweiligen Systeme nach Streckgrenzengesteuerter Montage und Lösen. Links: Pulverlack 1, Mitte: Nasslack 1, Rechts: Nasslack 3 [2]



Referenzen/References:

[1] Richtlinie VDI 2230 Blatt 1: Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubenverbindungen. Berlin: Beuth Verlag GmbH, Nov. 2015
 [2] D. Isele: Analyse der Leistungsfähigkeit von Schraubenverbindungen mit Lackschichten im Kraftfluss, Unveröffentlichter Entwurf der Dissertation. Siegen, 2017
 [3] K. H. Illgner und J. Esser: Schrauben-Vademecum 9th ed. Bramsche: Rasch, 2001
 [4] W. Thomala und K. H. Kloos: Schraubenverbindungen: Grundlagen Berechnung Eigenschaften Handhabung 5th ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007
 [5] DIN EN ISO 898-1: Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl - Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen – Regelgewinde und Feingewinde Härteklassen - Regelgewinde und Feingewinde. Berlin: Beuth Verlag GmbH, Mai 2013
 [6] Liebherr-International Deutschland GmbH, Liebherr Mobilkran LTM 1090-4.2 URL <https://www.liebherr.com/de/deu/produkte/mobil-und-raupenkrane/mobilkrane/lm-mobilkrane/details/lm109042.html> (06.02.2018)
 [7] D. Isele: Analyse der Leistungsfähigkeit von Schraubenverbindungen mit lackierten Bauteile, 1. Offenburger Schraubenfachtagung. Offenburg, 13.09.2016
 [8] K. Rappenecker und D. Isele: Reibwertanalyse von Schraubenverbindungen bei lackierten Oberflächen, 1. Offenburger Schraubenfachtagung. Offenburg, 14.09.2016

Zusammenfassung

Durch die Versuche konnte gezeigt werden, dass eine im Kraftfluss der Schraubenverbindung liegende organische Korrosionsschutzschicht trotz ihres nichtlinearen Kompressionsverhaltens nicht zu einem Abbruch der Streckgrenzengesteuerten Schraubmontage führt. Durch die Auswertung des Drehmoment-/ Drehwinkelverlaufs lässt sich dieses Verfahren darüber hinaus als Analyse-Tool einsetzen. Somit lassen sich Montageparameter anderer Anzugsverfahren ermitteln und deren Prozesssicherheit im Vorfeld bewerten. Die untersuchten Pulverlacksysteme zeigten sich in den Versuchen als deutlich widerstandsfähiger als die untersuchten Nasslacksysteme. Dies spiegelt sich sowohl in den Spannweiten der Anzugsdrehmomente und -drehwinkel, wie auch in den Verschleißbildern wieder.

Es ist demnach möglich, organische Korrosionsschutzschichten gezielt in die Kontaktfläche von Schraubenverbindungen einzubringen und je nach System direkt auf dem Lack zu verschrauben. Weiterhin unklar ist jedoch, wie sich die Lacksysteme auf den Erhalt der Vorspannkraft, vor allem in Hinblick auf dynamische Belastungen und Temperaturwechsel, auswirken. Hierzu sind weiterführende Untersuchungen an der Hochschule in einem IGF-Projekt in Zusammenarbeit mit der Forschungsvereinigung Bau- und Baustoffmaschinen e.V. (FVB) geplant.

AUTOREN



Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele
 Dekan Fakultät M+V
 alfred.isele@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. Dietmar Isele
 Akademischer Mitarbeiter
 dietmar.isele@hs-offenburg.de



Klaus Rappenecker M.Sc.
 Akademischer Mitarbeiter
 klaus.rappenecker@hs-offenburg.de

Objektive Werte von Werkstoffkennwerten kennenlernen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, Ivan Rekun M.Sc.

Nur mit der richtigen Werkstoffauswahl kann ein sicherer und zuverlässiger Einsatz eines Maschinen- oder Anlagenbauteils gewährleistet werden. Bei der Werkstoffauswahl spielen dabei Computersimulationen eine immer größere Rolle, da hierbei kein realer Prototyp gebaut und getestet werden muss. Für realistische Simulationen müssen allerdings auch die Werkstoffeigenschaften im Computer angemessen beschrieben werden. Dies erfordert (bestenfalls objektive) Werkstoffkennwerte.

Only with the right material selection can a safe and reliable use of a machine or plant component be guaranteed. Computer simulations play an increasingly important role in the selection of materials, as no real prototype has to be built and tested. However, realistic simulations require an appropriate description of the material properties in the computer. The more complex the loadings of the component, the more material properties are needed and the more relevant is the question: Are the material properties still objective, i.e. are they unique and independent of the person who determined them?

Einleitung

Es ist eine wesentliche Ingenieursaufgabe, bei der Entwicklung von Maschinen- und Anlagenbauteilen die richtige Werkstoffauswahl zu treffen. Dabei können unterschiedliche Eigenschaften eines Werkstoffs bei der Auswahl wichtig sein, die in Form von Werkstoffkennwerten ausgedrückt und zum Vergleich unterschiedlicher Werkstoffe herangezogen werden können. Zu den grundlegenden mechanischen Werkstoffkennwerten, die in Werkstoffdatenblättern der Werkstoffhersteller und -lieferanten dokumentiert sind, gehören unter anderem die Zugfestigkeit. Sie kann für Baustahl beispielsweise Werte von bis zu 700 N/mm² erreichen, während ein Kunststoff wie Polystyrol lediglich eine Zugfestigkeit von ca. 50 N/mm² hat. Damit kann Baustahl natürlich deutlich höhere Kräfte bei gleicher Bauteilform ertragen, wie es für den Kunststoff der Fall ist. Die grundlegenden mechanischen Werkstoffkennwerte lassen sich vergleichsweise einfach aus dem Zugversuch, bei dem eine Werkstoffprobe bis zum Auseinanderbrechen in die Länge gezogen wird, bestimmen. Internationale Normen regeln dabei, dass unabhängig vom Prüflabor und der Person, die die Prüfung durchführt, dieselben Werte für ein und dieselbe Werkstoffprobe ermittelt werden. Damit sind diese Werkstoffkennwerte objektiv.

Die Bauteilentwicklung findet zunehmend mithilfe von Computersimulationen statt. Dabei wird das Bauteil mit seinen Belastungen wie Drücken, Kräften und Temperaturen in einem Computermodell abgebildet und über die Werkstoffkennwerte die Eigenschaften des Werkstoffs in der Simulation berücksichtigt. Anhand der Simulationsergebnisse können die Ingenieure schließlich erkennen, an welchen Stellen im Bauteil der Werkstoff sehr stark belastet wird und es unter Umständen zu einem Bauteilbruch kommen kann. Dadurch können kritische Stellen bereits früh im Bauteilentwicklungsprozess erkannt werden und ein Redesign oder eine andere Werkstoffauswahl erfolgen. Die Anzahl an teuren und zeitaufwendigen Tests von Prototypen in Prüfstandversuchen kann auf diese Weise deutlich reduziert werden.

Die grundlegenden Werkstoffkennwerte aus Werkstoffdatenblättern und dem Zugversuch sind nicht mehr ausreichend, wenn es um die Werkstoffauswahl und die Computersimulation von thermisch und mechanisch hoch beanspruchten Bauteilen geht, die beispielsweise in Turbinen, Motoren, solarthermischen Anlagen und Raketenantrieben eingesetzt werden. Durch die thermische Belastung dehnen sich

die Werkstoffe aus. Allerdings wird durch die Befestigung des Bauteils und die Temperaturunterschiede im Bauteil selbst die thermische Ausdehnung unterdrückt, wodurch Spannungen im Werkstoff entstehen. Diese Spannungen können derart hoch werden, dass der Werkstoff nicht mehr nur mit einer elastischen Deformation auf die Spannungen reagiert, sondern sich plastisch verformt, ähnlich einer metallischen Büroklammer, die einen zu großen Stapel Papier klammern soll. Außerdem kann der Werkstoff bei hohen Temperaturen „kriechen“, und die eingebrachten Spannungen können „relaxieren“. Dadurch würde die Büroklammer bei hohen Temperaturen mit der Zeit ihre Spannkraft verlieren und die Blätter nicht mehr zusammenhalten können. Diese und noch viele weiteren Phänomene, die für thermisch und mechanisch belastete Bauteile relevant sind, fließen in die Werkstoffauswahl mit ein und müssen durch entsprechende Werkstoffkennwerte quantifiziert werden.

Zur Bestimmung der Vielzahl an Werkstoffkennwerten, die das thermomechanische Werkstoffverhalten beschreiben, gibt es keine Normen und Richtlinien. Vielmehr zeigt die Erfahrung, dass unterschiedliche Werkstoffkennwerte für denselben Werkstoff bestimmt werden, wenn zwei unterschiedliche Personen die Werkstoffkennwerte aus Versuchsergebnissen aus der Werkstoffprüfung bestimmen. Damit verlieren die Werkstoffkennwerte ihre Objektivität, und eine Vergleichbarkeit der Eigenschaften von unterschiedlichen Werkstoffen anhand der Kennwerte ist nicht mehr möglich. In einem von der Europäischen Weltraumorganisation ESA finanzierten Projekt wurde an der Hochschule Offenburg daher untersucht, inwieweit bereits in der Werkstoffprüfung durch eine entsprechende vorgegebene Belastung bei Werkstoffproben Versuchsdaten generiert werden können, die letztendlich zwangsläufig zu objektiven Werkstoffkennwerten führen. Als Projektpartner waren die INTALES GmbH Engineering Solutions, Airbus Safran Launchers und Plansee beteiligt. Beim untersuchten Werkstoff handelte es sich um eine Kupferlegierung, die in Brennkammern von Raketentriebwerken eingesetzt wird und damit sehr hohen thermischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt ist.

Methodik und Ergebnisse

Die Bestimmung von Werkstoffkennwerten basiert auf Versuchsergebnissen aus der Werkstoffprüfung. Daher wurden unterschiedliche Szenarien betrachtet, wie die Werkstoffprobe im Versuch belastet werden kann, so dass die für die thermomechanischen Belastungen wichtigen Phänomene des Werkstoffverhaltens gemessen werden können. Eine beispielhafte Belastung ist als Dehnungs-Zeit-Diagramm in Abb. 1a dargestellt. Die Probe wird dabei sowohl gedehnt (positive Dehnung) als auch zusammengedrückt (negative Dehnung), um die bei einem Mehrfachstart einer Trägerrakete auftretende wiederkehrende Belastung nachzuahmen. Bei den Belastungszyklen werden unterschiedliche Dehnamplituden (Höhe der Dehnung in den unterschiedlichen Belastungszyklen) berücksichtigt, um das Werkstoffverhalten später in einem großen Verformungsbereich quantifizieren zu können. Schließlich werden unterschiedliche Belastungsgeschwindigkeiten getestet, da das Werkstoffverhalten insbesondere bei hohen Temperaturen durch die Belastungsgeschwindigkeit beeinflusst wird. Eine hohe Belastungsgeschwindigkeit äußert sich im Dehnungs-Zeit-Diagramm durch eine große Steigung der Kurve. Zuletzt beinhaltet die Belastung auch Haltezeiten, bei denen die Dehnung über einen bestimmten Zeitraum konstant gehalten wird, wodurch die Relaxation der Spannungen bei höheren Temperaturen bewusst provoziert wird.

In einer simulationsbasierten Studie wurde die Spannungsantwort unter Berücksichtigung unterschiedlicher Werkstoffkennwerte für die unterschiedlichen Dehnungs-Zeit-Verläufe berechnet. Für den in Abb. 1a dargestellten Dehnungs-Zeit-Verlauf ergibt sich für zwei beispielhafte Kombinationen von Werkstoffkennwerten der in Abb. 1b gezeigte Spannungs-Zeit-Verlauf. Die Kennwertkombination 1 wurde so gewählt, dass kein signifikantes Relaxieren der Spannungen und keine Abhängigkeit von der Belastungsgeschwindigkeit auftreten, wie es für niedrigere Temperaturen zu erwarten ist. Die Werkstoffkennwertkombination 2 zeigt hingegen starkes zeitabhängiges Werkstoffverhalten und eine geringere Festigkeit im Vergleich zur Kennwertkombination 1, wie es für höhere Temperaturen typisch ist.

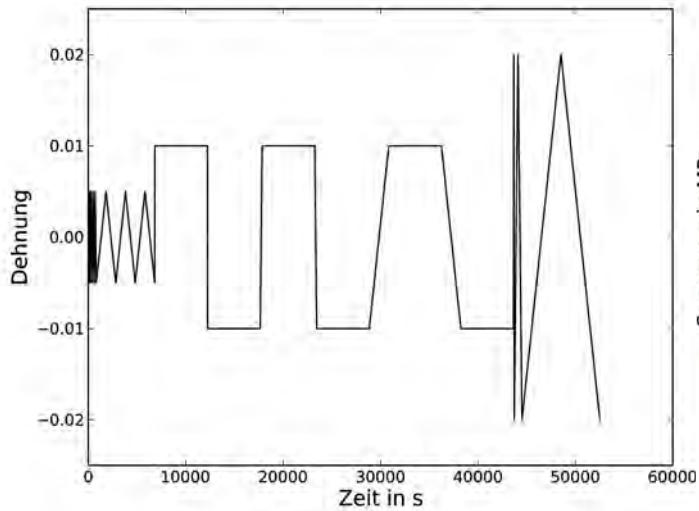


Abb. 1a:
beispielhafter Dehnungs-Zeit-Verlauf zur Messung wichtiger Phänomene des Werkstoffverhaltens bei höheren Temperaturen

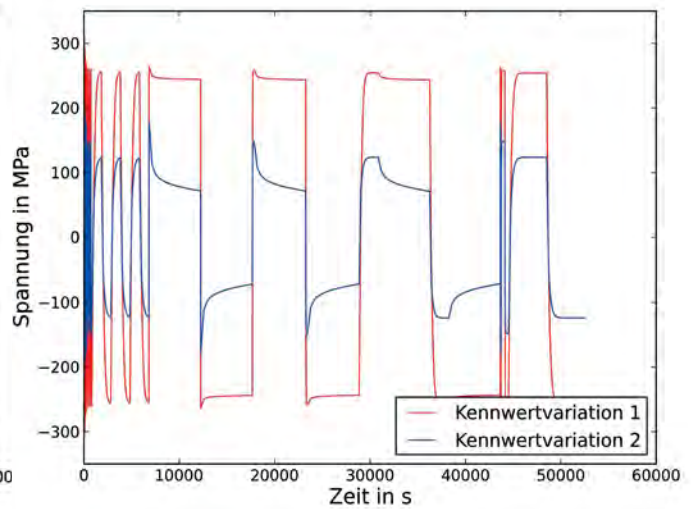


Abb. 1b:
für unterschiedliche Werkstoffkennwerte berechnete Spannungs-Zeit-Verläufe

Anhand der Ergebnisse aus einer Vielzahl von Berechnungen und unter Verwendung von fortschrittlichen mathematischen und statistischen Methoden [1,2] konnten Belastungsbedingungen identifiziert werden, für die objektive Werkstoffkennwerte bestimmt werden können. Hierzu wurden beispielsweise Unsicherheiten in den Werkstoffkennwerten über Standardabweichungen und Korrelationen zwischen Werkstoffkennwerten ausgewertet. Sind Werkstoffkennwerte korreliert, überträgt sich eine Unsicherheit in dem einen Kennwert auch auf den anderen.

Die Ergebnisse zeigen schließlich, dass es nicht nur von den Belastungsbedingungen im Versuch abhängt, ob sich objektive Werkstoffkennwerte ermitteln lassen, sondern ebenso dass das Werkstoffverhalten selbst einen großen Einfluss darauf nimmt. Ob auf Basis von Versuchsdaten bestimmte Werkstoffkennwerte tatsächlich objektiv sind, lässt sich erst nach der Kennwertbestimmung über die entwickelten mathematischen und statistischen Methoden feststellen. Mithilfe dieser Methoden ist es jedoch möglich Aussagen zu treffen, ob Werkstoffkennwerte aufgrund deren Objektivität überhaupt für einen Werkstoffvergleich verwendbar sind. Auf diese Weise können Fehlinterpretationen zum Werkstoffverhalten und bei der Werkstoffauswahl vermieden werden.

Zur Demonstration der Anwendbarkeit der entwickelten Belastungsbedingungen und der mathematischen und statistischen Methoden wurden beim Projektpartner PLANSEE Versuche an Werkstoffproben der betrachteten Kupferlegierung durchgeführt, wobei die vorgeschlagenen Dehnungs-Zeit-Verläufe zur Regelung des Versuchs herangezogen wurden. Die dabei bei einem Versuch bei vergleichsweise hohen Temperaturen gemessenen Spannungen sind in Abb. 2 mit den Symbolen dargestellt. Auf Basis dieser Versuchsdaten wurden schließlich die Werkstoffkennwerte der Kupferlegierung bestimmt. Mit diesen Werkstoffkennwerten ist mit dem Simulationsmodell eine sehr gute Beschreibung des Werkstoffs möglich (siehe Abb. 2). Es ergibt sich eine gute Übereinstimmung des gemessenen und berechneten Werkstoffverhaltens unter der wechselnden Belastung bei unterschiedlichen Belastungsgeschwindigkeiten und bei Haltezeiten. Darüber hinaus hat es sich gezeigt, dass insbesondere bei diesen hohen Temperaturen objektive Kennwerte vorliegen.

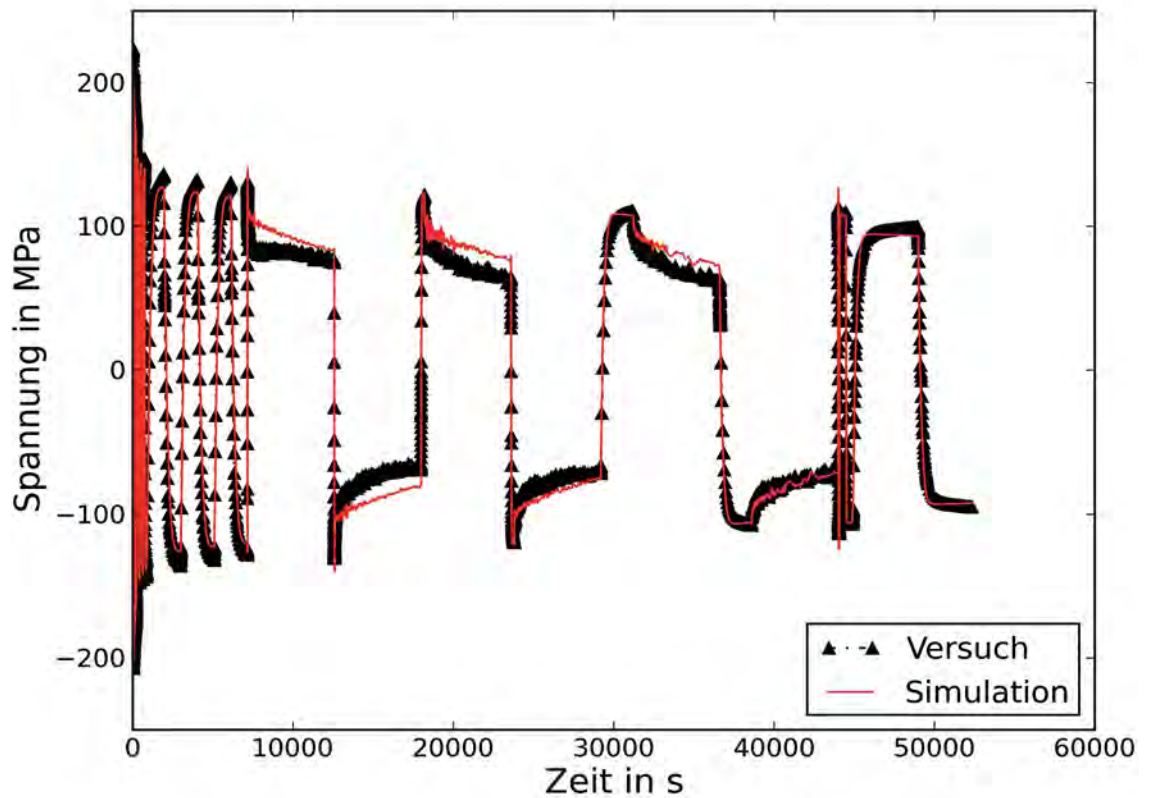


Abb. 2:
Spannungs-Zeit-Verläufe für die Kupferlegierung bei höherer Temperatur: Vergleich der im Versuch gemessenen mit der anhand der bestimmten Werkstoffkennwerte simulierten Spannungen

Zusammenfassung und Ausblick

Es wurden Dehnungs-Zeit-Verläufe vorgeschlagen, die die Messung von wichtigen Phänomenen des Werkstoffverhaltens bei hohen Temperaturen bei der Werkstoffprüfung zulassen. Zudem wurden fortschrittliche mathematische und statistische Methoden eingesetzt, die Aussagen zur Objektivität der Kennwerte ermöglichen, welche anhand der in den Versuchen gemessenen Spannungen bestimmt wurden. Werden in Abhängigkeit der Belastung und des gemessenen Werkstoffverhaltens objektive Werkstoffkennwerte ermittelt, dann können die Werkstoffkennwerte tatsächlich zum Werkstoffvergleich und bei der Werkstoffauswahl herangezogen werden. Die für eine Kupferlegierung bestimmten Werkstoffkennwerte können schließlich in Computersimulationen zum thermomechanischen Werkstoffverhalten von Raketentriebwerken eingesetzt werden. In zukünftigen Arbeiten soll überprüft werden, inwieweit weitere Informationen wie beispielsweise die Temperaturabhängigkeit von Werkstoffkennwerten genutzt werden können, um Unsicherheiten infolge von nichtobjektiven Werkstoffkennwerten zu reduzieren.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert
Fakultät M+V, Stellv. Institutsleitung IAF,
Werkstoffmechanik und -technik,
Finite-Elemente Methode,
Schadenskunde
thomas.seifert@hs-offenburg.de



Ivan Rekun M.Sc.
ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institutszugehörigkeit: M+V

Referenzen/References:

- [1] T. Seifert, Ein komplexes LCF-Versuchsprogramm zur schnellen und günstigen Werkstoffparameteridentifizierung, In: Tagungsband Werkstoffprüfung 2006, M. Borsutzki, S. Geisler (Eds.), Bad Neuenahr, 2006, 409-414
- [2] I. Rekun, T. Seifert, R. Jörg, Determination of stable and robust material properties for the assessment of thermomechanically loaded components of rocket engines with viscoplastic constitutive equations, In: Tagungsband 14th European Conference on Spacecraft Structures, Materials and Environmental Testing (ECSSMET), Toulouse, France, 2016

Entwicklung eines Aushärteprozesses zur Bedruckung von Glassubstraten

Dipl.-Phys. Lokman Altan, Prof. Dr.-Ing. Günther Waibel

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Härteverfahrens, bei dem simultan zum Druckprozess die keramische Farbpartikel auf das Glassubstrat aufgeschmolzen und damit ausgehärtet wird. Die Substitution des Vorspannofens zum Aufschmelzen der Farbe steht im Vordergrund, der aufgrund des Energieverbrauchs hohe Kosten verursacht. Ein vielversprechender Ansatz ist hier der Einsatz hoch energetischer Strahlquellen, z.B. Laserstrahlen.

The aim of the project is to develop a hardening process in which the ceramic colour particles are melted onto the glass substrate and thus cured simultaneously with the printing process. The substitution of the tempering furnace for melting the ink is in the foreground, which causes high costs due to the energy consumption. A promising approach here is the use of high-energy beam sources, e.g. laser beams.

Innerhalb des ZIM-Kooperationsprojekts „DigiKer – Digitaldruckverfahren für Keramikfarben“ mit der Firma Irlbacher Blickpunkt Glas GmbH mit Sitz in Schönsee wird an der Hochschule Offenburg (HSO) an einem Härteprozess zur Farbaufschmelzung auf Glassubstrate geforscht. Ziel ist das simultane Bedrucken und Einbrennen der Farbe auf der Glasoberfläche. Neben der Flexibilität während des Drucks- und Aushärteprozesses wird der Einbrennvorgang durch den geringen Energieverbrauch auch kosteneffizient. Da je nach Zusammensetzung Glasübergangstemperaturen (auch Erweichungstemperaturen genannt) von 550 °C bis 650 °C zur Farbaufschmelzung notwendig sind, besteht das Konzept darin, hochenergetische Strahlquellen als Energieträger zu verwenden. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von Laserstrahlen. An der HSO wird an unterschiedlichen Laserquellen zur Bearbeitung von bedruckten Glasproben geforscht. Aufgrund der optischen Eigenschaften des Glases können hierbei unterschiedliche Laserquellen eingesetzt werden. Neben der Variation der Laserleistung spielen auch die Wellenlänge der emittierten Laserstrahlen und der Betriebsmodus des Lasers eine zentrale Rolle. Weitere wichtige Parameter sind neben der Einwirkzeit auch die Verfahrensgeschwindigkeit des Lasers.

Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Günther Waibel werden in diesem Forschungsprojekt unterschiedliche Prozessmöglichkeiten zur Optimierung des Einbrennvorgangs untersucht.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

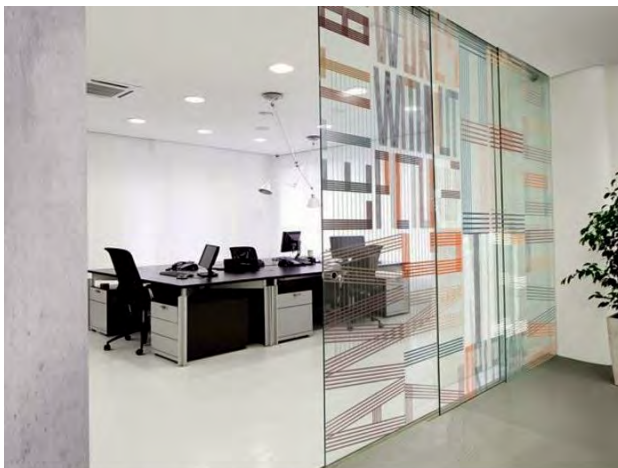
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Einleitung

Das Digitaldruckverfahren hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Mittlerweile hat sich die Digitaldrucktechnik auf dem Markt etabliert. Neben dem Siebdruckverfahren wird das Digitaldruckverfahren zum Bedrucken von Glassubstraten in diversen Industriezweigen eingesetzt. Mithilfe der Digitaldrucktechnologie werden vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten geschaffen. Aufgrund des individuellen und kundenspezifischen Designs können zum Beispiel kreative Einzelstücke im Innenbereich oder auch komplette Glasfassaden im Außenbereich realisiert werden. Sowohl die Bedruckungstechnik als auch die Farbtinte spielen hierbei eine wichtige Rolle. Beim Digitaldruckverfahren werden keine Drucksiebe verwendet, daher ist die Realisierung von Einzelstücken wirtschaftlich gesehen vertretbar. Im Gegensatz zur Siebdrucktechnik ist die Digitaldrucktechnik sehr flexibel und

als „Rapid-Prototyping-Verfahren“ wesentlich schneller verfügbar. Während beim Siebdruck ein aufwendiger Prozess von der Siebherstellung bis zum eigentlichen Druck durchlaufen werden muss, liegt bei der Digitaldrucktechnologie der fertige Druck schon nach wenigen Minuten vor. Die großen Vorteile des Digitaldruckverfahrens sind neben den kurzen Bearbeitungszeiten auch die niedrigen Kosten bei geringer Auflage. Mit der Digitaldrucktechnik können fotorealistische Motive in kürzester Zeit auf der Glasoberfläche aufgebracht werden. In beiden Bedruckungstechniken werden die keramischen Farbpigmente mit dem Substrat verbunden, sodass eine kratz- und abriebfeste Glasoberfläche entsteht. Neben den organischen Farbpigmenten werden seit einigen Jahren auch keramische Farbtinten eingesetzt, die aus anorganischen Pigmenten bestehen. Ein weiterer Bestandteil sind Glasfritten, die zur Erzeugung der Anbindung an das Glassubstrat verantwortlich sind. Die großen Vorteile von Keramikfarben sind die hohe mechanische Festigkeit und die Temperaturwechselbeständigkeit, die im Industriebereich in Verbindung mit Glas zunehmend gefordert wird. Keramische Farbpigmente können seit längerem im Siebdruck verarbeitet werden und sind mittlerweile auch im Digitaldruck am Markt vereinzelt verfügbar. Wie in Abbildung 1 dargestellt, ist die Gestaltung von Bürotrennwänden ein mögliches Einsatzgebiet. Weitere Einsatzmöglichkeiten finden sich in der Gebäudetechnik (z.B. Außenfassade), Hausgeräteindustrie (Kaffeemaschinen-Bedienoberfläche) oder auch in der Sanitärindustrie. Alle Druckverfahren haben jedoch eines gemeinsam: Zur Aushärtung der Keramikfarbe ist immer ein anschließendes Einbrennen der Farbe auf Glas erforderlich.



Forschungsvorhaben

Zum Einbrennen der Farbe wird heutzutage im Vorspannofen je nach Glassorte eine Temperatur von etwa $T = 600 \text{ °C}$ über mehrere Stunden bzw. Tage eingestellt. Neben dem hohen Energieverbrauch kommt noch der immense Platzbedarf in Fertigungshallen hinzu.

In diesem Forschungsprojekt wird nun der Aushärtprozess näher untersucht. Ziel des Projekts ist die Implementierung eines neuen und flexiblen Fertigungsschritts, z.B. durch den Einsatz einer Laserquelle, die die bedruckte Farbpigmente anstelle eines konventionellen Vorspannofens aushärtet. Mit der Anwendung eines Lasers ist der Energiebedarf deutlich niedriger. Als Fertigungsschritt ist noch kein Verfahren bekannt, dass die Keramiktinte synchron zur Farbaufbringung ausgehärtet wird. Der Vorteil eines Lasers ist das Erreichen hoher Temperaturen in kürzester Zeit. Die notwendigen Parameter für die Lasermaterialbearbeitung werden innerhalb des ZIM-Projekts durch verschiedene Versuchsanordnungen evaluiert.

An der Hochschule Offenburg besteht die Möglichkeit zur Nutzung unterschiedlicher Laserquellen. Der Laser wird dabei so eingesetzt, dass er simultan zum Druckprozess die Keramikfarbe aushärtet. Das Aushärtensystem kann dabei im Farbauftragsprozess in der Nähe des Druckkopfs angeordnet sein. Auch eine gegenüberliegende Anordnung des Laserkopfs ist denkbar (Abbildung 2).

Abb. 1:
Einsatzmöglichkeiten für den Digitaldruck
(hier als Bürotrennwand) [1]

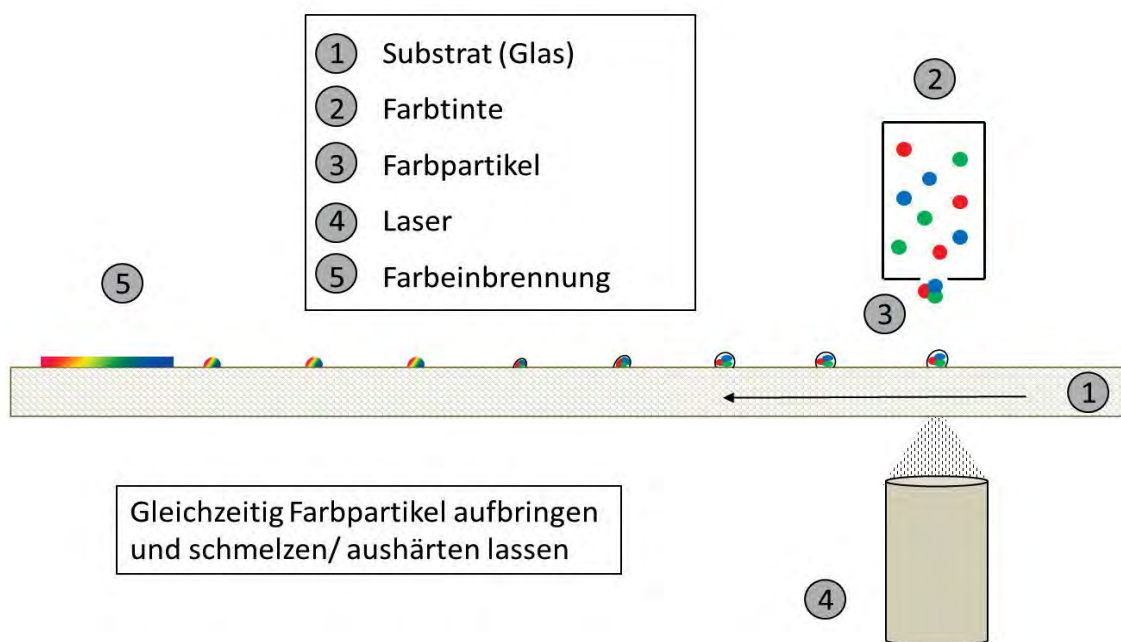


Abb. 2:
 Der Laserkopf befindet sich unmittelbar gegenüber dem Druckkopf. Die Idee liegt darin, kurz nach der Farbaufbringung die keramische Farbtinte von der Rückseite mit Laserstrahlen einzubrennen. Die bedruckte Glasprobe wird in einem Fertigungsschritt bedruckt, getrocknet und anschließend eingebrannt. Weitere Fertigungsschritte sind nicht erforderlich

Je nach erforderlicher Strahlcharakteristik können dabei verschiedene Laserquellen eingesetzt werden. Für den Einbrennvorgang muss neben der Farbtinte auch das Glasmaterial thermisch behandelt werden. Um das Glas in einem verformungsfähigen und weichen Zustand zu versetzen, muss die Glasübergangstemperatur erreicht werden. Dadurch wird gewährleistet, dass die Farbe mit der Glasoberfläche homogenisiert wird und dauerhaft auf der Oberfläche haften bleibt. Aus diesem Grund muss das Glasmaterial die emittierten Laserstrahlen weitestgehend absorbieren. Anhand spektroskopischer Analyse kann der Absorptionsgrad diverser Glassorten ermittelt werden. Am Spektrophotometer zeigt sich, dass Glas Lichtstrahlen sowohl im UV-Bereich als auch im fernen IR-Bereich weitestgehend absorbiert. Infrage kommen daher zwei Gaslaser, der Excimerlaser und der CO₂-Laser. Der Excimerlaser an der Hochschule arbeitet im ultravioletten Bereich, je nach Gaszusammensetzung zwischen 193 nm und 351 nm. Der Excimerlaser ist ein Puls laser und weist einen rechteckigen Strahlfokus auf. Aktuell ist das Lasermedium Argonfluorid (ArF), die Wellenlänge beträgt daher $\lambda = 248 \text{ nm}$. Im infraroten Bereich arbeitet der CO₂-Laser ($\lambda = 10,6 \mu\text{m}$). Die Laseremission des CO₂-Lasers ist kontinuierlich.

Erste Vorversuche

Zunächst einmal wurden erste Vorversuche mit bedruckten Glasproben am Excimerlaser, der einen rechteckigen Strahlfokus von ca. 9 mm x 23 mm aufweist, durchgeführt. Die

Maße der bedruckten Glasproben entsprechen nahezu der Strahlgeometrie des Lasers. Nach der Trocknungsphase wurde versucht, die Farbe mit Laserstrahlen in die Glasoberfläche einzubrennen. Dabei wurde weder die Glasprobe noch der Laserstrahl bewegt.

Unabhängig von der Laserleistung, der Laserausrichtung und der Einwirkzeit der Laserstrahlen auf der Glasoberfläche konnten bei einer Temperatur von etwa 400 °C stets Glasbrüche beobachtet werden. Grund hierfür sind die hohen thermisch induzierten Spannungen im Werkstoff, die zu Rissbildungen im Glasmaterial und nicht zur Farbaufschmelzung führen. Die Verteilung der Strahlintensität ist inhomogen, sodass verschiedene Temperaturen auf der Oberfläche gemessen wurden. Aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit folgt zudem, dass die Wärmeentwicklung nicht homogen auf der Oberfläche verteilt wird. Bei sehr kleinen Glasflächen werden jedoch Temperaturen oberhalb von 600 °C erreicht, und eine Farbaufschmelzung ist ersichtlich. Der Temperaturgradient ist dabei klein genug, damit das Material den induzierten Spannungen standhält und dadurch der Härteprozess initiiert wird.

Zur Reduzierung der thermisch induzierten Spannungen im Glasmaterial können zwei Maßnahmen getroffen werden. Wichtig hierbei ist hierbei die Streckenenergie E , die für den Einbrennvorgang von zentraler Bedeutung ist. Die Streckenenergie beschreibt den Quotienten aus Laserstrahl und Verfahrensgeschwindigkeit während des Aushärteprozesses. In der Technologie des Laserstrahlschweißens zählt

die Streckenenergie zu einem wichtigen Einflussfaktor [2].

$$E = \frac{P_{\text{Laser}}}{v} \quad (1)$$

Die Wärmeeinbringung Q ist schließlich das Produkt aus Streckenenergie und Wirkungsgrad.

$$Q = E * \eta \quad (2)$$

Die erste Möglichkeit besteht darin, die Laserquelle während des Prozesses in Bewegung zu setzen. Damit wird ein punktuell Erhitzen durch die Relativbewegung vermieden. Da jedoch der Excimerlaser eine überdimensionale Laseranlage beschreibt, ist eine Laserbewegung schwer umsetzbar. Ein Ausweg wäre die Bewegung der Glasprobe relativ zu den Laserstrahlen. Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der thermisch induzierten Spannungen ist die Anwendung eines Heiztisches zur Vorwärmung der Glasproben. Dabei wird das Glas von der Rückseite vorgewärmt. Die Verringerung der Temperaturunterschiede weist sinkende Spannungszustände im Glasmaterial auf. Hohe Spannungsspitzen innerhalb des Materials werden dadurch vermieden.

Versuchsaufbau und -durchführung

Im Laserlabor wird innerhalb des ZIM-Projekts ein Versuchsaufbau zur Farbaufschmelzung auf Glassubstraten durch Laserstrahlen realisiert. Eine automatisierte Verfahreinheit, die in allen drei Richtungen verstellbar ist, wird konstruiert und aufgebaut. Dadurch wird eine Relativbewegung der Proben zu den Laserstrahlen gewährleistet. Zur Prozessüberwachung wird ein berührungsloser IR-Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur auf der Glasoberfläche eingesetzt. Für die Laserstrahlführung und -fokussierung befinden sich weiterhin optische Komponenten wie Spiegel und Linse im Versuchsaufbau (siehe Abbildung 3). Zusätzlich wurde eine Heizvorrichtung zur Vorwärmung der Glasproben konstruiert und aufgebaut. Die mögliche langfristige Lösung liegt darin, den Härteprozess mit beidseitiger Laserbehandlung durchzuführen. Der erste Laser wärmt die bedruckte Glasprobe von unten auf eine bestimmte Temperatur auf, während der zweite Laser dann schließlich den Einbrennvorgang von oben ausführt.

Erste Versuche zeigen bei einer Vorwärmtemperatur von 400 °C eine erfolgreiche Farbeinbrennung mit Laserstrahlen. Nachdem die automatisierte Verfahreinheit in der nächsten Zeit in Betrieb genommen wird, steht die Durchführung diverser Parameterstudien in Planung. Dabei wird evaluiert, welche Vorwärmtemperatur bei einer Rasterfahrt für die Farbaufschmelzung noch erforderlich ist.

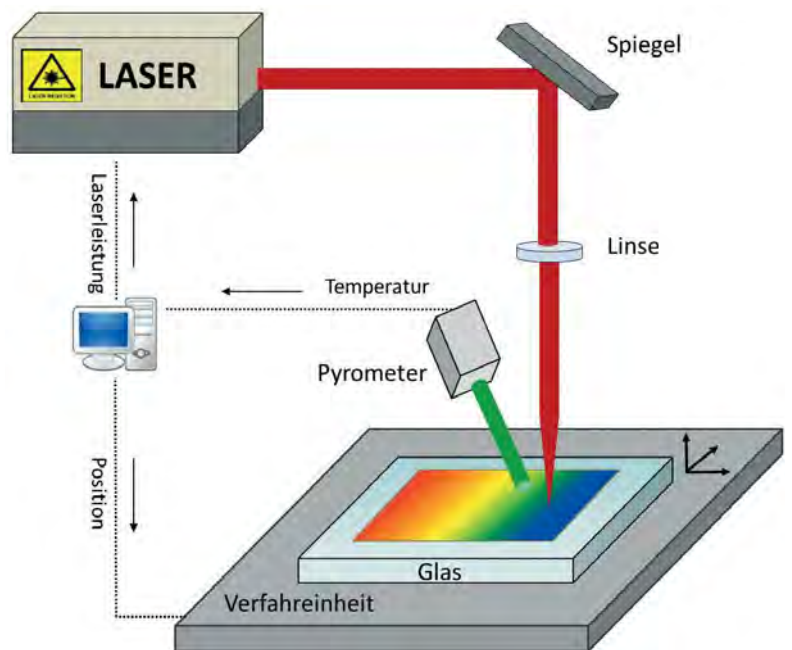


Abb. 3: Versuchsaufbau im Laserlabor. Es werden diverse Laserversuche zum Härteprozess bedruckter Glasoberflächen im Laserlabor an der Hochschule Offenburg durchgeführt. Als Prozessparameter dient ein Pyrometer, der berührungslos die Oberflächentemperatur misst.

Mithilfe des Rasterelektronenmikroskops (REM) an der HSO werden die Probanden optisch analysiert. Der optische Vergleich der bedruckten Proben vor und nach der Laserbestrahlung wird untersucht. Abbildung 4 zeigt den Vergleich einer bedruckten und nicht gehärteten Probe zu einer mit Laserstrahlen gehärteten Glasprobe. Deutlich erkennbar sind die einzelnen Farbpigmente im trockenen bzw. nicht gehärteten Zustand. Nach der Laserbearbeitung werden die einzelnen Farbpigmente im Glaselement verschmolzen und integriert. Die vereinzelt Pigmente sind nicht mehr sichtbar.

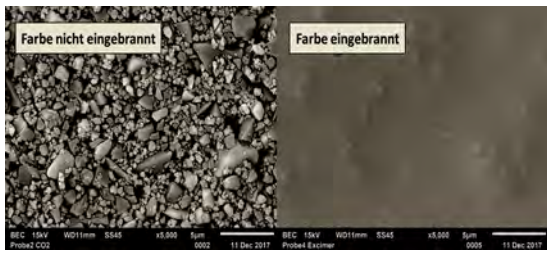


Abb. 4:

Vergleich der Farbpigmente vor und nach der Farbaufschmelzung. Zu erkennen sind REM-Aufnahmen bei einem Vergrößerungsfaktor von 5000. Nach dem Härtevorgang sind die einzelnen Pigmente, die noch vor der Farbaufschmelzung gut zu erkennen sind, zu einer homogenisierten Einheit verschmolzen. Es sind keine vereinzelt Pigmente nach dem Härteprozess zu erkennen

Zusammenfassung und Ausblick

Mithilfe einer hoch energetischen Energiequelle werden Versuche zur Aushärtung der mit Keramikfarbe bedruckten Glassubstrate durchgeführt.

Erste Versuche zeigen, dass durch die hohen Spannungszustände die bedruckten Glasproben bei einer Temperatur von 400 °C zu Bruch gehen. Eine Relativbewegung der Glasprobe zur Laseranlage bzw. eine Vorwärmeinrichtung könnten hierbei das Problem lösen. Erste Tests zeigen, dass Glasproben bei einer Vorwärmtemperatur nicht zur Rissbildung führen. An der Hochschule Offenburg wurde ein Versuchsaufbau mit einer automatisierten Verfahrenheit inkl. eines Heitztischs konstruiert und aufgebaut. Entsprechende Versuche werden in naher Zukunft durchgeführt.

Parallel zu den Versuchsdurchführungen im Laserlabor wird mit ABAQUS eine Simulation zur Beschreibung der Temperaturverteilung und der daraus resultierenden Spannungen aufgestellt (Abbildung 5).

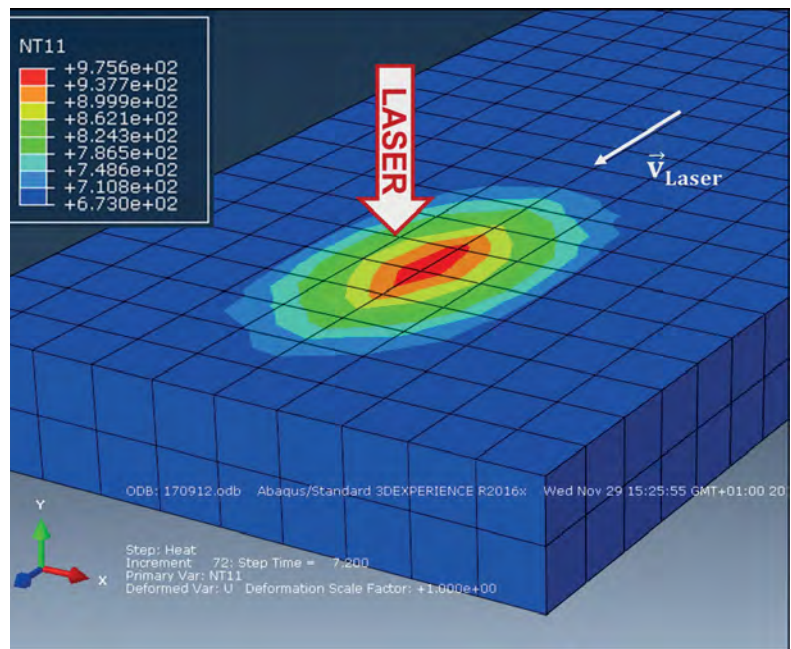


Abb. 5:

Simulation einer bewegenden Wärmequelle zur Bestimmung der Oberflächentemperatur und der thermisch induzierten Spannungen. Sowohl die Verfahrensgeschwindigkeit \vec{v}_{Laser} als auch die Laserleistung und die Strahlform können dabei variiert werden

AUTOREN



Dipl.-Phys. Lokman Altan
Akademischer Mitarbeiter, Fakultät M+V,
Projektkoordination „DigiKer“
lokman.altan@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Günther Waibel
Fakultät M+V, Projektleitung „DigiKer“,
Maschinenelemente und
Produktentwicklung
guenther.waibel@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Thiele AG: <https://www.heinze.de/produktserie/keramischer-digitaldruck-auf-glas-tg-printdigital/15590564/1/>, 22.01.2018
- [2] Ernst Lorch AG: „Verringerung von Fehlern bei der werkstoffspezifischen Bestimmung von Streckenenergie und Wärmeeinbringung moderner Lichtbogenschweißprozesse“, 23.01.2017

BETRIEBSWIRTSCHAFT UND WIRTSCHAFTSINGENIEURWESEN

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 das 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 e-Commerce, aber auch Wirtschaftsinformatik und Lean-Produktion umfassen. Auch im letzten Jahr konnten einige Labore neu eingerichtet bzw. erweitert werden. Dazu wurden umfangreiche Mittel u.a. aus bundesweiten Programmen erfolgreich eingeworben – so stehen für die Forschung seit kurzem z. B. eine Biaxialprüfmaschine und ein Leichtbauroboter für sensitive Montagearbeiten zur Verfügung. Zudem konnte im Labor Rapid Prototyping ein neuer 3D-Multimaterialdrucker in Betrieb genommen werden, der bis zu sechs Materialien gleichzeitig verarbeiten kann. Diese gute Ausstattung der Labore und ihre stetige Forschungsarbeit schlagen sich auch in der steigenden Zahl ihrer kooperativen Promotionen nieder. Ein weiteres Indiz für erfolgreiche Forschung an der Fakultät B+W ist die Einwerbung von Drittmitteln, wie z. B. für „die Untersuchung der Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens“. Die regionale Wirtschaft nutzt dabei gern die umfangreiche Expertise der Fakultät für eine direkte Zusammenarbeit in Forschungsprojekten. So konnte das Labor Innovationsmanagement in Zusammenarbeit mit einem regionalen Partner erweitert werden.

Darüber hinaus ist in den letzten Jahren die Kooperation zwischen den Fakultäten stark ausgebaut worden. So ist die Wirtschaftsinformatik ein Teil der fakultätsübergreifenden Forschungsgruppe Business Analytics.



Das Labor Prototyping entwickelte in Zusammenarbeit mit dem Institut IUAS zwei 3D-gedruckte Unmanned Aerial Vehicles „UAVs“, die hervorragende Flugeigenschaften aufweisen (Hintergrundbild). Diese Arbeit wird aktuell im Forschungsprojekt ELCOD auf internationaler Ebene fortgesetzt. Hier arbeiten Kollegen aus drei Fakultäten der Hochschule Offenburg mit Forschern aus Frankreich gemeinsam an der Entwicklung eines Langstrecken-UAVs, das z. B. zum Umwelt-Monitoring genutzt werden kann.

Dekan Prof. Dr. Philipp Eudelle

How to Formulate Knowledge to Support Decision Making?

Prof. Dr. rer. pol. Habil. Matthias Graumann

Betriebswirtschaftliches Wissen dient der Unterstützung von Entscheidungen, mit denen Ziele erreicht werden sollen. Allerdings wird das Wissen häufig anhand von Tendenzaussagen formuliert. Wie baut man solche Aussagen in Zielfunktionen ein, die von Computern verarbeitet werden? Eignen sich hierfür mengentheoretische Prädikate auf der Grundlage der Strukturalistischen Wissenschaftstheorie?

The sole reason for getting engaged in decision making is to achieve objectives. Knowledge in Business Administration is to support decision making but the knowledge is often formulated using comparative notions. How can this knowledge be integrated in objective functions which are processed by computers? Should knowledge and objective functions be formulated via set theoretic predicates on the basis of the Structuralist Philosophy of Science?

Business Administration belongs to the applied sciences. It produces knowledge which helps people to master important aspects of life. As mastering life requires decision making, Business Administration ought to present its findings in a way that they can be used by Decision Analysis (Graumann 2004). Decision Analysis is a method grounded on formalized axioms and focuses on the application of decision theory to real-world, complex problems (Miles 2007). It seeks to guide decision makers "mindful that their instinctive judgements may not satisfy the tenets and imperatives of normative decision theory" (French et al. 2009, p. 78). Decision Analysis takes cognitive limitations into account and makes explicit reference to heuristics. It is not to be confused with the classic concept of rationality which assumes perfect information on behalf of the decision maker. Because of its effective support Decision Analysis has been applied to numerous important decisions in business, politics, and corporate law (Keeney 1996; Lawrence & Kleinmann 2010; Graumann 2011; Graumann & Grundel 2016).

Objective Function

Decision Analysis recommends to split up the decision process into certain phases, each of them placing different information processing demands on the decision maker (Simon et al. 1987). The phases are shown in figure 1. The objective function links the decision ma-

ker's options and objectives to each other and relies on predictions. It, thus, belongs to the prediction phase (figure 1, bold print).

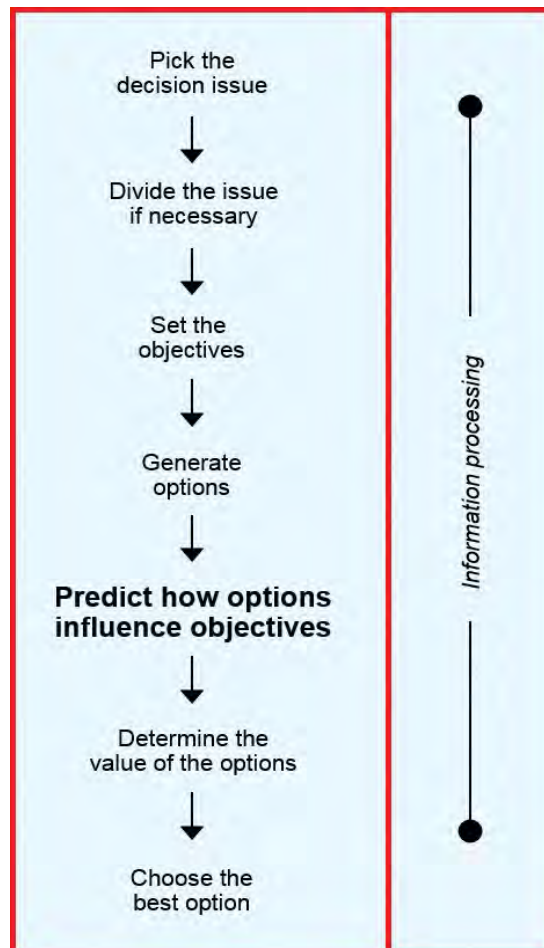


Fig. 1: Phases of a Decision Process

Constructing an objective function can be difficult if many uncertain events have to be taken into consideration. If there were only 10 variables in an objective function with three values each, no less than 59,000 combinations would have to be processed. Obviously, this can only be achieved by seeking the assistance of a computer. But when a computer is to process the objective function, the function has to be formulated in a formal language.

The formalization is easy if the function is based on metric notions; it is difficult if the function is based on comparative notions. This issue is relevant for Business Administration because its findings about causal influences are often presented by using comparative notions like “more” or “less.” A strict demand for metric notions would, therefore, exclude major parts of its knowledge from being used in computer-based objective functions. So the question arises: How can knowledge from Business Administration be incorporated in objective functions even though it may be expressed by comparative notions? Let us look at an example.

Example

A corporation suffers from illness-induced absence from work. Personnel managers feel the need to make a decision how to cope with the problem. They set two objectives:

- Illness-induced absence from work should be as small as possible.
- Costs induced by new measures should be as small as possible.

In order to achieve their objectives the managers look for knowledge from Business Administration. They find a model developed by Graumann et al. (2017) which shows that illness-induced absence from work is inversely correlated with high levels of commitment and job satisfaction. The model also shows that the latter variables depend on a number of factors from which career opportunities, pay, transformational leadership and work-life-balance are of prime importance.

The managers use the model not only to stimulate the generation of options. As shown in figure 2 the model also serves as the basis for linking options to objectives and, thus, prepares the ground for the objective function. But unfortunately, the model rests on comparative notions (e.g. “If commitment increases, illness-induced absence from work decreases”). How can the model be formulated so that a computer will be able to process the objective function?

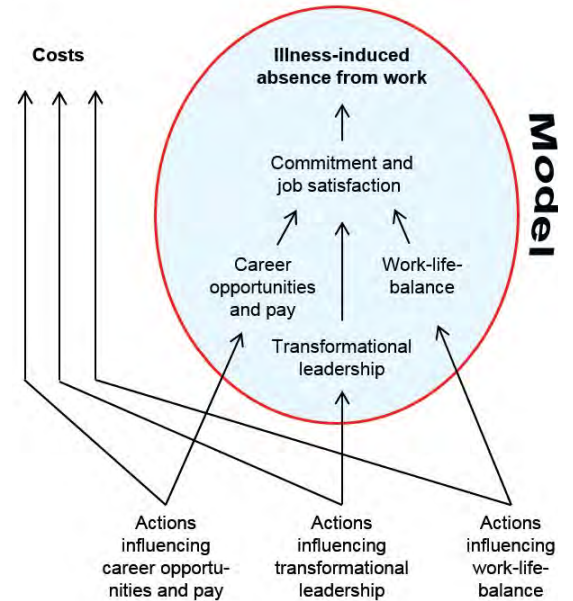


Fig. 2: Managers Use a Model from Business Administration so Support Their Decision Making

The straight-forward answer is easy: Objective functions should be formulated in a formal language. But now even more questions come up: Which kind of language is feasible for this and how can this language be practically applied to objective functions? This research project aims at answering these questions by making reference to the set theoretic language and the Structuralist Philosophy of Science.

Set Theoretic Language

The Structuralist Philosophy of Science emanated from the Analytical Philosophy and is a modern theory within the philosophy of science (Stegmüller 1986; Balzer, Moulines & Sneed 1987). It provides researchers with a formal structure to which all sorts of empirical models can be traced back. This structure can be delineated even further, according to the specific interests of the researchers. From a formal point of view, the main options are the use of informal set theory or predicate logic. In the research project, informal set theory is chosen because it is easy to grasp and fulfills the needs, i.e. serves as a formal language (Zelewski 2007).

The methodological basis of the informal set theory is the principle of comprehension. It allows for linking propositions to sets (and vice versa) as long as certain technical conditions are fulfilled, but this is usually the case (Balzer 2009). If this principle is combined with the basic semantics shown in figure 3, the objects

existing in the world of the model can be regarded as sets between which relations exist. A language which refers to these sets and relations is called set theoretic language. Its propositions are formulated via set theoretic predicates.

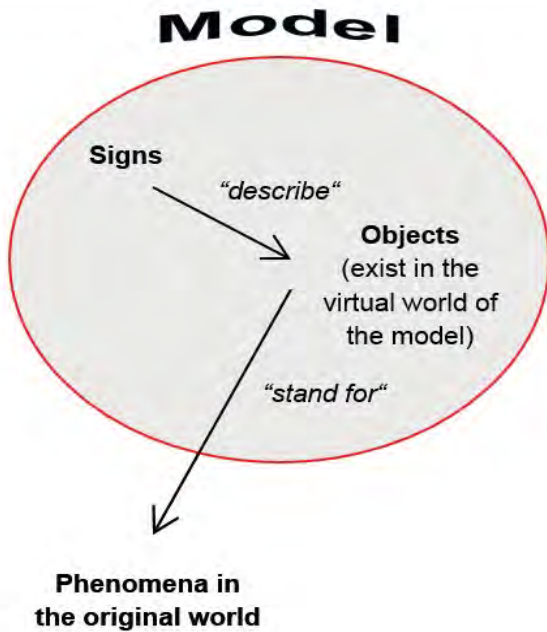


Fig. 3:
World of the Model Versus Original World
(Balzer 2009, p. 82, figure 2.5)

The set theoretic language has a number of advantages. The first advantage is that this language is able to serve as an overall scientific language, suitable for expressing knowledge from all empirical sciences. The second advantage is one of precision. If a model is formulated via a set theoretic predicate, it is possible to describe the incorporated knowledge precisely and clearly. The third advantage refers to the connection of different models. Formulating models via set theoretic predicates enable researchers to connect these models with each other in a transparent way (Moulines 1992). This is of importance in order to create more comprehensive models and, thus, achieve a more effective decision support. The fourth advantage which is particularly interesting for Business Administration is that all kinds of notions (be they metric, comparative, or classificatory) can be expressed in a formal language (Graumann & Beier 2005).

In the research project it is to be demonstrated how objective functions are expressed via set theoretic predicates. Once this will have been accomplished, it will be analyzed how models from Business Administration with comparative notions can be incorporated into these objective functions.

Referenzen/References:

[Balzer, W. (2009). Die Wissenschaft und ihre Methoden (2nd ed.). Freiburg
Balzer, W., Moulines, C.U. & Sneed, J.D. (1987). An Architectonic for Science. Dordrecht
Eisenführ, F., Weber, M. & Langer, T. (2010). Rational Decision Making. Berlin et al
French, S., Maule, J. & Papamichail, N. (2009). Decision Behaviour, Analysis and Support. Cambridge et al
Graumann, M. (2004). Ziele für die betriebswirtschaftliche Theoriebildung. Ein entscheidungstheoretischer Ansatz. Berlin
Graumann, M. (2011). Der Entscheidungsbegriff in § 93 Abs. 1 Satz 2 AktG – Rekonstruktion des traditionellen Verständnisses und Vorschlag für eine moderne Konzeption. In: Zeitschrift für Unternehmens- und Gesellschaftsrecht (ZGR), vol. 40, pp. 293–303
Graumann, M., & Beier, M. (2005). Organization Design – A Set Theoretic Decision Model for the Reinsurance Enterprise. In: Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft, vol. 94, pp. 281-322
Graumann, M., Foit, K., Burkhardt, A. & Venohr, D. (2017) Entscheidung über Maßnahmen zur Senkung des Krankenstands. In: Zeitschrift Führung + Organisation, vol. 86, pp. 298-305
Graumann, M. & Grundei, J. (2016). Lohnt sich eine Hierarchieabflachung? Wie der Aufsichtsrat die Entscheidung des Vorstands überprüfen kann. In: Board – Zeitschrift für Aufsichtsräte in Deutschland, vol. 2, pp. 161-164
Keeney, R.L. (1996). Value-focused Thinking. Cambridge
Lawrence, K.D. & Kleinmann, G. (2010). Applications in Multicriteria Decision Making, Data Envelopment Analysis, and Finance. Bingley.
Miles, R.F. Jr. (2007). The Emergence of Decision Analysis. In W. Edwards, R.F. Miles Jr. & D. v. Winterfeldt (Eds.), Advances in Decision Analysis. Cambridge, pp. 13-31
Moulines, C.U. (1992). Structures, Links, and Holons. In H. Westmeyer (Ed.), The Structuralist Program in Psychology. Foundations and Applications. Seattle, pp. 13-26
Simon, H. et al. (1987). Decision Making and Problem Solving. In: Interfaces, vol. 17, pp. 11-31
Stegmüller, W. (1986). Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie. Die Entwicklung des neuen Strukturalismus seit 1973. Theorie und Erfahrung (2nd book). Berlin
Zelewski, S. (2007). Beurteilung wissenschaftlichen Fortschritts. In: Die Betriebswirtschaft, vol. 67, pp. 445-481

AUTOR



Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann
Fakultät B+W
Professor für Betriebswirtschaftslehre,
Unternehmensführung und Organisation
matthias.graumann@hs-offenburg.de

Projektmanagement normen heißt: Zusammenarbeit optimieren – insbesondere international

Prof. Dr.-Ing. Steffen Rietz

So wichtig wie Forschungsaktivitäten am Anfang jeder Entwicklung sind, so wichtig ist die Normungsarbeit zu einem späteren Zeitpunkt, um Ergebnisse und Erkenntnisse möglichst vielen Personen und Organisationen zugänglich zu machen, diese zu synchronisieren. Genormte und/oder standardisierte Vorgehensweisen sparen nachweislich Zeit und Geld, bringen Sicherheit und Kalkulierbarkeit und ermöglichen oft überhaupt erstmals die internationale Zusammenarbeit. Letzteres wird in den Normen zum Projektmanagement besonders deutlich, die die Hochschule Offenburg national wie international aktiv mitgestaltet.

As important as research activities at the beginning of every development are, so important is standardization work at a later date, in order to make results and findings accessible to as many people and organizations as possible, to synchronize them. Standardized procedures demonstrably save time and money, bring security and calculability and often make international cooperation possible for the first time.

Ein professionelles Projektmanagement hilft immer! So eindimensional diese Aussage ist, so wahr ist sie auch. Über ein Drittel des deutschen Bruttoinlandprodukts wird direkt oder indirekt in Projekten erwirtschaftet. [1] Unsere Studenten arbeiten in Seminaren projektorientiert und müssen ihre Projektmanagementkenntnisse oft schon vor dem Berufseinstieg im Praxissemester und einer industrienahe Abschlussarbeit anwenden. Professoren und Hochschulvertreter vermitteln in Industriekooperationen nicht nur ihre Forschungserkenntnisse, sondern leiten selbst Transfer-, Implementierungs- oder Rollout-Projekte. Auch die Zuteilung von Forschungsgeldern ist nicht nur an innovative Ideen geknüpft, sondern an eine professionelle und transparente Projektplanung, die den Projekterfolg durch systematisches und strukturiertes Arbeiten frühzeitig sicherstellt.

Konzerne und auch der gehobene Mittelstand haben oft Inhouse-Vorgehensweisen, wie ihre Organisations- und Entwicklungsprojekte zu planen und zu steuern sind. Unternehmens- und produktspezifische Strukturen und etablierte Abläufe helfen bei der Bewältigung bekannter Projektrisiken. Schwierig wird es, wenn Klein- und Mittelständische Unternehmen (KMU) sich keine eigene Zentralabteilung für den Aufbau und die Betreuung eines eigenen professionellen Projektmanagements (PM) leisten können. Anspruchsvoll wird es auch in Kooperationsnetzwerken und in öffentlichen Projekten, in denen wirtschaftliche Interessen auf behördliche Anforderungen treffen. Die Öffentlichkeit, Medien und nicht zuletzt Wahlzyklen wirken als Katalysator für interdisziplinäre Herausforderungen. Stuttgart21, der BER Hauptstadtflughafen und die inzwischen eingeweihte Elbphilharmonie sind nur die Spitze des Eisbergs. Will man auf gesicherte Erkenntnisse zurückgreifen, die Erfahrungen und Erfolge anderer nutzen, so gilt auch im PM die Maxime, auf etwas Bewährtes, etwas Genormtes zurückzugreifen.


Nationale & internationale Normen im Projekt-/ Programm- und Portfoliomanagement	
entstanden im DIN NQSZ 4 Spiegelgremium des ISO TC 258 (Stand: 03/2018)	
	
Nationale Normen:	
•	DIN 69900 „Projektmanagement – Netzplantechnik, Beschreibungen und Begriffe“
•	DIN 69901 „Projektmanagement – Projektmanagementsysteme“ <ul style="list-style-type: none"> ○ Teil 1: Grundlagen ○ Teil 2: Prozesse, Prozessmodell ○ Teil 3: Methoden ○ Teil 4: Daten, Datenmodell ○ Teil 5: Begriffe
•	DIN 69909 „Multiprojektmanagement – Management von Projektportfolios, Programmen und Projekten“ <ul style="list-style-type: none"> ○ Teil 1: Grundlagen ○ Teil 2: Prozesse, Prozessmodell ○ Teil 3: Methoden ○ Teil 4: Rollen
•	DIN Fachbericht ISO 10006 (dt. Fassung von ISO 10006) „Qualitätsmanagementsysteme – Leitfaden für Qualitätsmanagement in Projekten“
Internationale Normen:	
•	ISO 21500 „Guidance on project management“
•	ISO/DIS 21503 „Project, Programme ans portfolio management - Guidance on programme management“
•	DIN/ISO 21504 „Project, Programme ans portfolio management - Guidance on portfolio management“
•	DIN/ISO 21505 „Project, Programme ans portfolio management - Guidance on governance“
⇒	Sprechen Sie uns gern auch an bzgl. der Schnittstellen zu stark themenverwandten Normen im Qualitätsmanagement (ISO 9000 ff.), im Risikomanagement (ISO 31000), zu ergänzenden Standards (ICB 4 der IPMA, 6 th PMBoK des PMI) oder zu den Sie betreffenden branchenspezifischen Lösungen (genormt z.B. in der Luft- und Raumfahrt, im Bauwesen, in der IT, etc.)

Abb. 1: Normen zum Projekt- und Multiprojektmanagement

Die Entstehung einer Projektmanagement-Norm kennen und beeinflussen

Prof. Steffen Rietz ist seit vielen Jahren aktives Mitglied in der deutschen und internationalen Normung zum Projekt-, Programm- und Portfoliomanagement. Als Obmann des DIN-Normungsausschusses bleibt er auf absehbare Zeit auch deutscher Delegierter in der Internationalen Normung der ISO. Aus dieser frühen Kenntnis der langen Entstehungsgeschichte einer Norm resultieren manigfaltige Vorteile:

- Ein Wissensvorsprung von bis zu fünf Jahren, welche Normen mit welchen Schwerpunkten und welcher Intention entstehen werden. So können Ausbildungsschwerpunkte der Studenten sowie die Unterstützung regionaler Unternehmen frühzeitig daran ausgerichtet werden.

- Ein Gefühl, welche der weit über 50 in der ISO vertretenen Staaten (alle führenden Industrienationen engagieren sich hier konsensorientiert) sich auf hohem Niveau um ein weltweit einheitliches PM-Verständnis bemühen und dies mit nationalen Ratifizierungen, Übersetzungen, ergänzenden Implementation Guides u.ä. unterstützen, eigene/konkurrierende nationale Normen zurückziehen, ... oder nicht. Akzeptanz ist skalierbar.
- Das Verständnis, warum es überall auf der Welt Projektleiter gibt, aber doch jeder ein anderes Rollenbild vor Augen hat. Das Niedergeschriebene in der Norm ist der kleinste gemeinsame Nenner, aber in vielen Ländern wird die Delegation von Projektverantwortung auf die Arbeitsebene doch sehr unterschiedlich interpretiert.
- Das Verständnis, warum ein überdurchschnittlicher Anteil internationaler Reibungspunkte zwischen den USA und Frankreich entstehen. (Hier treffen nicht nur ein tendenziell amerikanisches und europäisches Projektmanagementverständnis aufeinander, sondern oft auch Manager von Boeing und EADS/Airbus.) Letztlich bestimmen wirtschaftliche Interessen das Geschehen.
- Die Erkenntnis, welcher Stellenwert einer PM-Norm beigemessen wird. (Obwohl die ISO 21500 in ihrem Erscheinungsjahr zu den Top 5 Bestsellern weltweit zählte, bleiben in einigen Ländern und/oder Branchen alternative Standards etabliert, wie z.B. das PMBoK des amerikanischen PMI (1) oder die ICB der IPMA (2), dem aus ca. 70 Ländern bestehenden Dachverband zum Projektmanagement.)

- Eine langfristige Sensitivität, ob und wann eine (Projektmanagement-)Norm zu einem Managementsystemstandard erhoben wird. (Wenn Auditierungsgrundlagen erst geschaffen sind, dann werden potenzielle Auditoren und Gesellschaften ein Geschäftsmodell daraus entwickeln. Nach Erfahrung verspricht der Druck eine deutlich verbesserte Implementierungstiefe, die aber nicht selten einem administrativen Aufwand gegenübersteht, der unter Kosten-/Nutzen-Abwägungen dann doch Zweifel lässt.)

Um all dies nicht nur zu wissen, sondern es für den Hightech-Standard und die exportstarke Nation Deutschland auch frühzeitig und vollumfänglich zu nutzen, ist es eine strategi-

sche Entscheidung der Hochschule Offenburg an der Seite der Daimler AG, EADS/Airbus, der Deutschen Luft- und Raumfahrt (DLR), der ZF AG, Bundesministerien- und einigen Verbands- sowie weiteren Hochschulvertretern die Normung nicht nur zu verfolgen, sondern aktiv mitzugestalten.

(1) PMBoK des PMI = Project Management Body of Knowledge des Project Management Institutes, der führende amerikanische PM-Standard (aktuell in der 6. überarbeiteten Auflage)

(2) ICB der IPMA = Individual Competence Baseline der International Project Management Association, der führende internationale PM-Standard (aktuell in der Version 4.0)

Unterstützungsansätze durch genormtes Projektmanagement

Die Leistung des deutschen Normungs- und nationalen Spiegelgremiums der internationalen Normung ist die Bereitstellung einer vollständig kompatiblen Normenlandschaft. Übergeordnet sind die ISO-Normen zum Programm- und Portfoliomanagement kompatibel zu den DIN-Normen des Multiprojektmanagements, sodass normenkonforme unternehmenseigene Prozesslandschaften und Kompetenzmodelle geschaffen werden können, die beiden Vorgaben gleichzeitig genügen. In den Kernnormen des PM wird gleiches besonders deutlich: 100 % der PM-Phasen und Inhalte sind kompatibel, über 50 % der Themenbereiche sogar identisch. (Siehe Abb. 2; → Die deutsche Norm ist deutlich früher entstanden und hat durch ein starkes deutsches Expertenteam auf internationaler Ebene die Kompatibilität internationaler Vorgaben absichern können.) Wer auf die internationale Einheitlichkeit setzt, dies in einem multinationalen Konzern ggf. sogar muss, der implementiert die 39 Prozesse der ISO 21500. Wer das deutsche Verständnis in der Projektarbeit stärker betonen möchte (konsequente Zielorientierung, klare Verantwortung jedes Einzelnen in der Organisation, Kundenorientierung über Änderungsfreundlichkeit, ...), der orientiert sich an der DIN 69901. Damit erhöht sich das Angebot praxiserprobter Prozesse von 39 auf 59 (+ 50 % Leistungsumfang) bei gleichzeitiger Reduktion des vorgeschriebenen Mindestumfangs von 39 auf 14 (= 35 %, fast eine Verdreifachung der Flexibilität).

Signifikant viele Anwender arbeiten heute dem Agilen Manifest folgend, erklären dies als innovativen und überlegeneren Ansatz und leiten daraus ein verstaubtes Image existierender Projektmanagementnormen ab (die

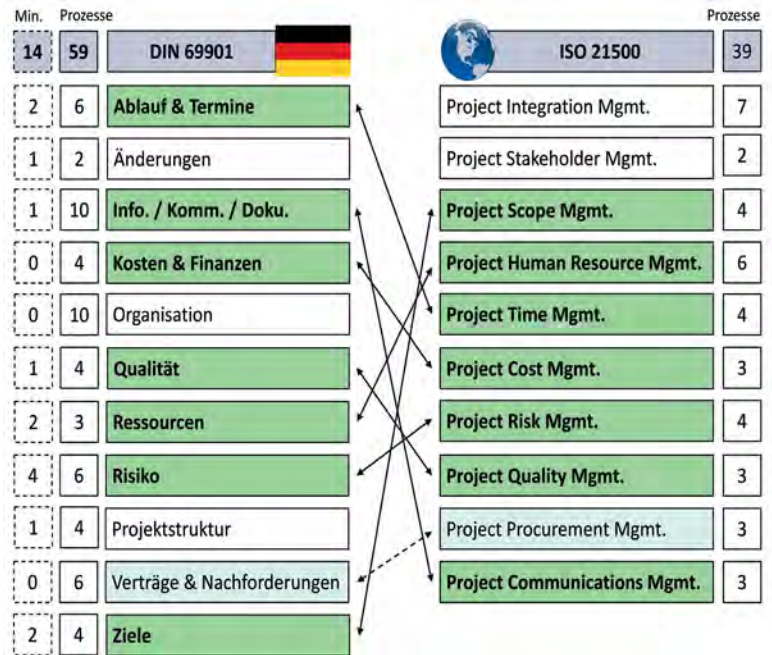


Abb. 2:
Prozesse der Basisnormen im Projektmanagement,
DIN und ISO im Vergleich

noch keine agilen Ansätze kennen). Aber gerade das ist ein Qualitätsmerkmal der Normung. Während es absolut richtig ist, unter bestimmten Voraussetzungen nach Scrum, Kanban oder einem der zahlreichen weiteren Ansätze mit agilem Mindset zu arbeiten, sind Normungsexperten bemüht zu analysieren, zu bewerten und die methodische Substanz dieser Aspekte von einer vorübergehenden Modeerscheinung zu separieren. Agile PM-Ansätze werden nicht kurz-, frühestens mittelfristig als DIN- oder ISO-Norm erscheinen und dann auch die Aufgabe übernehmen, bevorzugte Einsatzszenarien agilen Projektmanagements sehr genau zu beschreiben:

1. Projekte, in denen in der Initialisierungsphase aus objektiven Gründen (noch) kein Pflichtenheft vorliegt:
 - Projekte, die sich in kurzen Zyklen iterativ einem schwer beschreibbaren Ziel nähern, d.h., Meilensteine auf der Zeitachse sind wichtig, Zwischenergebnisse in Art und Umfang (noch) nicht genau beschreibbar.
 - Bei Auftraggebern und -nehmern aus dem gleichen Kulturkreis / der gleichen Branche und die die gleiche (oder zumindest eine kompatible) PM-Philosophie vertreten. Liegt ein anderer Wertemaßstab zugrunde, ist der für agile Zusammenarbeit notwendige Vertrauensvorschuss nur schwer möglich.

2. bei Projekten, die sehr schnell ein basisfunktionierendes Endprodukt benötigen und somit im weiteren Verlauf keine Entwicklungs-, sondern eher fortlaufende Optimierungsprojekte sind;
 3. bei Projekten, die im Spannungsfeld aus QKT-(Qualitäts-, Kosten- und Termin-)Zielen eine sehr klare und stabile Position haben; gekennzeichnet durch primär limitierte Zeit und limitierte Ressourcen, aber einem flexiblen Funktionsumfang.
- die Schaffung eines gemeinsamen Grundverständnisses über genormte Begrifflichkeit;
 - die Sicherstellung von Effektivität und Effizienz über eine prozessorientierte Norm;
 - die beteiligten Akteure über einen kompetenzbasierten Standard zu befähigen und projektbegleitend angemessen zu qualifizieren;
 - eine organisationale PM-Kompetenz aufzubauen, um für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess und insbesondere für die Internationalisierung angemessen vorbereitet zu sein;
 - einen Gesamtrahmen für das Unternehmen oder zumindest den relevanten (z.B. Entwicklungs-)Bereich über eine Norm zum Multiprojektmanagement zu schaffen und
 - die langfristige Entwicklung des Projekt-, Programm- und Portfoliomanagements im Unternehmen über die Implementierung eines Reifegradmodells abzusichern. [2]

Implementierungsempfehlung für projektorientiert arbeitende Unternehmen

Aus Unwissenheit und mangelnder Auseinandersetzung mit dem Thema machen viele implementierungswillige Unternehmen immer noch einen typischen „Anfängerfehler“: Sie suchen DIE EINE für sie passende Norm, um sich an dieser zu orientieren. Möglich, sogar sehr sinnvoll wäre (siehe Abb. 3):

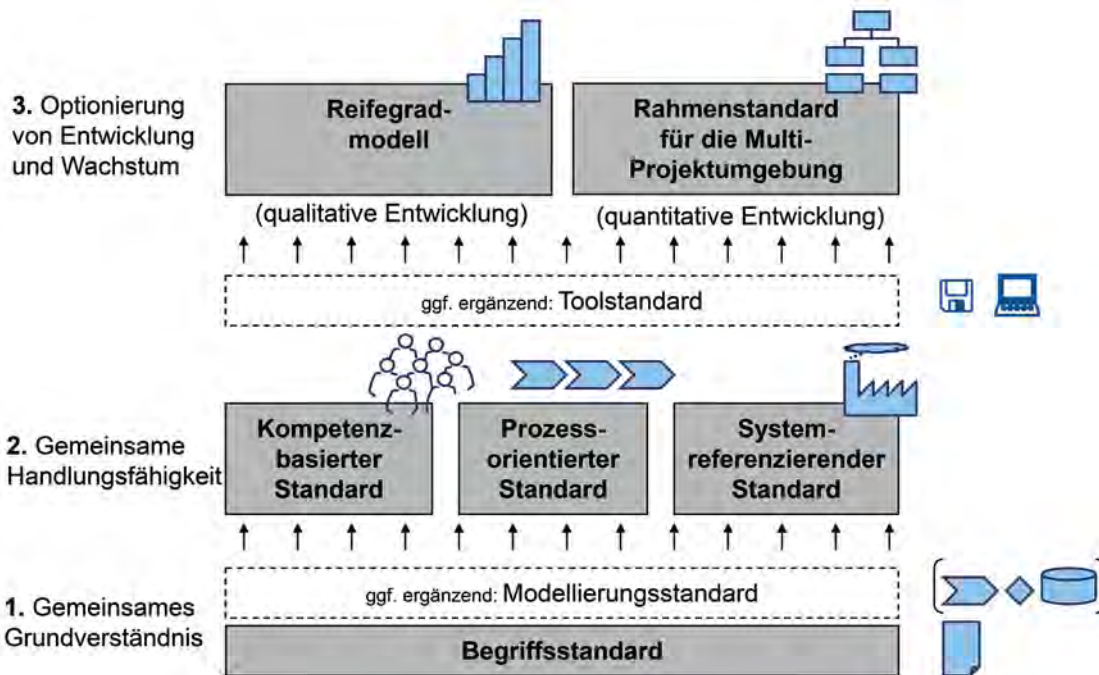


Abb. 3: Ein wesentliches Qualitätsmerkmal von Projektmanagementnormen: Kompatibilität

AUTOR



Prof. Dr.-Ing. Steffen Rietz
Fakultät B+W, Mitglied der GPM, Mitglied im Beirat des NQSZ, Obmann des NQSZ-4, Delegierter des DIN in die internat. Normung; Dt. Vertreter im ISO TC 258
steffen.rietz@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] GPM/EBS-Studie „Makroökonomische Vermessung der Projektstätigkeit in Deutschland“ (10/2015)
- [2] Rietz, S. (2015) „Projektmanagementstandards zur externen Orientierung“ (27 S.) in Wagner, R. (Hrsg.) „Beratung von Organisationen im Projektmanagement“, symposion-Verlag

Sicherheit in der Mensch-Roboter-Kollaboration

Urban Himmelsbach M.Sc., Nikolai Hangst M.Eng., Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt

Traditionell müssen Roboter hinter Schutzzäunen arbeiten. Mit der stetigen Weiterentwicklung verschiedenster Technologien für die Mensch-Roboter-Kollaboration können diese Schutzzäune mehr und mehr abgebaut werden. Für den industriellen Einsatz von Roboterarmen gibt es bisher keine Möglichkeiten, größere Abstände zu Objekten und Hindernissen direkt vom Roboterarm aus sicher zu bestimmen. Dies soll mithilfe von 3D-Time-of-Flight Kameras erreicht werden.

Traditionally, robots have to work behind safety fences. With the continuous development of various technologies for human-robot collaboration, these protective fences can be dismantled more and more. They even work together on the same workpiece. For the industrial use of robot arms, there are currently no options for reliably determining greater distances (more than five centimeters) to objects and obstacles directly from the robot arm. Additional sensor systems need to be installed in the surroundings of the robot arm. This is to be achieved with the help of 3D time-of-flight cameras.

Einführung

Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) ist die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter. In der Technischen Spezifikation DIN ISO/TS 15066 werden vier Methoden dieser Kollaboration explizit aufgeführt [1]:

- Sicherheitsgerichteter Stopp
- Handführung
- Geschwindigkeits- u. Abstandsüberwachung
- Kraft- u. Leistungsbegrenzung

Unser Forschungsschwerpunkt richtet sich an die dritte Methode, die Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung. Hier gibt es bereits unterschiedliche Systeme auf dem Markt. Diese Systeme sind beispielsweise Stereokameras, die über dem Roboter aufgehängt werden, druckempfindliche Fußböden oder Laserscanner. Bisher gibt es nur ein System, das eine Abstandsüberwachung direkt vom Roboterarm aus bewerkstelligen kann. Dieses System beruht auf einer kapazitiven Messung. Größter Nachteil dieses Systems ist, dass es Objekte nur im Abstand von zwei bis maximal fünf Zentimetern detektieren kann. Dieser Abstand ist in vielen Anwendungsfällen zu gering.

Um eine Abstandsüberwachung im Bereich von bis zu sieben Metern um den Roboter zu erreichen, können optische Verfahren zum Einsatz kommen. Eine viel versprechende Techno-

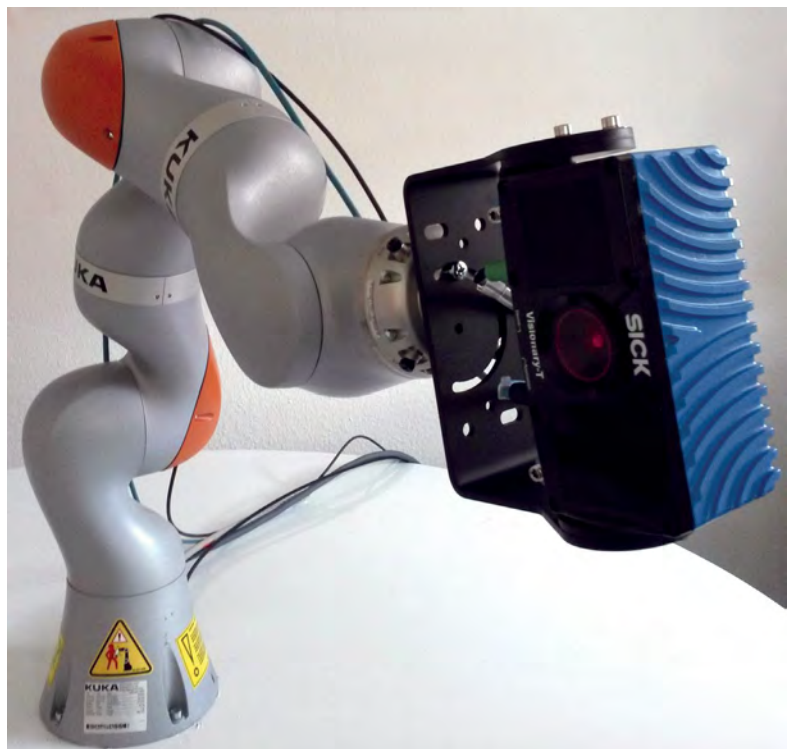


Abb. 1:
Die Visionary-T-Kamera, montiert an den Flansch eines KUKA LBR iiwa 7 R800

logie ist das Time-of-Flight-Verfahren (ToF). Bei dieser Technologie wird die Laufzeit des Lichts gemessen. Von der gemessenen Zeit, die das Licht benötigt, um vom Sensor zum Objekt und wieder zurück zum Sensor zu gelangen, kann mithilfe der Lichtgeschwindigkeit auf die Distanz zwischen dem Sensor und dem Objekt zurückgeschlossen werden. Mit der Realisierung einer Abstandsüberwachung über mehrere Meter direkt vom Roboterarm aus kann in Zukunft komplett auf die Anbringung von externen Sensorsystemen verzichtet werden. Damit lassen sich nicht nur Anschaffungskosten, sondern auch der Installationsaufwand deutlich reduzieren.

Methodik

Der im Labor vorhandene Roboterarm KUKA LBR iiwa 7 R800 wird mit einer Visionary-T-Kamera (3D-ToF) der Firma SICK am Flansch ausgestattet. Ein provisorischer Aufbau ist in Abbildung 1 zu sehen. Der KUKA-Roboter wird mit JAVA programmiert. Für die 3D-ToF-Kamera steht ebenfalls eine JAVA-Programmierschnittstelle zur Verfügung. Die Visionary-T-Kamera hat einen Sensor mit 176 x 144 Pixel. Der Arbeitsabstand beträgt 0,5 m bis maximal 7,2 m [2]. Für die ersten Versuche wurde Matlab zum Auslesen der Visionary-T-Kamera benutzt. Für eine kameragestützte Navigation von Roboterarmen gibt es zwei verschiedene Prinzipien [3]:

- Eye-in-hand
- Eye-to-hand

Da die Kamera im Flansch montiert ist, handelt es sich um ein „Eye-in-hand“-System. Bei einem „Eye-to-hand“-System wäre die Kamera nicht direkt am, sondern irgendwo über oder neben dem Roboterarm angebracht. Auch hätte es aufgrund der notwendigen Verkabelung von Kamera zur Robotersteuerung einen höheren Installationsaufwand. In dieser Arbeit ist die direkte Abstandsüberwachung vom Roboterarm aus das Ziel. Das „Eye-to-hand“-System wird in unserer Arbeit vorerst nicht betrachtet. Die Kamera benötigt 24 V Gleichstrom, der am Roboterflansch zur Verfügung steht. Für die ersten Versuche ist die Kamera über Ethernet mit einem Laptop verbunden. In weiteren Versuchen soll die Kamera über die am Roboterflansch vorhandene EtherCAT-Schnittstelle direkt mit der Robotersteuerung verbunden werden. Somit kann evaluiert werden, ob die Bildverarbeitung auch direkt auf der Robotersteuerung möglich ist.

Ergebnisse

In Abbildungen 2 und 3 sind die Tiefeninformationen für eine Szene im Laborraum zu sehen. Die Tiefeninformationen wurden von der Visionary-T-Kamera aufgenommen und mit Matlab grafisch dargestellt. Die erste Szene in Abbildung 2 zeigt den Laborraum ohne Menschen. In Abbildung 3 ist die Szene mit einem Menschen dargestellt. Der Mensch befindet sich in drei Metern Abstand zur Kamera. Kopf, Rumpf und Arme sind eindeutig erkennbar. Die Finger lassen sich erahnen, können aber auf diese Distanz nicht mehr eindeutig zugeordnet werden. Aus dem Bild lässt sich nicht erkennen, ob der Mensch zur Kamera blickt oder ob man seinen Rücken sieht. Aus der Differenz zweier nacheinander aufgenommenen Bilder lässt sich bestimmen, ob sich der Mensch auf die Kamera zu- oder von ihr wegbewegt. Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, Menschen bzw. Objekte mithilfe der Visionary-T-Kamera im Umfeld von Roboterarmen zu detektieren.

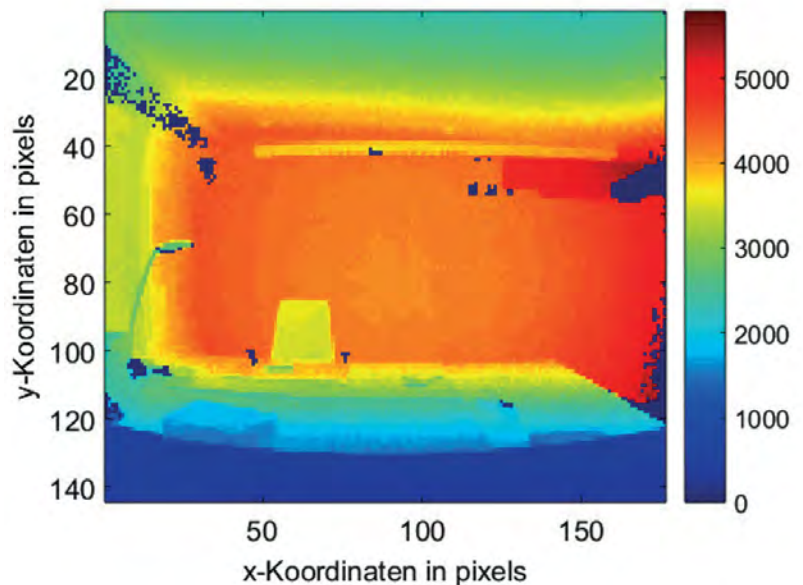


Abb. 2: Tiefeninformationen zur Szene im Laborraum ohne Menschen

Ausblick

In weiteren Untersuchungen wird betrachtet, ob die Auslese- und Detektionsgeschwindigkeit des Systems für Anwendungen in der Mensch-Roboter-Kollaboration schnell genug sind. Da sich der Roboter im aktuellen Stand je nach Roboter-Pose selbst als Hindernis detektiert, muss dies nun im nächsten Schritt korrigiert werden. Hierzu sollen verschiedene Methoden untersucht werden, mit denen man den Roboterarm selbst nicht als Hindernis detektiert. Des Weiteren ist die aktuell verwendete 3D-ToF-Kamera noch sehr groß und lässt einem Werkzeug am Flansch sehr wenig Spielraum. Hier sollen weitere, kleinere 3D-ToF-Kameras getestet werden. Darauf aufbauend sollen auch Tests mit ToF-Sensoren, die nur ein Pixel haben, durchgeführt werden. Ziel ist die Anbringung mehrerer Einzel-Pixel-Kameras über den gesamten Roboterarm, um eine gleichzeitige 360 °-Überwachung rings um den Roboterarm zu realisieren.

In einem weiteren Schritt sollen die detektierten Objekte unterschieden werden. Ziel ist, Objekte in menschliche und nichtmenschliche Objekte zu klassifizieren. Durch diese Klassifizierung soll es möglich werden, dass sich der Roboter im Fall eines nichtmenschlichen Objekts schneller und mit geringerem Schutzabstand an dem Objekt vorbeibewegt.

Referenzen/References:

- [1] DIN ISO/TS 15066:2017-04, Roboter und Robotikgeräte - Kollaborierende Roboter (ISO/TS 15066:2016)
- [2] Sick AG, Februar 2018, Online: <https://www.sick.com/de/de/vision/3d-vision/visionary-t/v3s110-1aabaab/p/p442145>
- [3] Peter Corke: "Robotics, Vision and Control", 2nd Edition, Springer Verlag, 2017

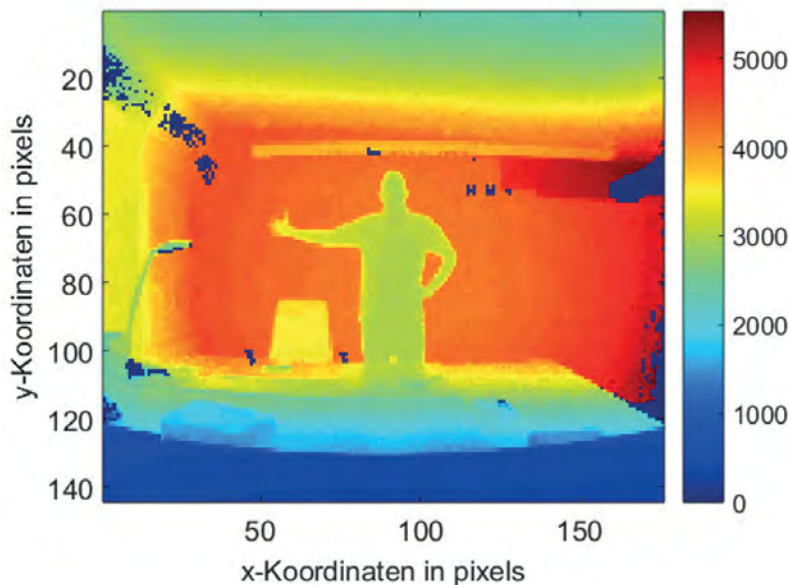


Abb. 3:
Tiefeninformationen zur Szene im Laborraum mit einem Menschen in drei Metern Entfernung

AUTOREN



Urban Himmelsbach M.Sc.
Akad. Mitarbeiter Fakultät B+W
Techn. Leiter Labor Kollaborative Robotik,
Projektmitarbeiter Intelligenter Spritzguss
urban.himmelsbach@hs-offenburg.de



Nikolai Hangst M.Eng.
Akad. Mitarbeiter Fakultät B+W,
Labor Mensch-Roboter-Kollaboration,
Projektmitarbeiter Intelligenter Spritzguss
nikolai.hangst@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt
Ltg. Labor Elektrotechnik/Elektronik, Forschung:
kollaborative Robotik, Automatisierung,
Funktionale Sicherheit IEC61508,
Maschinensicherheit, drahtlose Mikrosys.
thomas.wendt@hs-offenburg.de

IftI – INSTITUTE FOR TRADE AND INNOVATION



**Institute for
Trade and
Innovation**

Hochschule Offenburg | Offenburg University

Das Institute for Trade and Innovation (IftI) an der Hochschule Offenburg wurde im Herbst 2017 gegründet. Im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten stehen die Themenfelder Handelspolitik und -finanzierung, Innovationspolitik sowie Wirtschaftsförderung. Aktuell sind sieben Professorinnen und Professoren Mitglieder des Instituts, die interdisziplinär zusammenarbeiten. Zudem sind dem IftI drei Doktoranden zugeordnet, die in den Bereichen internationale Wirtschaft und Innovationsförderung forschen.

Bereits im ersten Jahr gab es diverse Veröffentlichungen aus den Reihen der Mitglieder, beispielsweise ein Kapitel zur Handelspolitik im von Professor Thomas Hale (Oxford University) und Professor David Held (Durham University) herausgegebenen Buch „Beyond Gridlock“. Zum Thema öffentliche Förderinstrumente in den Bereichen Innovation, Auslandsinvestitionen und Export fungierte Professor Andreas Klasen als Herausgeber einer „Special Section“ im renommierten Global Policy Journal, unter anderem mit Autoren von Weltbank und Asiatischer Entwicklungsbank.

Das Institut hat sich im vergangenen Jahr im Rahmen von privaten Drittmittelprojekten für eine kanadische Strategieberatung auch Fragen der staatlichen Exportförderung gewidmet. Hierzu wurden Benchmarking-Analysen der Leistungsfähigkeit der dänischen Regierung und der staatlichen Exportkreditversicherung in Norwegen durchgeführt, die insbesondere die Themenfelder strategische Aufstellung und internationale Wettbewerbsfähigkeit von Förderinstrumenten zum Inhalt hatten. Dazu entwickelte Professor Mathias Bärtl ein Modell zur Messung der relativen Effizienz.

Ein erfolgreicher Start des Jahres 2018 gelang dem Institute for Trade and Innovation bereits im Januar mit dem Gewinn eines weiteren Drittmittelprojekts: Für die multilaterale Förderinstitution Islamic Development Bank Group führt das IftI ein Fokusgruppenseminar im Bereich Innovation durch.

Institutsleitung
Prof. Andreas Klasen LL.M. MLitt DBA



ECAs im Wettbewerb: Benchmarking staatlicher Export- finanzierungsinstrumente

Prof. Andreas Klasen LL.M. MLitt DBA, Prof. Dr. rer. pol. Mathias Bärtil

Im Rahmen eines privaten Drittmittelprojekts für die kanadische Strategieberatung IFCL haben Wissenschaftler des Institute for Trade and Innovation (IfTI) im Jahr 2017 Benchmarking-Analysen staatlicher Exportfinanzierungsinstrumente durchgeführt. In zwei Forschungsprojekten wurde hierfür ein wertschöpfungsorientiertes Bewertungsmodell entwickelt, dessen Elemente auf wissenschaftlich anerkannten Analyseverfahren beruhen. Im Modell werden Effizienz-Scores mithilfe der Data-Envelopment-Analysis (DEA) ermittelt und unter Anwendung explorativ-qualitativer Verfahren (Grounded Theory) verifiziert und ergänzt. Dabei finden sowohl Primärdaten (Datenabfragen und Interviews) als auch Sekundärdaten (Jahresberichte und Veröffentlichungen) Berücksichtigung.

Offenburg University's Institute for Trade and Innovation (IfTI) was engaged by International Financial Consulting Ltd. (IFCL) in 2017 to provide research and consultancy services delivering benchmark analyses on government export credit instruments. The core project team consisted of Professor Andreas Klasen, Professor Mathias Bärtil and Dr. Simone Krummaker.

Background

Acting as the official export credit agency (ECA), EKF supports Danish exporters' participation in the global value chain, and helps to cultivate new markets. The Danish ECA assisted more than 700 companies in 2016 supporting 290 clients with new insurance and financing amounting to €1.9 billion. As part of the government's efforts to ensure competitiveness, the Norwegian Export Credit Guarantee Agency promotes exports and investment by offering long-term guarantees. Accompanied by Export Credit Norway providing export financing and GIEK Credit Insurance for short-term cover, GIEK helps to maximise the overall value chain of the economy and leverages Norwegian firms' success in global markets. GIEK triggered approximately €3.3 billion in export contracts in 2016 by issuing 93 new guarantees amounting to €2.0 billion.

Both benchmark reports included an analysis of global trends in export finance, looking at the international trade environment, market failures and export credit support frameworks,

as well as drivers for export credits and insurance. The analyses then emphasised on the respective country systems, including the different mandates, formations and policy support, as well as financial market considerations and corporate demand. A main focus was on ECAs' relative efficiency analysing the performance of the agencies in a broader perspective, including economic impact such as penetration and SME support but also customer perspectives, selected financial and internal perspectives, as well as specifics of the maritime and offshore sector. The reports corresponded to a competitor analysis and as such consisted of comparative peer analyses.

Analytical Framework

For the quantitative analysis, the Data Envelopment Analysis (DEA) was used as the state-of-the-art benchmarking technique involving twelve institutions where sufficient data was available. Key measures to analyse the different levels are shown in Figure 1.

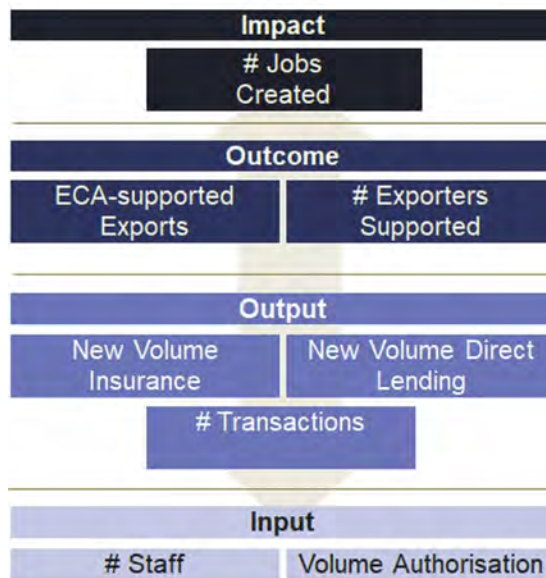


Fig. 1: Quantitative Assessment Framework

An organisation was considered to be efficient (efficiency score 1) if located on the efficiency frontier. Less well performing entities were rated against top performers and received a score between 0 and 1, indicating their distance from the efficiency frontier. The DEA always takes the most positive look of an agency's performance: A high efficiency score was given if an agency exhibited good performance with respect to one or many input-output ratios. An example is shown in Figure 2.



Fig. 2: Agency performance

As the DEA can be sensitive to outliers, individual ratios were inspected to distil key findings. In-out-arrow illustrations were produced based on a method which is insensitive to outliers to confirm results of the Data Envelopment Analysis. Furthermore, an explorative-qualitative methodology influenced by grounded theory was applied in order to support DEA results or put them into perspective.

With this systematic set of procedures, an inductively derived Balanced Scorecard approach was developed looking at the economic impact, client, financing, learning and growth, as well as the internal perspective.

Selected Results

With regard to Input, there are different policy objectives leading to different mandates and foundations for ECAs, often being part of a "Strategic Ecosystem". However, the motive of internationalisation of the firm and export-led growth policies were pursued by all reviewed organisations. Looking in particular at Denmark and Norway, the observed institutions present their vision, mission and objectives in public. EKF's and GIEK's visions and missions, for example, are in line with policy goals and legal foundations. Focusing on the customer perspective, there is significant change and development in the global export credit environment, and ECAs around the globe have substantially expanded their product offering. Many agencies offered adequate products, and some ECAs have been very active with new products including working capital facilities, specific SME offerings, or equity and mezzanine financing.

Looking at Output, EKF and two other agencies were productive focusing on authorisation, and another Nordic ECA was relatively efficient with regard to new direct lending per staff. Institutions providing the programmes on behalf and for account of the government were also performing well which might be related to their set-up and because of economies of scale being part of large private insurance groups.

With a focus on Outcome, variables such as customer satisfaction were key topics, and many agencies survey exporters and banks on a regular basis. The management of country and industry sector risks was also a crucial element. Export credit agencies' portfolios were mostly dominated by emerging markets and few sectors. Only some ECAs were well diversified also with growing client numbers (Figure 3), usually mirroring the overall export structure. Some agencies also had much higher risk concentrations with regard to re-

gions and sectors than typically seen in private sector financial institutions.

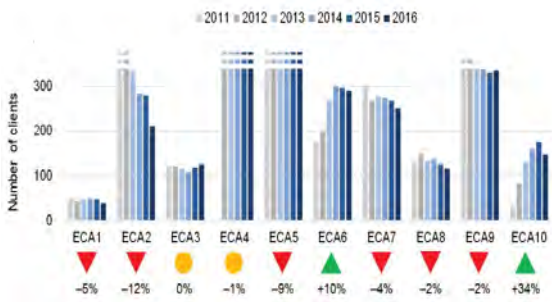


Fig. 3: Well diversified ECAs

Data Envelopment Analysis results regarding impact showed that several agencies were only moderately efficient across observed years at the input-impact level, and results indicated again that some agencies were

staff-heavy. There was a positive result in 2016 and very good scores in all other years for Norway looking at the output-impact relationship, and another European ECA's scores indicated that it was efficient in 2016, but also relatively efficient in all other years concerning this dimension. Efficiency on the outcome-impact level was driven by the number of jobs and volume of ECA-supported exports ratio.

Both benchmark reports discussed not only the performance, looking at in-depth results in several dimensions at input as well as output, outcome and impact efficiency. Conclusions and recommendations were made as well, visualising results in performance tables. The annexes in both reports discussed, in particular, details of the Data Envelopment Analysis results (Figure 4). This included best and worst ratios in relation to other export credit agencies.

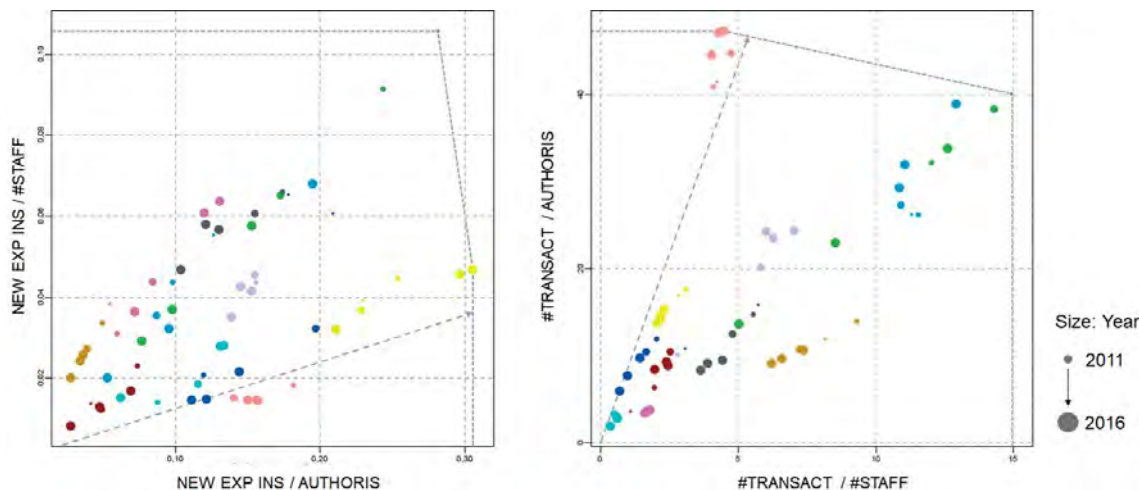


Fig. 4: Output-Outcome Ratios (Examples)

AUTOREN



Prof. Andreas Klasen LL.M. MLitt. DBA
 Professor für Int. Betriebswirtschaft
 Wissenschaftlicher Leiter Institut IfTI
 andreas.klasen@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. pol. Mathias Bärtl
 Professor für Mathematik und Statistik
 Mitglied Institut IfTI
 mathias.baertl@hs-offenburg.de

INES – INSTITUT FÜR ENERGIESYSTEMTECHNIK

Im Fokus der Forschungsaktivitäten des Instituts für Energiesystemtechnik (INES) steht die Untersuchung und Entwicklung von Systemen zur nachhaltigen Energienutzung. Sechs Professoren/-innen und etwa 20 Mitarbeiter/-innen arbeiten interdisziplinär in verschiedenen Projekten im weitreichenden Feld der Energiesystemtechnik. Forschungs- und Entwicklungsthemen sind Smart Grids, Gebäudeenergie-, Batterie- und Photovoltaiktechnik, Energiewirtschaft und Elektromobilität. Die Gemeinsamkeiten der Projekte liegen bei der Fokussierung auf Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz sowie der Nutzung erneuerbarer Energien.

Das Institut INES wurde 2012 gegründet und ist aufgrund des seither starken Wachstums inzwischen an zwei Standorten untergebracht: In den Räumen des Georg-Dietrich-Kollegengebäudes auf dem Campus Nord in Offenburg/Bohlsbach stehen sowohl Büro- und Seminarräume als auch ein umfangreiches Technikum zur Verfügung. Die Ausstat-

tung umfasst Teststände und Pilotanlagen, u. a. ein dezentrales Energienetz (Smart Grid mit regenerativer Stromerzeugung, Speicherung und Verbrauchern), Klimakammern zur Untersuchung von Energieverteilungssystemen in Gebäuden, ein zugelassenes Elektrofahrzeug und eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlage. Am Hauptcampus der Hochschule befinden sich Teststände für Batteriecharakterisierungen und für die Photovoltaik-Produktionstechnik. Hier wird im Lauf des Jahres 2018 mit Unterstützung durch Bundesmittel das neue Enerlab 4.0 aufgebaut – das „Diagnostische Batterie- und Photovoltaiklabor für Energiefragestellungen der Industrie 4.0“: Vorhandene Kompetenzen der Batterie- und Photovoltaiktechnik werden mit denen der Werkstofftechnik und chemischen Analytik gebündelt. Ebenfalls Anfang 2018 wurde am Hauptcampus ein neuer Bürotrakt für 13 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bezogen.

Institutsleitung

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



NETZTABS

Prof. Elmar Bollin, Prof. Dr. phil. Robert Gücker, Dr.-Ing. Martin Schmelas

NETZTABS – erfolgreiche Weiterentwicklung und Erprobung eines prädiktiven Steuerungsalgorithmus zur Gebäudeklimatisierung: Im Dezember 2017 konnte die Forschungsgruppe „Nachhaltige Energietechnik“ kurz „NET“ ein von der Landesstiftung Baden-Württemberg gefördertes Projekt zur Nutzung von Gebäudebauteilmasse für die Bereitstellung von Regelenergie- und Flexibilitätspotenzial mit dem Namen NETZTABS erfolgreich beenden.

NETZTABS - successful further development and testing of a predictive control algorithm for thermally activated building systems TABS: In December 2017 the Research Group for Sustainable Energy Technology (NET) successfully completed a project funded by the Landesstiftung Baden-Württemberg foundation. In the frame of this project NET group developed a predictive and adaptive control algorithm for charging TABS with thermal energy. With this novel algorithm building comfort can be improved while TABS can also provide flexibility potential for public power grids. The control algorithm was successfully implemented in the building automation system of the semiary building E of HAW Offenburg. Inquiry of office users was conducted during operation period.

Wie funktioniert ein prädiktiver Steueralgorithmus?

Für die Gewährung der Fördermittel hatte die HAW Offenburg beste Voraussetzungen. In der NET-Forschungsgruppe unter der Leitung von Prof. Elmar Bollin wurde seit Jahren an der Entwicklung eines Steueralgorithmus für die Beladung der thermischen Masse von Gebäuden gearbeitet. Hierfür wurde für die Regelungstechnik eine neuartige Technologie eingesetzt. Diese ist in der Lage, Wetter- und Nutzungsprognosen für eine Beladungsvorhersage beim Heizen und Kühlen von Gebäuden zu nutzen. Diese sogenannte prädiktive Regelung berechnet dabei auf Modellbasis mithilfe von Wetterprognosen aus dem Internet die Bedarfe des Gebäudes für den folgenden Tag. Die Bedarfsprognose dient dem Gebäudeenergiemanagement, entsprechend Energie in den thermischen Speichern bereitzustellen. In Kombination mit einem neuartigen, im Bürogebäudebau aber bereits vielfach verwendeten Heiz- und Kühlsystem zur thermischen Aktivierung von Bauteilsystemen, kurz TABS, ist diese Steuerung in der Lage, die zu beladenden Bauteildecken zu Beginn jeden Tages so zu aktivieren, dass sich ein behagliches Raumklima einstellt.

Herkömmliche TABS-Steuerungen oder -Regelungen haben bei der Beladung mit den enormen zeitlichen Verzögerungen der TABS Probleme. Eine Regelung der Raumtemperatur ist bei TABS quasi unmöglich, bzw. führt zu Fehlbeladungen gefolgt von Energieverlusten und Be-



Abb. 1: Verlegung der Heizrohre für die thermische Bauteilaktivierung des Passivseminarhauses Gebäude E der HAW Offenburg. Diese Rohre ermöglichen es, die massiven Decken des Seminargebäudes mit Grundwasser zu kühlen oder mit Abwärme der Energiezentrale der HAW zu beheizen (Quelle: Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott)

haglichkeitsdefiziten. Der von der NET- Gruppe entwickelte sogenannte AMLR-Steueralgorithmus kann bei Nacht je nach Raumzone die Bauteilbeladung vorgeben und diese auch mit zeitlichem Versatz durchführen. Dadurch ergibt sich bei der Bereitstellung der thermischen Energie, beispielsweise mit elektrischen Wärmepumpen, ein erhebliches Flexibilitätspotenzial. Die Wärmepumpen können dann so betrieben werden, dass Lastspitzen im öffentlichen Stromnetz vermieden werden und zu Zeiten schlechter Netzauslastung Strom für die Beladung der Bauteile aus dem Netz bezogen wird.

Die AMLR-Abkürzung steht dabei für A wie adaptiv oder selbstlernend und MLR für multiple lineare Regression, einem mathematischen Verfahren für die Berechnung der Bedarfe auf Basis von Gebäude- und Wetterprognosedaten. Sind die gebäudetechnischen Daten eines Bürokomplexes einmal parametrisiert, ist das AMLR-Programm in der Lage, selbstständig und selbstlernend, je nach Zone, Nutzung und Wetterprognose die Heiz- und Kühlbedarfe im Voraus zu berechnen.

Inhalt des Forschungsprojekts mit der Landesstiftung war es nun, den AMLR-Algorithmus weiterzuentwickeln und in verschiedenen Umgebungen zu erproben bzw. zu validieren. Dazu wurde zunächst das MiL-Verfahren gewählt, bei dem ein Steuerprogramm in einer reinen Simulationsumgebung getestet wird. (MiL steht hier für Model-in-the-Loop.) Im zweiten Schritt konnte der AMLR-Algorithmus erfolgreich mithilfe der Tripple-Klima-Kammer des INES getestet werden. Dort stehen zwei Testräume mit TABS zur Verfügung, die an einer großräumigen Klimakammer angedockt sind. Spielt man nun in der Klimakammer ein reales Klima ab, können die TABS-Steueralgorithmen getestet und optimiert werden.

Die Erprobung des AMLR-Algorithmus im Passivseminargebäude E

Nachdem sich das AMLR im Klimakammerbetrieb bestens bewährt hatte, konnte im letzten Schritt der Transfer in die Gebäudepraxis erfolgen: Die Demonstrationen von AMLR am Beispiel des Passivseminargebäudes E der HAW Offenburg, das mit TABS beheizt und gekühlt wird. Dazu wurde das AMLR-Steuerprogramm mit der dort vorhandenen Gebäudeautomation gekoppelt und über eineinhalb Jahre betrieben.

Eine zusätzliche Herausforderung des von der Landesstiftung geförderten Vorhabens war, dass für die Evaluierung des TABS-Betriebs im Gebäude E eine umfangreiche Nutzerbefragung durchgeführt werden sollte. In interdisziplinärer Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Robert Gücker von der Fakultät Medien- und Informationswesen der HAW Offenburg konnte so aus allen TABS-Betriebsphasen die Nutzerbefindlichkeit erhoben und in Bezug auf die TABS-Steuerung bewertet werden.

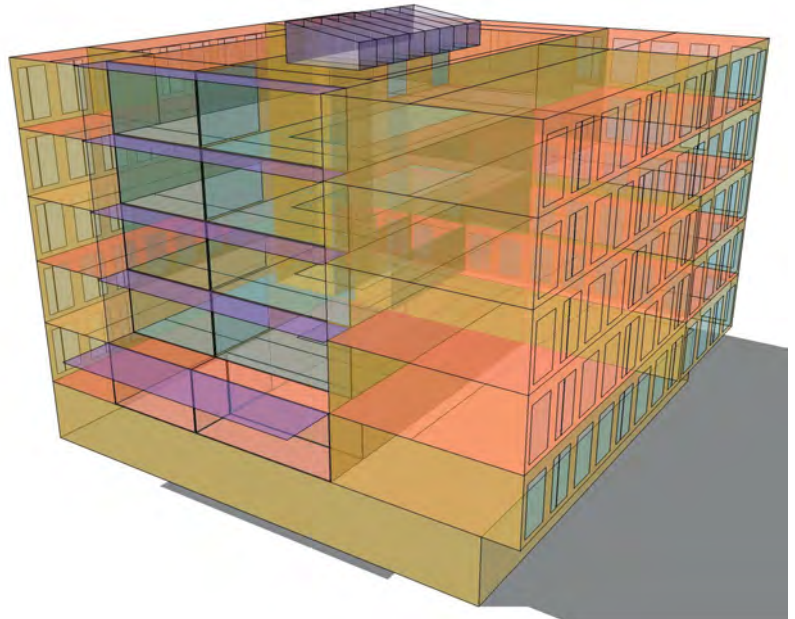


Abb. 2: TRNSYS-Modell des Passivseminarhauses Gebäude E. Insgesamt wurden 38 Zonen modelliert. Dieses Modell diente im Rahmen einer dynamischen Simulation der Entwicklung des AMLR-Algorithmus

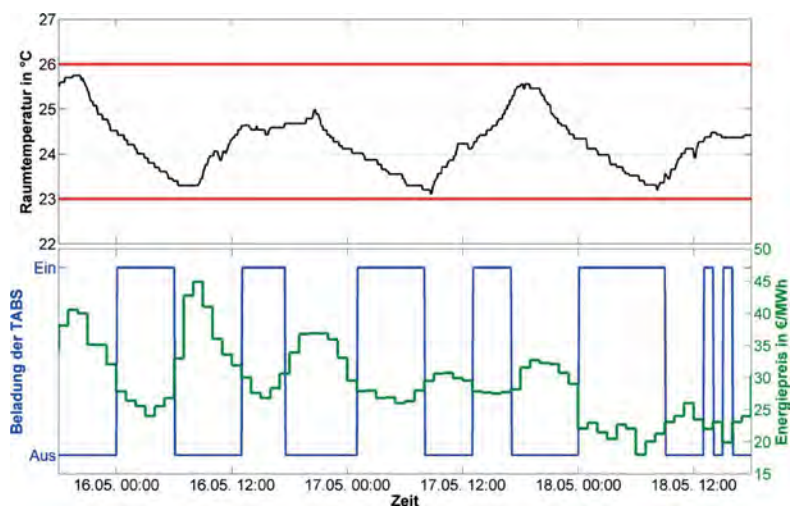


Abb. 3: Steuerung der TABS im Gebäude E anhand dynamischer EPEX-Strompreise im Realbetrieb. Oberer Teil: Verlauf der Raumtemperatur eines Seminarraums im 4. OG während dreier Tage. Die Toleranz wird eingehalten. Unterer Bereich: die TABS-Beladung mit Kühlenergie läuft immer dann, wenn der EPEX-Preis am niedrigsten ist. Die Flexibilität der Beladung mit den unterschiedlichen Lauflängen entspricht den vorausgerechneten Beladungszeiten entsprechend der Berechnung des AMLR-Algorithmus

Wie der Demo-Betrieb im Gebäude E zeigte, führt ein TABS-Betrieb mit AMLR insgesamt zu Einsparungen für die Bereitstellung thermischer Energie von 26 % im Vergleich zum konventionellen TABS-Betrieb. Zusätzlich kann der TABS-Pumpenbetrieb, bedingt durch den im Vergleich zum Dauerbetrieb nur kurzzeitigen Beladungsvorgang, erheblich reduziert werden (beim Heizen 71 % und beim Kühlen 40 %). Der thermische Komfort in den Seminarräumen konnte durch AMLR erheblich verbessert werden, da AMLR sehr gut mit den Wetterwechseln in den Übergangszeiten und wechselnder Belegung zurechtkommt. Von großer Bedeutung ist auch die im Vergleich zur konventionellen TABS-Regelung vereinfachte Inbetriebnahme der AMLR-Steuerung. Durch die Adaption lernt sich das Programm quasi vor selbst ein und kann sich geänderten Betriebsbedingungen gut anpassen.

Ergebnis der Nutzerbefragungen zum TABS-Betrieb im Passivseminarhaus Gebäude E

Die Professur Medien in der Bildung an der Fakultät Medien und Informationswesen hat im Projekt mit der Landesstiftung Baden-Württemberg dafür Sorge getragen, dass Nutzerbefragungen und Auswertungen während der gesamten Laufzeit durchgeführt werden konnten. Es wurde auch vereinbart, einen Mixed-Method-Ansatz zu verfolgen, d.h. eine Kombination von quantitativen Erhebungen mit Fragebogen und einer qualitativen Erhebung durch leitfadengestützter Interviews.

Zunächst wurden im Frühjahr 2015 Forschungsfragen, die mit einer Nutzerbefragung beantwortet werden sollten, in einem Workshop von der gesamten Projektgruppe erarbeitet und operationalisiert:

- Unterscheiden sich die TABS-Regelstrategien im Hinblick auf die Behaglichkeit für die Nutzer?
- Unter welchen Umständen fühlen sich die Nutzer wohl?
- Welche Maßnahmen ergreifen die Nutzer, um sich in ihrem Arbeitsumfeld wohl zu fühlen?
- Empfinden Nutzer Luftqualität stickig oder angenehm frisch?
- Wie viel Aufmerksamkeit richten Nutzer auf die Raumtemperatur?

Wichtig ist es an dieser Stelle zu betonen, dass sich die Nutzerzufriedenheit nicht allein aus diesen Konstrukten zusammensetzt, son-

dern sich auch durch vielfältige andere Bedingungen herstellt wie die Standortsituation, Nutzeranforderungen, Nutzungsbedingungen, individuelle Situation etc.

In dieser Studie wurde nur ein kleiner Teil davon, nämlich Komfortaspekte und Raumparameter, erfasst. Darunter fallen der thermische Komfort, die Raumlufttemperatur, die Luftqualität und die Luftfeuchtigkeit. Da sich in dem neuen Gebäude die Regelungsmöglichkeiten des Nutzers auf das Auf- und Zumachen der Lüftungsfenster, das Betätigen der Jalousien und das Auf- und Zumachen der Tür beschränkte, war von Interesse, wie die Nutzer diese im Vergleich zu anderen Gebäuden eingeschränkte Handlungsmöglichkeiten auffassen und damit umgehen. Dazu wurden die Konstrukte Behaglichkeit, Zufriedenheit und Akzeptanz in Items für die Fragebögen und Interviewleitfäden wie folgt operationalisiert:

Behaglichkeit ist dann gegeben,

- ... wenn ich in dem Raum als Nutzer nichts korrigieren muss.

Zufriedenheit ist dann gegeben,

- ... wenn mir weder zu warm noch zu kalt ist;
- ... wenn es keine Zugerscheinung gibt;
- ... wenn die Luft nicht zu trocken / feucht ist.

Akzeptanz - Wie wichtig ist es für die Nutzer,

- ... keine Kontrollmöglichkeiten zu haben?
- ... die Raumtemperatur zu regeln?
- Wie oft wird die Behaglichkeit des Nutzers durch Außeneinflüsse gestört; in welcher Art?

Es erfolgten Erhebungen mit Fragebögen im Juni 2016, April 2016 und Juni 2017. Qualitative Befragungen fanden zum Jahreswechsel 2015/16 und im Oktober 2017 statt. In Tabelle 1 sind die Untersuchungszeitpunkte den jeweils gerade angewandten Regelstrategien zugeordnet.

Zeitpunkt	Strategie	Methode
06/15	konventionell	Fragebogen
12/15	konventionell	Interview (qualitativ)
04/16	AMLR	Fragebogen
06/17	AMLR-EPEX	Fragebogen
10/17	AMLR-EPEX	Online-Befragung (qualitativ)

Tab. 1: Zeitpunkt, laufende Strategie und Methode der Befragung

Mithilfe von Interviews sollte den Menschen die Gelegenheit gegeben werden, sich offen zu äußern und ihre eigene Handlungslogik und Weltsicht in die Untersuchung einzubringen (qualitative Forschungsrichtung). Im Dezember 2015 und im Januar 2016 wurden 17 offene Interviews mit Beschäftigten/ProfessorInnen und Studierenden anhand von Leitfäden geführt. Die Teilnahmebereitschaft war insgesamt sehr hoch. Die meisten Interviews wurden transkribiert, wenige als Audiodatei belassen. Diese wurden jedoch durch mehrmaliges Anhören ausgewertet. Beide Quellen, die verschriftlichten Interviews und die Audiodateien, wurden mit dem qualitativen Instrument „Grounded Theory“ ausgewertet.

Die „Grounded Theory“ ist in der qualitativen Forschung in Deutschland eine der am häufigsten verwendeten Methoden. Ziel der Arbeit ist es, eine in den Daten begründete Theorie schrittweise zu entwickeln. Die Theorien, die mit der Grounded Theory entdeckt werden, sind zumeist bereichsspezifische Theorien. Der Forschungsprozess in der Grounded Theory lässt sich als eine gerichtete Suchbewegung von Konzepten über Kategorien hin zu einer Kern- oder Schlüsselkategorie charakterisieren.

Die Interviews wurden über mehrere Sitzungen im Hinblick auf mögliche Schlüsselkategorien untersucht. Dabei wurde die zentrale Kategorie Behaglichkeit/Wohlbefinden gefunden und dazu verschiedene Strategien rekonstruiert, die jeweils in einer eigenen Logik für die Menschen herstellbar/erzeugbar/kontrollierbar erscheint. Dies ist ein ganz entscheidender Faktor, um den (längeren) Aufenthalt in Gebäuden als angenehm zu erleben (vgl. Abb. 4).

Diese Strategien sind eine wichtige Orientierung für die zukünftige Gestaltung der Steuerung von Regelstrategien und die Beteiligung von Nutzern von Anfang an. Vor allem im Hinblick auf die Vorbeugung eines Sick-Building-Syndroms sind die Logiken und Kontrollüberzeugungen der Menschen unbedingt zu berücksichtigen.

Zusammenfassend ergab die Nutzerbefragung folgendes Ergebnis: Von der Logik der Einführung der verschiedenen Regelstrategien war es so vorgesehen, dass die Nutzer im Nachhinein für eine Akzeptanz überredet werden sollten. Das ist jedoch nicht praktikabel. Niemand akzeptiert, dass man die Fenster nicht aufmachen darf und überhaupt, dass die Lüftungsfenster so klein sind. Auch ist es ein schwieriges Unterfangen die geringen Kontrollmöglichkeiten, die die Nutzer im Gebäude erleben, im Nachhinein zu akzeptieren. Wichtig ist es, die Nutzer von Anfang an, also schon in der Planungsphase eines Gebäudes, zu beteiligen. Wie sehen die Strategien der Nutzer aus, sich im Haus wohl zu fühlen? Wenn das im Voraus berücksichtigt werden kann, dann kann gemeinsam mit den zukünftigen Nutzern geplant und gedacht werden.

All dies muss bereits bei der Planung in Erwägung gezogen werden. Eine Anspruchsgruppenbeteiligung und eine Themenfeldanalyse sind bei der Planung neuer (Bau-)Projekte, wie etwa beim Bau eines Bürogebäudes, zu empfehlen. Die Nutzer müssen von Anfang an dabei sein und nicht erst befragt werden, wenn alle Designentscheidungen bereits gefallen sind. Die Nutzerbefragung muss sich also in eine Nutzerbeteiligung wandeln.

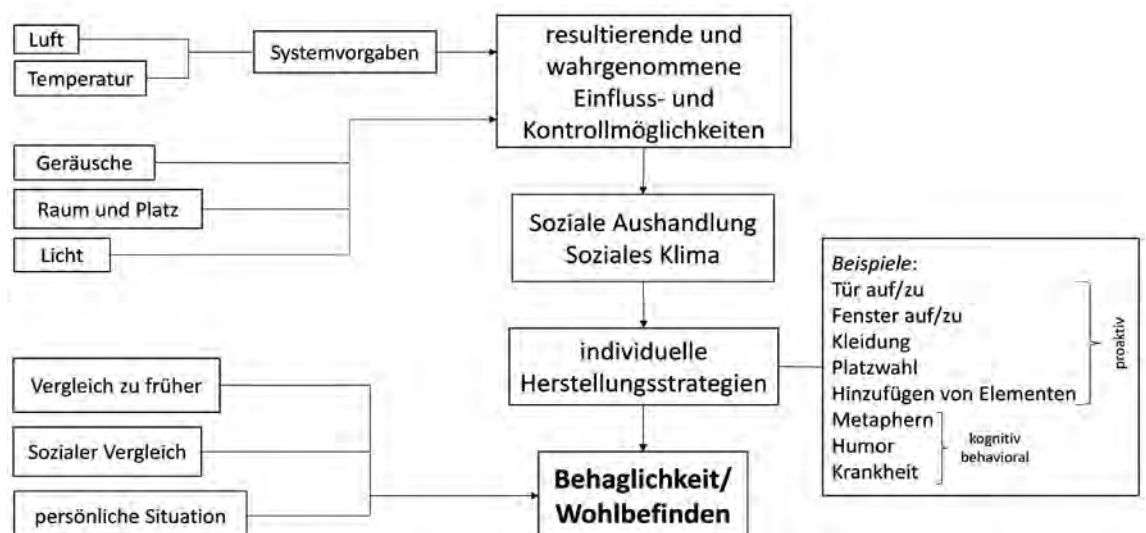


Abb. 4: Pfaddiagramm zur Behaglichkeit/Wohlbefinden im Seminargebäude der Hochschule Offenburg

Dabei entstehen Fragen, die bereits im Vorfeld zu klären sind:

- Ist eine Beteiligung der Nutzer seitens der Vorhabenträger grundsätzlich erwünscht?
- Wenn ja, in welchem Grad?
- Bestehen Einflussmöglichkeiten der Nutzer auf den Entscheidungsprozess bzw. gibt es Offenheit und Spielräume für bessere Lösungen?
- Wie kann man die Nutzer so früh wie möglich beteiligen?
- Wie kann man den Nutzern mehr Kontrolle geben?
- Wie sehen die Strategien der Nutzer aus, sich wohlfühlen?

Ungeachtet dessen sollte man aber auch die schwierigen Randbedingungen fokussieren, die diese Nutzerbefragung begleitet haben: Es gelang nicht, die Menschen davon zu überzeugen, dass die Luft, die durch die Regelstrategien in die Räume gepumpt wird, frische Luft ist: Die Luft, die durch das System kommt, ist nicht gut genug. Sie brauchen „frische Luft“, die sie nur durch eine Strategie, nämlich das Öffnen der Fenster, für sich herstellen können. Deshalb machen sie des öfteren die Fenster auf, obwohl sie „es nicht dürften“. Das ist ein durchgängiges Handlungsschema. Es wird entgegen den Empfehlungen gehandelt. Sie kamen wohl zu spät oder sind nicht ausreichend gut begründet worden.

Generell ist es kompliziert, die Details eines Regelalgorithmus abzufragen. Naturgleich kommen in die Bewertung von Temperatur und Luftqualität auch viele andere mögliche Einflüsse hinein. Wenn man so will, ist die Wahrnehmung der Regelungstechnik kontaminiert durch vorangegangene Erfahrungen mit der Gebäudearchitektur, dem Design und sonstigen Veränderungen. Die Rationalität des Nutzers, nur auf die Feinheiten des Regelalgorithmus zu achten, wird man nicht herstellen können.

Deshalb sei noch darauf hingewiesen, dass Nutzerzufriedenheit aus wesentlich mehr Elementen besteht als diese, die hier untersucht wurden. Auch diese weiteren Elemente sind zu berücksichtigen, will man Bürogebäude so mit modernen Regelstrategien ausstatten, dass die Nutzer auch eine hohe Zufriedenheit haben und sich wohlfühlen.

Schlussbetrachtung

Abschließend sei erwähnt, dass im Rahmen des Vorhabens die Promotionsarbeit von Dr. Martin Schmelas, einem Teilnehmer am kooperativen KleE-Promotionskolleg, in Zusammenarbeit mit der Universität Freiburg erfolgreich abgeschlossen wurde. Zudem wurde das AMLR-Programm mit hoher Nutzerzufriedenheit erfolgreich in einem Bürogebäude in Basel, Schweiz, erprobt. Geplant ist in Kooperation mit einem chinesischen Bauentwickler die AMLR-TABS-Steuerung in einem Bürokomplex in 2019 in der Nähe von Schanghai zu erproben. Die chinesische Firma war über die wissenschaftlichen Veröffentlichungen der Forschungsgruppe NET auf die Arbeiten der Hochschule gestoßen, als sie nach einer TABS-Steuerung mit verbessertem Komfort in den Büroräumen suchte.

AUTOREN



Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin
Geschäftsführender Leiter Institut IAF
Leitung Forschungsgruppe NET
Lehrgebiete: Solarthermie, Nachhaltige
Energietechnik, Gebäudeautomation
bollin@hs-offenburg.de



Prof. Dr. phil. Robert Gücker
Fakultät Medien und Informationswesen,
Medienrezeption, Medienbildung,
Mediendidaktik, Wissenspsychologie,
E-Learning, Lerntheorien,
robert.guecker@hs-offenburg.de



Dr.-Ing. Martin Schmelas
Institut für Energiesystemtechnik INES
Forschungsgruppe Nachhaltige Energietechnik
NET

Elektrische Energiespeicherung mit Batterien und Brennstoffzellen

Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang G. Bessler

Die Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung am Institut für Energiesystemtechnik (INES) der Hochschule Offenburg widmet sich der Batterie- und Brennstoffzellentechnik. Schwerpunkt ist die Modellierung und Simulation auf unterschiedlichen Skalen – von Elektrochemie zu Energiesystem. Die Aktivitäten werden durch experimentelle Zellcharakterisierungen ergänzt. Ziel ist die verständnisgetriebene Entwicklung und Optimierung von Brennstoffzellen und Batterien.

The research group Electrical Energy Storage at the Institute of Energy Systems Technology (INES) at Offenburg University of Applied Sciences focuses on battery and fuel cell technology. Electrochemical energy storage and conversion play a key role in an energy economy with large amounts of solar and wind power; they are also key components of electromobility. We develop and apply multi-scale and multi-physics mathematical models. We furthermore carry out experimental cell characterization. Goal of the activities is to understand and improve fuel cells and batteries.

Die Speicherung von Energie mit elektrochemischen Wandlern ist ein integraler Bestandteil einer Energieversorgung mit hohem Anteil an Sonnen- und Windstrom sowie die Kernkomponente der Elektromobilität. Zur elektrochemischen Energietechnik gehören Batterien, Brennstoffzellen und Elektrolyseure. Sie erlauben die gegenseitige Umwandlung von elektrischer und chemischer Energie. Der hohe Wirkungsgrad der Umwandlung und die hohe Energiedichte chemischer Energieträger haben diese Technologien zu einem festen Bestandteil unseres Lebens werden lassen.

Die Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung (EES) ist am INES der Hochschule Offenburg angesiedelt. Die Forschungsgruppe widmet sich der Batterie- und Brennstoffzellentechnik. Schwerpunkt ist die Entwicklung

detaillierter Modelle und Simulationsprogramme, um virtuelle Experimente an Batterien und Brennstoffzellen durchzuführen, sie zu verstehen, zu optimieren und in Energiesysteme zu integrieren. Die Verwendung von Computersimulationen erlaubt uns dabei eine verständnisgetriebene Entwicklung unter Einsparung von Kosten und Zeit. Parallel betreiben wir experimentelle Batterieteststände zur Zellcharakterisierung und Unterstützung der Modellierung. Ziel ist die Verbesserung von Leistung, Lebensdauer, Energiedichte und Sicherheit elektrochemischer Wandler. Die Aktivitäten werden im Rahmen von öffentlich geförderten Projekten, Industriekooperationen sowie Doktorarbeiten und studentischen Arbeiten durchgeführt. Die Forschungsgruppe besteht aus etwa zehn akademischen und studentischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (Abb. 1).



Abb. 1:
Forschungsgruppe
Elektrische Energie-
speicherung unter
Leitung von
Prof. Dr. W. Bessler

Wir widmen uns folgenden Forschungs- und Entwicklungsthemen:

- Lithium-Ionen-Batterien für stationäre und mobile Anwendungen mit Schwerpunkt auf Alterungsmechanismen, Lebensdauervorhersage und Wärmemanagement
- Metall-Luft-Batterien (Lithium-/Natrium-Luft) für hohe Energiedichte mit Schwerpunkt auf dem Verständnis der komplexen Reaktionsabläufe
- Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle und Wasserstofftechnologien
- neue Diagnosemethoden (Elektrochemie, Druckimpedanzspektroskopie und elektrothermische Impedanzspektroskopie)
- Energiesystemtechnik, insbesondere Photovoltaik-Batteriesysteme und Elektrofahrzeuge mit Schwerpunkt auf der wechselseitigen Beeinflussung von System und Batteriezellen

Methodische Klammer der vielseitigen Projekte ist die Multi-Skalen- und Multi-Physik-Modellierung (Abb. 2). Modelle reichen von der Elektrode bis zum System und von der Elementarkinetik zum Wärmetransport. Zur Methodik zählt auch die Entwicklung von

numerischer Simulationssoftware, insbesondere unserem hauseigenen Code DENIS ("Detailed Electrochemistry and Numerical Impedance Simulation") [1]. Wir verwenden außerdem die Simulationscodes MATLAB/SIMULINK für Systemsimulationen, COMSOL für die numerische Strömungsmechanik und CANTERA für die Auswertung elektrochemischer Reaktionsmechanismen.

Für begleitende Laborexperimente steht ein Batterieteststand mit verschiedenen Zyklierern, elektrochemischer Impedanzspektroskopie und ein Temperaturprüfschrank zur Verfügung, mit dem das elektrische und thermische Verhalten von Einzelzellen systematisch untersucht werden kann (Abb. 3). Die experimentellen Ergebnisse dienen der Zellcharakterisierung, Modellparametrierung und Validierung. Im Lauf des Jahres 2018 wird außerdem das neue Enerlab 4.0 unter Förderung des BMBFs aufgebaut – das „Diagnostische Batterie- und Photovoltaiklabor für Energiefragestellungen der Industrie 4.0.“ Hier werden an der Hochschule vorhandene Kompetenzen der Batterie- und Photovoltaiktechnik mit denen der Werkstofftechnik und chemischen Analytik gebündelt.

Referenzen/References:

1. C. Kupper and W. G. Bessler, "Multi-Scale Thermo-Electrochemical Modeling of Performance and Aging of a LiFePO₄/Graphite Lithium-Ion Cell," J. Electrochem. Soc. 164, A304-A320 (2017)
2. M. Mayur and W. G. Bessler, "Two-dimensional computational fluid dynamics analysis of transport limitations of different electrolyte systems in a lithium-air button cell cathode," J. Electrochem. Soc. 164, E3489-E3498 (2017)
3. B. Weißhar and W. G. Bessler, "Model-based lifetime prediction of an LFP/graphite lithium-ion battery in a stationary photovoltaic battery system", J. Energy Storage 14, 179-191 (2017)
4. D. Grübl, J. Janek, and W. G. Bessler, "Electrochemical Pressure Impedance Spectroscopy (EPIS) as Diagnostic Method for Electrochemical Cells with Gaseous Reactants. A Model-Based Analysis," J. Electrochem. Soc. 163, A599-A610 (2016)

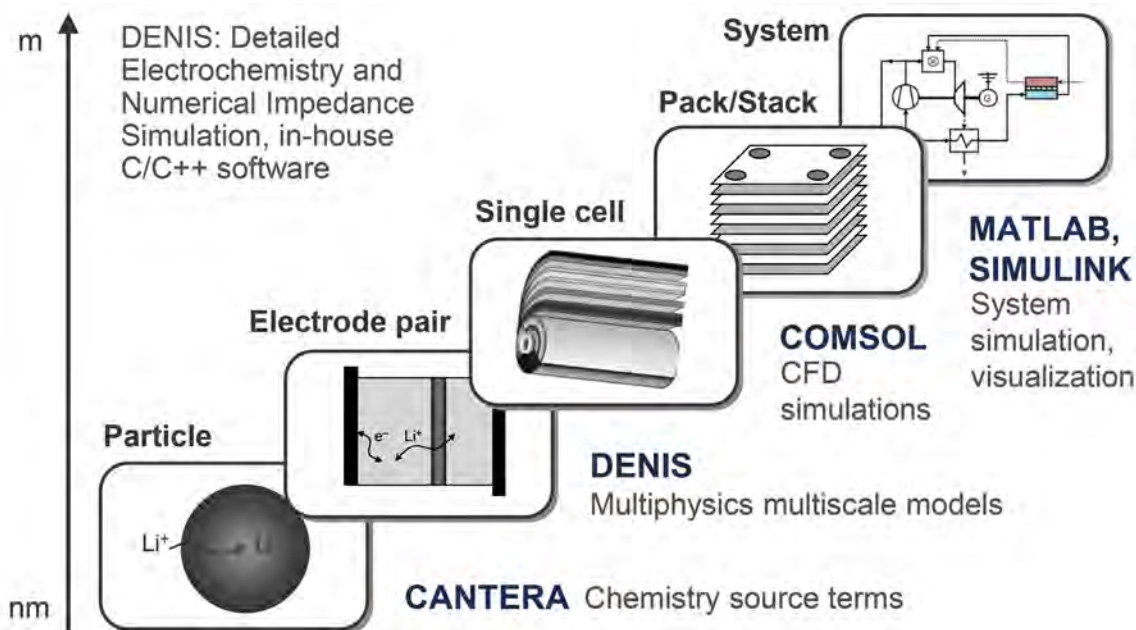


Abb. 2: Multi-Skalen- und Multi-Physik-Modellierung von Batterien und Brennstoffzellen

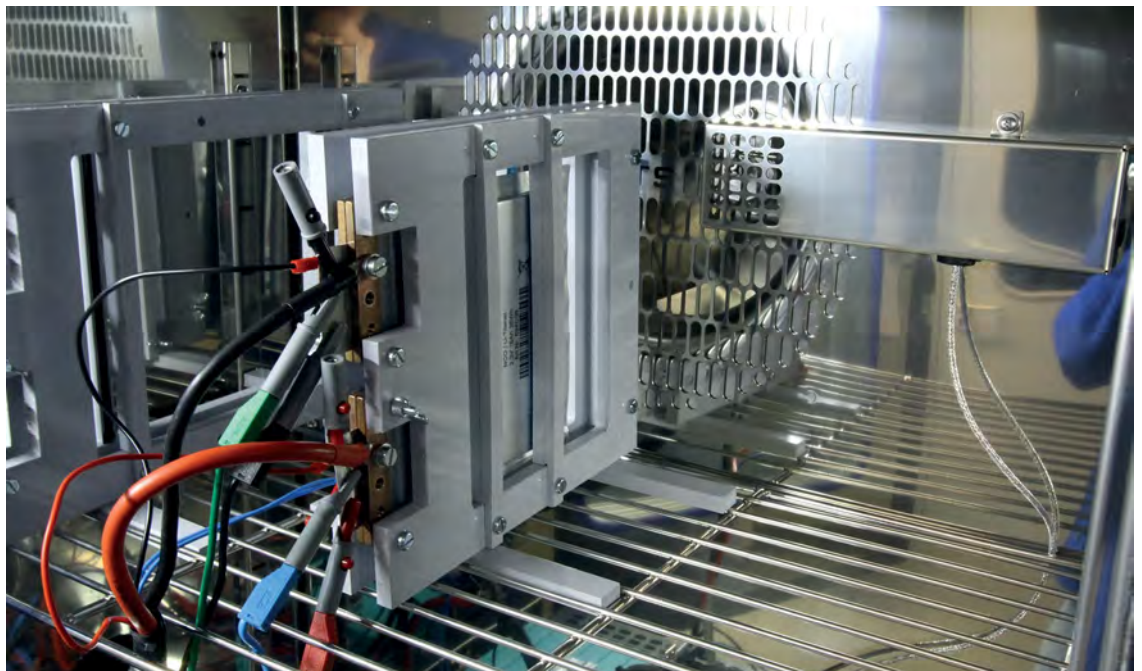
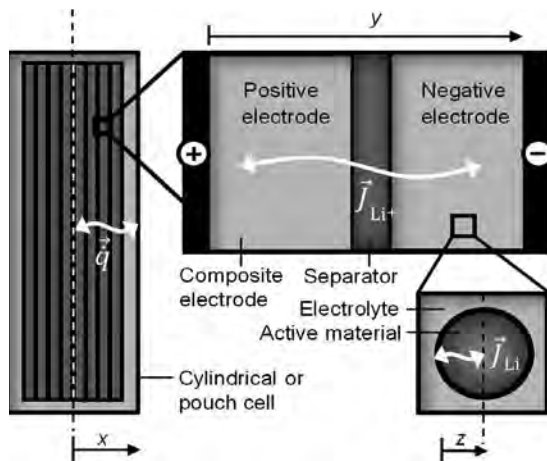


Abb. 3:
Lithium-Ionen-Zelle
bei der Charakterisie-
rung im Enerlab 4.0

Das Graduiertenkolleg SiMET wird von der deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Zwei DoktorandInnen arbeiten an der Simulation von mechanischen, elektrischen und thermischen Eigenschaften von Lithium-Ionen-Zellen. Die Promotionsprojekte finden in Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) statt. Im landesgeförderten kooperativen Promotionskolleg DENE („Dezentrale erneuerbare Energiesysteme“) läuft eine Doktorarbeit zur Modellierung von Degradationsmechanismen in Lithium-Ionen-Batterien. In beiden Kollegs kommen skalenübergreifende Modelle zum Einsatz (Abb. 4). Sie bilden die Transportvorgänge auf Partikelskala, Elektrodenpaarskala und Zellskala ab.

Abb. 4:
Skalenübergreifende
Modellbeschreibung
von Lithium-Ionen-
Batterien [1]



Das Projekt LiBaLu („Lithiumbatterien mit Luftpole“) widmet sich der Lithium-Luft-Batterie, einer Technologie, die künftig ei-

nen vielfachen Energiegehalt im Vergleich zu klassischen Lithium-Ionen-Batterien aufweisen kann. Hier sind jedoch noch zahlreiche akademische Fragestellungen zu klären. Mithilfe eines zweidimensionalen Modells einer Lithium-Luft-Knopfzelle (Abb. 5) werden Transportwege der Reaktanden in der Zelle untersucht und geeignete Elektrolyte vorgeschlagen. An dem BMBF-geförderten Verbundprojekt sind unter anderem die Universität Bonn und der Zellhersteller Varta beteiligt.

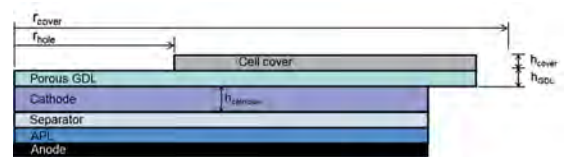


Abb. 5:
Schematischer Aufbau eines achsensymmetrischen
2D-Modells einer Lithium-Luft-Knopfzelle [2]

Im Projekt STABIL („Vorhersage und Verlängerung der Lebensdauer von gekoppelten stationären und mobilen Lithium-Ionen-Batterien“) wird das Alterungsverhalten von Lithium-Ionen-Batterien für Plug-In-Hybridfahrzeuge in Kombination mit stationären Batterien untersucht. Das Projekt findet in Zusammenarbeit mit dem Automobilzulieferer Schaeffler und dem Batteriehersteller ASD unter BMBF-Förderung statt. Durch Simulation von Jahresverläufen in einminütiger Auflösung kann die Lebensdauer eines PV-Batteriesystems vorhergesagt werden (Abb. 6).

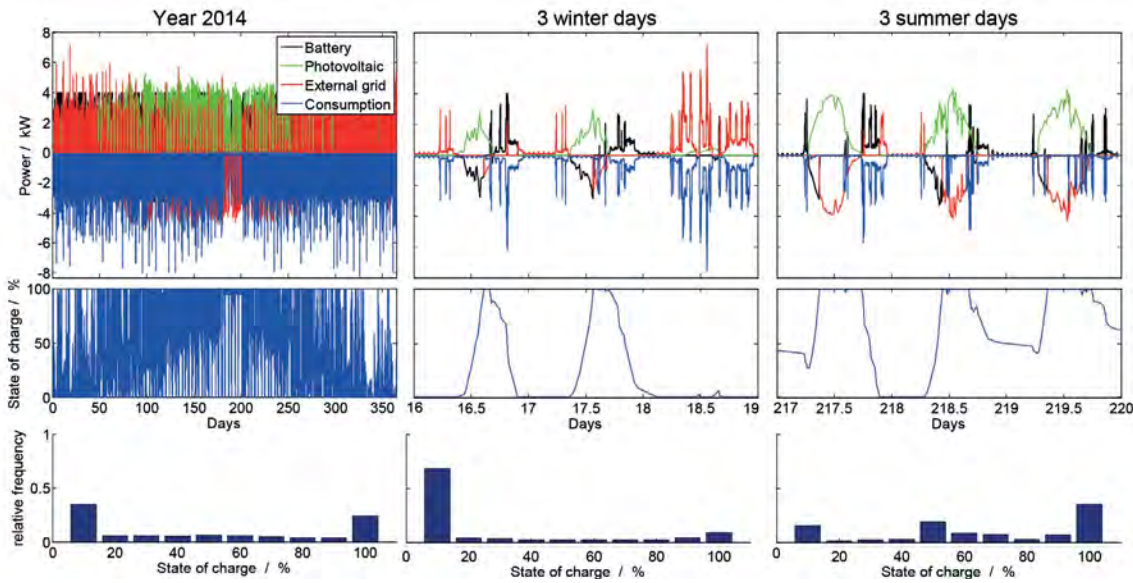


Abb. 6: Simulierte Jahresverläufe eines PV-Batteriesystems: Leistungsflüsse (oben), Batterieladestand (Mitte) und Ladestandsverteilung (unten) [3]

Im DFG-Projekt „EPISTEL“ wird eine neue Diagnosemethode, die elektrochemische Druckimpedanzspektroskopie (EPIS), für Brennstoffzellen entwickelt. Hierfür wird ein dynamisch variierender Gasdruck als Messgröße herangezogen, um insbesondere Transportvorgänge zu analysieren. Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit einem französischen Projektpartner der Universität de Lorraine durchgeführt, der für die experimentellen Untersuchungen verantwortlich ist. Die Grundlagen dieser Diagnosemethode wurden in der Forschungsgruppe im Rahmen einer Doktorarbeit anhand von Metall-Luft-Batterien erarbeitet (siehe Abb. 7).

Alle diese Forschungsprojekte sind in das Institut für Energiesystemtechnik (INES) der Hochschule Offenburg eingebunden und dort insbesondere mit zahlreichen weiteren Aktivitäten in den Themenfeldern regenerative Energiespeicherung, intelligente Netze und Elektromobilität sowohl auf experimenteller wie auch auf simulativer Seite vernetzt. Gemeinsam mit unseren Partnern aus Forschung und Industrie arbeiten wir an dem Ziel langlebiger, kostengünstiger und leistungsfähiger elektrischer Energiespeicher.

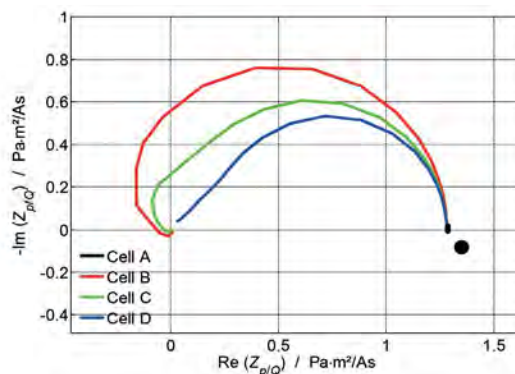
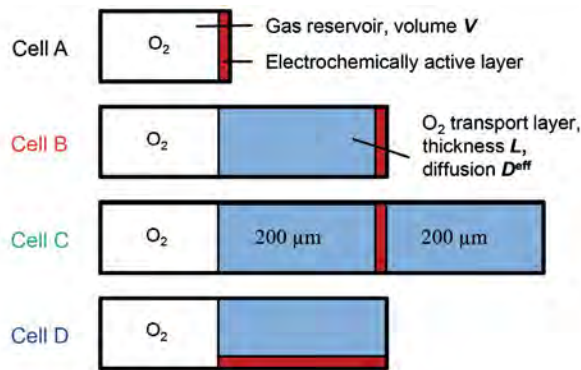


Abb. 7: Typische Transportszenarien (links) einer Metall-Luft-Batterie und deren charakteristisches Verhalten in der neuartigen EPIS-Diagnostik [4]

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang G. Bessler
 Professur für Prozesssimulations- /
 Optimierungsverfahren, INES, Forschungs-
 gruppe Elektr. Energiespeicherung
 wolfgang.bessler@hs-offenburg.de
 www.hs-offenburg.de/bessler

NaSiO – INSTITUT FÜR NACHHALTIGE SILIKATFORSCHUNG OFFENBURG

Das Institut NaSiO setzt sich zum Ziel, Silikatwerkstoffe als Baumaterialien aus Wüstensand mit neuen Eigenschaften, die kompatibel mit einer nachhaltigen Energietechnik sind, zu entwickeln.

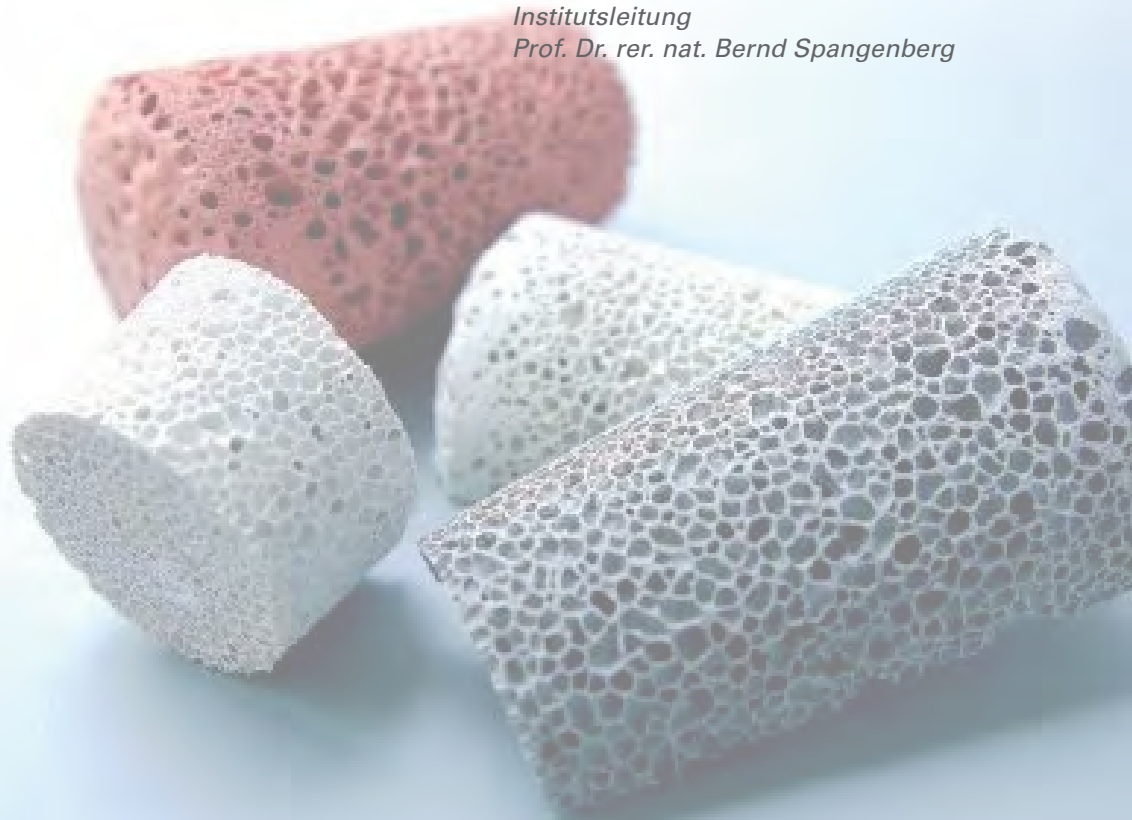
Am einfachsten beschreibt man Silikatwerkstoffe als polymeren Sand. Der Schlüssel zur vermehrten industriellen Nutzung von (Wüsten-)Sand ist die Geopolymerstruktur. Diese wird aus Wasserglas gebildet, das schon heute kostengünstig aus Sand, Soda und Sonnenenergie (SSS-Ansatz) hergestellt werden kann.

Der Schwerpunkt der Institutsarbeit liegt auf der Erforschung der chemischen Bindungen, die eine Geopolymerstruktur ausmachen. Hierzu werden als analytische Messmethoden die IR-Spektroskopie sowie in Zusammenarbeit mit mehreren universitären Instituten ^{27}Al -MAS NMR-, ^{29}Si -MAS NMR-

und ^{31}P -NMR-spektroskopische Messungen an Festkörpern eingesetzt. Auch wird an der verfahrenstechnischen Optimierung aller Prozesse geforscht, die der Bildung geopolymerer Strukturen zugrunde liegen.

Konkret wird an der Herstellung neuartiger anorganischer Dämmstoffe mit einer Dichte von unter $0,09 \text{ g/cm}^3$, an der Entwicklung von Dämmstoffen im Bereich bis $1.100 \text{ }^\circ\text{C}$, an der Entwicklung eines Ziegeleratzes aus Wüstensand oder Betonabfällen sowie an der Verkieselung von Holz gearbeitet. Bei allen Forschungs- und Entwicklungsthemen stehen Ressourcenschonung, Umweltverträglichkeit und Langlebigkeit der Produkte im Mittelpunkt.

*Institutsleitung
Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg*



Schaumsand zur Wärmedämmung bei hohen Temperaturen

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

Schaumsand wird aus Wasserglas hergestellt und zeigt als Dämmmaterial einige Vorteile. Am Institut für nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (INaSiO) wird er als ein hervorragender Dämmstoff für den Temperaturbereich bis 950 °C untersucht. Am besten dämmt Schaumsand mit den kleinsten Poren. Er kollabiert bei thermischer Belastung allerdings auch am schnellsten. Schaumsteine mittlerer Porengröße, ein Kompromiss zwischen Wärmeleitfähigkeit und Stabilität, schützen im Brandfall am längsten.

Foam sand is made of water glass and shows some advantages as insulating material. At the Institute for Sustainable Silicate Research in Offenburg (INaSiO), it is being investigated as an excellent insulating material for a temperature range up to 950 °C. Foam sand with the smallest pores is best insulating, but collapses fastest under thermal stress. Foam sand with medium pores, a compromise between thermal conductivity and stability, provides the long-lasting protection in the case of fire.

Problemstellung

Häuser mit gedämmten Fassaden aus Styropor können im Brandfall zu tödlichen Fallen werden. Was Styropor bei einem Brand so gefährlich macht, ist seine besondere Reaktion. Wenn eine Styropordämmung brennt, schmilzt und tropft es von der Fassade und bildet eine undurchdringliche Barriere aus flüssigem heißem Material. Würde man zur Dämmung statt Styropor nichtbrennbare Dämmplatten aus Mineralwolle oder Schaumsand verwenden, hätte man dieses Problem nicht. Mineralwolle besteht aus Fasern von geschmolzenem Altglas, Kalkstein, Basalt oder Dolomit, während Schaumsand aus reinem Siliziumdioxid (SiO₂) hergestellt ist. Beide Stoffe brennen nicht. Warum beide Materialien dennoch kaum als Dämmstoff verwendet werden, hat einen simplen Grund: Sie sind teurer als Styropor.

Schaumsand wird aus Wasserglas (und festem SiO₂) hergestellt und zeigt als Dämmmaterial gegenüber Mineralwolle einige Vorteile. Seine Energiebilanz ist besser, und er kann passgenau für die verschiedensten Anwendungen hergestellt werden. Dämmstoffe werden nicht nur in einer Fassadendämmung verbaut. Auch Fluchtwege wie Treppenhäuser oder Versorgungsleitungen für Strom, Wasser (bei Sprinkleranlagen) oder natürlich Gas müssen thermisch isoliert sein, damit sie im Brandfall ihren Dienst erfüllen oder, wie bei Gasleitungen, die Sache nicht noch schlimmer machen. An solche Isolationsmaterialien wer-

den andere Anforderungen als an Fassadendämmungen gestellt. Am Institut für nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (INaSiO) sieht man hier ein weites Betätigungsfeld. Ein Ziel des Instituts ist die Entwicklung anorganischer Schaumstoffe für den Einsatz im Bereich von Wärmedämmungen, Schall- und Brandschutz. Bei allen Forschungsthemen des Instituts stehen Ressourcenschonung und Umweltverträglichkeit im Mittelpunkt.

Der Rohstoff

Wasserglas wird aus Sand und Soda bzw. Pottasche oder aus Natrium- und Kaliumhydroxid hergestellt. Die benötigte Energie zur Bildung von Wasserglas kommt heute aus dem Erdöl. Denkbar ist aber auch die direkte Verwendung von Solarenergie. Eine zukünftige Wasserglasproduktion könnte in der Nähe von Salzseen, direkt in Wüstengebieten mit Wüstensand und viel Sonnenlicht, stattfinden. Solche terrestrisch-aride Sodalagerstätten finden sich auf allen Kontinenten. Der bekannteste Soda-see ist der Lake Natron in Tansania, aber auch in Nordamerika, Asien und Südosteuropa findet man diesen Gewässertyp, u. a. in Ägypten, Äthiopien (Shala), Bolivien (San Juan), Kanada, Mongolei (Ost-Gobi), Ungarn, Russland, Schweiz, Großbritannien, Italien und den USA [1]. Wasserglas ist eine wasserhelle Flüssigkeit, die in Tankschiffen, ähnlich dem Erdöl, aus Wüsten zum Einsatzort transportiert werden könnte.

Neben Soda bzw. Kalium- oder Natriumhydroxid wird Sand sowohl zur Herstellung von Wasserglas wie auch als preiswerter Füllstoff gebraucht. Dabei ist der bekannte Satz aus der Bibel „Wie Sand am Meer“ heute nicht mehr gültig, denn schier unerschöpfliche Sandvorkommen am oder im Meer gehören längst der Vergangenheit an [2–7].

Sand gibt es nicht nur am und im Meer, sondern vor allem in Sandwüsten, die etwa 20 % der weltweiten Wüstenflächen ausmachen [2]. Hier ist Sand noch im Überfluss vorhanden, und das wird auch für lange Zeit so bleiben. Trotz der riesigen Sandvorkommen in Wüstengebieten wird der Rohstoff Quarzsand in den Industrieländern knapp. Hier wird Flusssand gebraucht, da Wüstensand für den Einsatz im Bausektor weitgehend ungeeignet ist. Seine vom Wind abgeschliffenen runden Körner haften nicht aneinander und können für Beton nicht verwendet werden [2]. Für die Anwendung in Beton ist neben einer länglichen Körnung auch Chlorid- und Alkalifreiheit von Bedeutung. Im Gegensatz dazu stören Chlorid- oder Alkaliionen bei der Herstellung von Wasserglas nicht, ebenso wenig wie bei der Verwendung als Füllstoff in Geopolymerstrukturen, da hier immer in stark alkalischem Medium gearbeitet wird.

Die Reaktion zur Bildung von Steinen aus Wasserglas

Wasserglas ermöglicht die Bildung polymerer Strukturen aus wässriger Lösung oder Suspension in einem Temperaturbereich zwischen 10 und 200 °C. Dem Vorgang liegt die Rückreaktion der Wasserglasbildung zugrunde. Wasserglas wird heute fast ausschließlich durch Kohlendioxid verfestigt. Statt Kohlendioxid können aber auch Kohlensäure-Ester verwendet werden. Im Institut NaSiO werden meistens Propylencarbonat und Glycerincarbonat als Härter benutzt. Bei Raumtemperatur reagiert Propylencarbonat innerhalb von ca. fünf Minuten ab, Glycerincarbonat ist da sogar noch etwas schneller. Es können unter umweltfreundlichen und ökologischen Bedingungen Steingießprodukte, Stein- bzw. Sandschäume, Oberflächenpolymere sowie Durchtränkungspolymere hergestellt werden. Insbesondere lassen die niedrigen Temperaturen des Härtevorgangs im Vergleich zu herkömmlichen Brenntechniken große CO₂-Einsparungen erwarten. Ein Vorteil der Reaktion ist die Möglichkeit, Steinschäume bei Raumtemperatur zu bilden. Hierbei wird

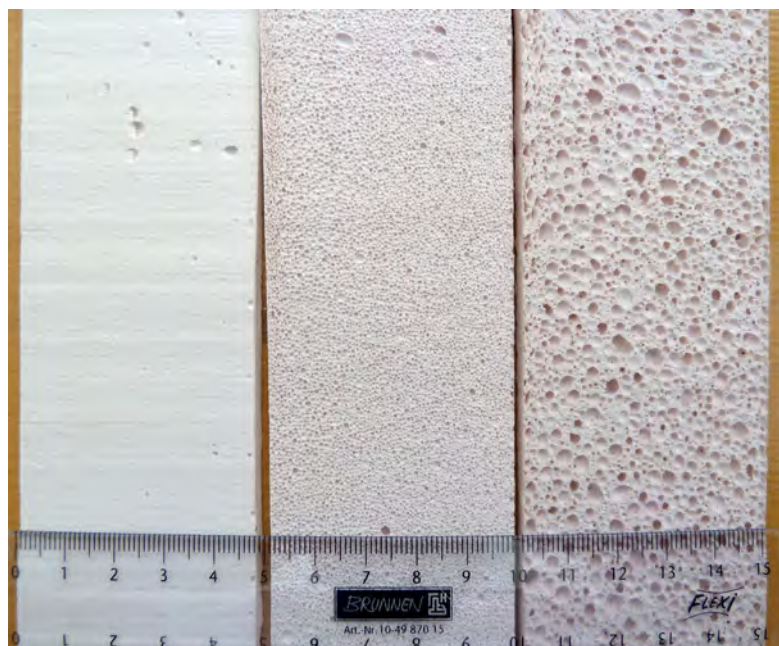
dem Wasserglas neben dem Härter noch Wasserstoffperoxid und anorganische Zuschlagstoffe beigemischt. Die Zuschläge dienen zur Festlegung der Viskosität, denn so kann die Porengröße zielgerecht eingestellt werden. In der Mischung wird Wasserstoffperoxid katalytisch zersetzt, und der so gebildete Sauerstoff schäumt die Mischung auf. Beide Reaktionen, die Sauerstoffbildung und die Wasserglashärtung, müssen aufeinander abgestimmt sein, damit der Schaum sein volles Volumen erlangt und dann verfestigt, ohne zusammenzufallen.

Die Herstellung feuerfester Dämmstoffe

Wasserglas wird bei Raumtemperatur mit verschiedenen Zuschlägen zu einer Suspension definierter Viskosität gemischt. Unter Rühren gibt man eine Lösung aus Wasserstoffperoxid in Propylencarbonat zu. Die Mischung wird 30 Sekunden gerührt und dann in eine Form gegossen. Ähnlich Polyurethanen schäumt die wässrige Mischung auf und entwickelt in einer abgeschlossenen Form Drücke bis zu 10 bar. Nach 60 Minuten kann der Schaumstein der Form entnommen werden, bei Raumtemperatur ist er nach einer Woche trocken. Seine Dichte beträgt etwa 0.3 g/cm³.

Die Porendurchmesser solcher Schaumsteine können in einem Bereich von 50 µm bis etwa 2500 µm frei eingestellt werden (Abb. 1). Die Porenverteilung im Schaumkörper ist sehr eng, wie Abb. 2, ein vergrößerter Ausschnitt aus Abb. 1, zeigt.

Abb. 1: Schnittflächen durch drei Schaum-Probekörper. Die Porendurchmesser liegen bei dem Schaumstein BH59 (links) um 50 µm, beim Schaumstein BH56 (mittig) bei 500 µm und bei der Schaumstein BH60 (rechts) zwischen 1000 µm und 2500 µm



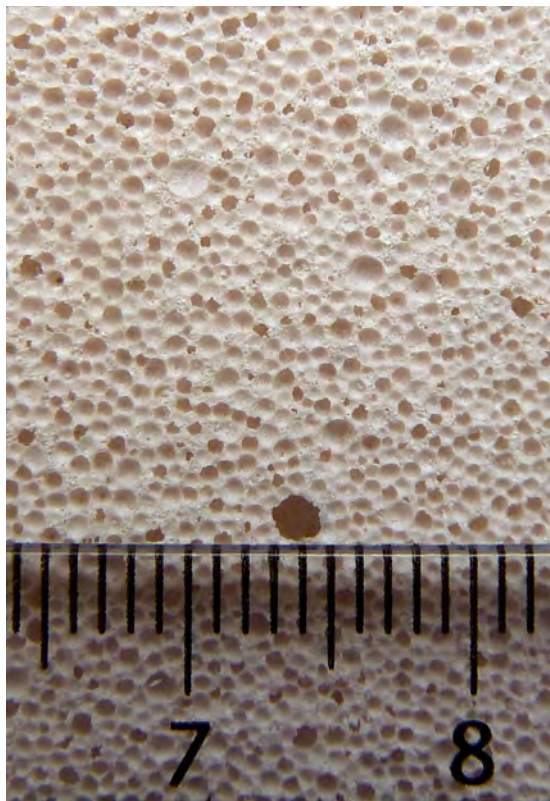
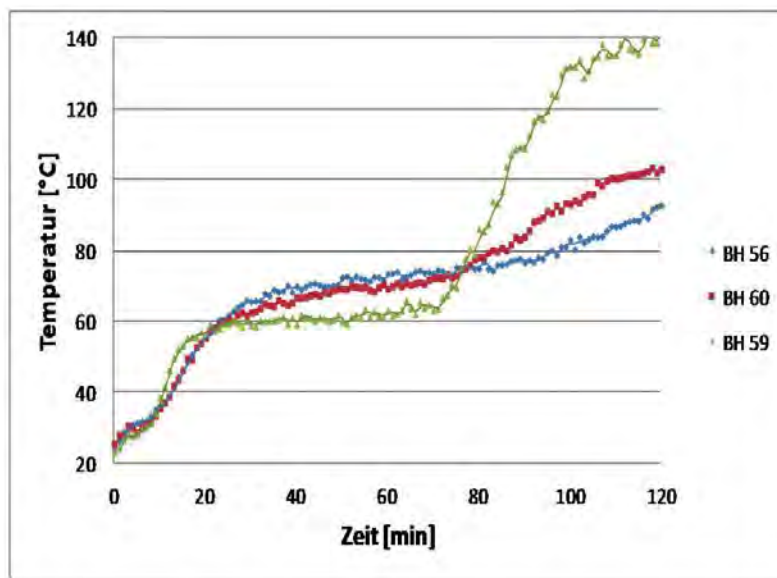


Abb. 2:
Vergrößerte, gleichmäßige Porenverteilung des mittleren Schaumsteins (BH56) mit einem Porendurchmesser von etwa 500 μm

Testung der Dämmstoffe auf ihre feuerfesten Eigenschaften

Die trockenen Schaumsteine werden von einer rauschenden Bunsenbrennerflamme von unten im Abstand von fünf cm befeuert, während oberhalb der fünf cm dicken Schaumsteinplatte die Temperatur berührungslos gemessen wird. Der zeitliche Temperaturverlauf auf der Plattenoberfläche ist aufschlussreich (Abb. 3). In den ersten 20 Minuten heizt sich der Schaumkörper auf. Dann stellt sich ein Gleichgewicht zwischen dem von der Flamme durch den Körper fließenden Wärmestrom und der Wärmeabgabe von der Oberfläche an die Umgebung ein. Dadurch bleibt die Plattenoberfläche bei allen drei Platten für ca. 60 Minuten konstant. Die Oberflächentemperatur hängt dabei einzig von der Wärmeleitfähigkeit des Prüfkörpers ab. Bei gut isolierenden Schäumen liegt sie tiefer als bei schlechter isolierenden Schäumen.

Durch die Bunsenbrennerflamme entstehen nach etwa 75 bis 80 Minuten Risse im Prüfkörper, seine Struktur kollabiert. Dadurch steigt der Wärmestrom durch den Prüfkörper schnell an, was zu einem Anstieg seiner Oberflächentemperatur führt.



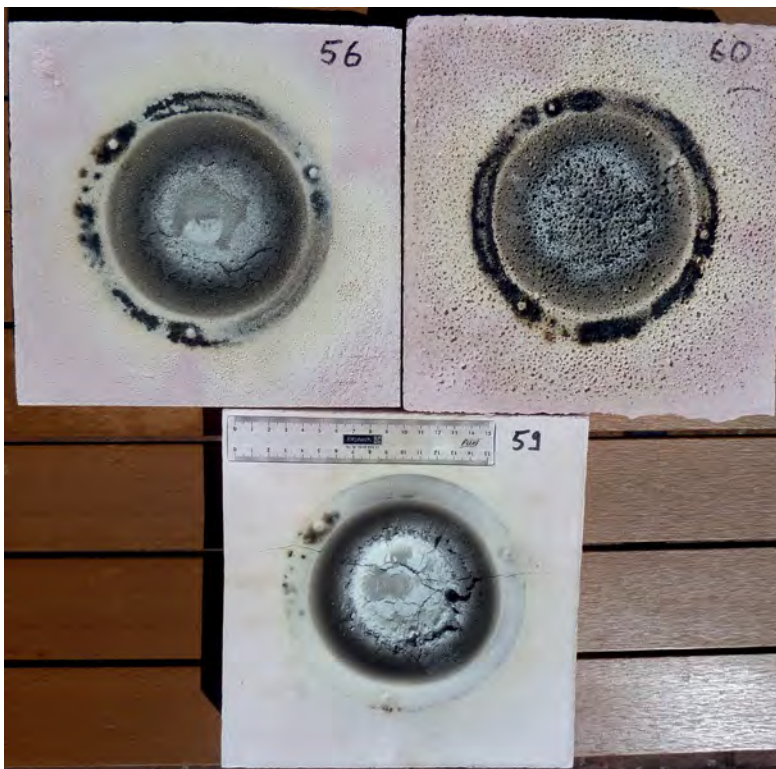
In Abb. 3 ist der Temperaturverlauf auf der Oberfläche der drei Probekörper abgebildet. Die Probe BH59 hat mit 50 μm Durchmesser den kleinsten Porendurchmesser gegenüber 500 μm Porendurchmesser der Probe BH56 und 1000 – 2500 μm Porendurchmesser der Probe BH60. BH59 liegt bei der Oberflächentemperatur volle 10 $^{\circ}\text{C}$ unter der Oberflächentemperatur der beiden anderen Proben. Dieser Effekt wird allein durch die feine Porenstruktur hervorgerufen, denn das Plattenmaterial ist bei allen drei Schaumkörpern nahezu identisch. Die Probe BH56 zeigt die höchste Oberflächentemperatur. Sie liegt auch etwas höher als Probe BH60, hat aber mit 500 μm kleinere Poren als BH60. Zu erklären ist dieser Befund mit einer etwas höheren Dichte (0.2909 g/cm^3) im Vergleich zur Probe BH60 (0.2793 g/cm^3).

Abb. 3:
Temperaturverlauf über die Zeit, gemessen bei den Schaumsteinen BH56 (Porendurchmesser etwa 500 μm), BH60 (Porendurchmesser von 1000 bis 2500 μm) und BH59 (Porendurchmesser 50 μm)

Für die Wärmeleitfähigkeit bedeutsam ist die Dichte eines Körpers und bei Schäumen auch deren Porendurchmesser. Steine mit niedrigen Dichten und kleinen Porendurchmessern isolieren am besten. Für die Stabilität eines Schaumsteins ist die Dicke der Stege zwischen den Poren entscheidend. Hier gilt, dass ein Körper mit filigranen Stegen eher kollabiert als

ein Körper mit dicken Stegen. Dies ist ebenfalls in Abb. 3 zu sehen, denn hier steigt nach 80 min die Temperatur über dem Stein mit den kleinsten Poren (BH59) am schnellsten an. Der Schaumstein mit der mittleren Porengröße (BH56) schützt am längsten vor thermischer Belastung, denn er ist ein guter Kompromiss zwischen Wärmeleitfähigkeit und Stabilität.

Abb. 4:
Schaumsteine BH56,
BH59 und BH60 nach
dem Brennversuch



In Abb. 4 sind die Dämmplatten nach den Brandversuchen abgebildet. Ein Teil der Struktur kollabiert, aber nur im Bereich der größten Wärmebelastung. Durch die guten Isolationseigenschaften der Platten von etwa 80 – 120 W/mK sind schon die Randbereiche der thermischen Belastung nicht mehr beschädigt.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass das neue Hochtemperatur-Isolationsmaterial bis 900 °C stabil ist und erst ab etwa 950 °C schmilzt. Zusammengefasst eröffnen die neuen Steinschäume interessante Möglichkeiten im Brandschutz, da hier maßgeschneiderte brandstabile Strukturen bei Raumtemperatur energiesparend gegossen werden können.

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg
Forschungsgruppe Nachhaltige Silikat-
forschung, Lehrgebiete Chemie,
chemische Analytik, Abfall und
Recyclingtechnik, Bionik
spangenberg@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] [https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Geologisches%20Portrait/Lagerst%C3%A4tten/Terrestrisch-aride%20Salzlagerst%C3%A4tten%20\(Soda,%20Borax,%20Salpeter\)?lang=de&language=german](https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Geologisches%20Portrait/Lagerst%C3%A4tten/Terrestrisch-aride%20Salzlagerst%C3%A4tten%20(Soda,%20Borax,%20Salpeter)?lang=de&language=german)
- [2] Chemie in unserer Zeit, 2016, 50, 162–171
- [3] L. Höflinger, Der Spiegel 2014, 40, 106–109
- [4] Aus Sand: Ein Rohstoff wird knapp, Le Monde diplomatique (Deutsche Ausgabe) vom 12.9.2014; <http://www.monde-diplomatique.de/pm/2014/09/12/a0010.text>
- [5] Sand – Die neue Umweltzeitbombe, ARTE; www.arte.tv/guide/de/046598-000/sand-die-neue-umweltzeitbombe; www.youtube.com/watch?v=CPbdL1WVAcA
- [6] Strand: Wie Gold am Meer, ZEIT ONLINE – Die Zeit; <http://www.zeit.de/2014/34/strand-sand-verschwinden>
- [7] Sand, rarer than one thinks, UNEP; www.unep.org/pdf/UNEP_GEAS_March_2014.pdf

IUAS – INSTITUTE FOR UNMANNED AERIAL SYSTEMS



Das Institute for Unmanned Aerial Systems wurde vor bald sieben Jahren gegründet. Anfänglich standen ausschließlich Problemstellungen und Entwicklungsarbeiten für autonome Helikopter im Vordergrund. Fluggenehmigungen auf der Internationalen Luftfahrtausstellung und Flüge in großen Höhen zeigen die Leistungsfähigkeit der bisherigen Entwicklungsergebnisse.

Bald eröffneten sich weitere Themenbereiche, die in einem technologischen Zusammenhang mit Lösungswegen im UAV-Bereich stehen – wie die Entwicklungsarbeiten in der Kanalsanierung. Hier wurde ein akustisches Verfahren zur Inspektion von Kanalrohren entwickelt, über das bereits in der letztjährigen Ausgabe berichtet wurde. Hieraus ist ein Projekt für ein System für die Kanalnavigation entstanden, das inzwischen abgeschlossen ist. In einem nachfolgenden Projekt werden nunmehr auf akustischem Weg die hydraulischen Eigenschaften von Kanalrohren untersucht. Daraus wird versucht, ein praktikables Verfahren für die hydraulische Bewertung von Abwasserkanälen abzuleiten.

Weitreichende Vorarbeiten in der optischen 3D-Erfassung haben zudem zu einem Entwicklungsprojekt in diesem Bereich geführt. Als Ergebnis wurde ein Prototyp entwickelt.

Problemstellungen in der Inspektion von Beton sind in ein weiteres Entwicklungsprojekt im Bereich Ultrawideband-Radar gemündet. Ein erstes System wurde realisiert und optimiert. Aus diesen Arbeiten haben sich weitere Anwendungsbereiche für bildgebende UWB-Radare ergeben. Hier sind insbesondere ein Projekt für die Erfassung von Hindernissen bei Mähmaschinen, das sich derzeit in

der Testphase auf einem Fahrzeug befindet, sowie ein Projekt zur Detektion von Verunreinigungen in Lebensmitteln zu nennen. Insbesondere das Lebensmittelradar stellt sehr hohe Ansprüche an das Radarsystem und die Rekonstruktionsalgorithmen.

Im UAV-Bereich sind das interne Projekt „Jan Mayen“ (Langstrecke mit 10 kg) sowie das vor kurzem gewonnene EU-Projekt „ELCOD“ (Endurance Low Cost Drone mit 25 kg) in Zusammenarbeit mit der INSA/ Straßburg zu nennen.

Das Institut hat erfahrene Mitarbeiter und eine breite technologische Basis: Navigation, Flugregelung, Trägerphasen-GPS, HF-Kommunikationssysteme, optische 3D-Erfassung, Ultrawideband-Radar, inverse 3D-Rekonstruktionsalgorithmen, akustische Systeme etc. Zwischenzeitlich hat sich die UWB-Radarseite sehr gut entwickelt, und die Nachfrage nach diversen Entwicklungslösungen hält an. Auch der UAV-Bereich belebt sich derzeit stark. Einerseits, weil das neue Luftfahrtrecht den Erfordernissen von UAVs mehr Rechnung trägt, andererseits, weil unbemannte Flugsysteme zunehmend als ernsthafte konkurrenzfähige Lösungen für technische Problemstellungen gesehen werden.

Die Auftragslage und Auslastung sind daher gut, und es darf gehofft werden, dass sich auf dieser Basis noch einige weitere interessante Entwicklungen ergeben werden.

Natürlich sind Absolventenarbeiten und Projektarbeiten im Institut gern gesehen.

Institutsleitung
Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Mit Radartechnik Nichtsichtbares aufspüren

Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele, Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder,
Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ, Dr.-Ing. Valentin Ortega Clavero

Radarsysteme haben heute Hochkonjunktur, weil sich mit ihrer Hilfe viele Messaufgaben auf elegante Weise lösen lassen. Am IUAS der Hochschule wird ein flexibles, hochkomplexes Radar entwickelt, das in der Lage ist, Fremdkörper in Lebensmitteln oder Gegenständen im Gras 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 to solve many measurement tasks in an elegant way. At the IUAS of the University of Applied Sciences Offenburg, a flexible, highly complex radar is developed, which is able to detect foreign bodies in food or objects in the grass. The radar is a development system that can be easily adapted to different measurement requirements.

Einführung Radar

Der Name „Radar“ ist die Abkürzung für *Radio detection and ranging*. Die Idee und die erste Realisierung gehen auf das Jahr 1904 zurück, als der deutsche Hochfrequenztechniker Christian Hülsmeier das Verfahren zum Patent anmeldete. Bedeutung bekam die Erfindung aber erst ab dem Zweiten Weltkrieg im Zusammenhang mit der Fliegerei, da mit dem Radar Flugobjekte in großer Entfernung oder in Wolken erkannt werden können. Die Anwendungspalette für Radare wurde stetig erweitert bis zu bildgebenden Verfahren in der Raumfahrt. Wenn heute von autonom fahrenden Fahrzeugen die Rede ist, dann ist das nur möglich auf Basis von Radarsystemen im Auto, denn diese ermitteln Abstände, Geschwindigkeit, Eigenschaften von Hindernissen und deren Bewegungen.

Am Institute for Unmanned Aerial Systems (IUAS) an der Hochschule Offenburg werden sogenannte Short-Distance Radare entwickelt, mit denen man aus kurzer Entfernung in Gegenstände wie Beton, Vegetation oder Lebensmittel hineinschauen kann, um Risse, Gegenstände oder Fremdkörper zu erkennen.

Funktion eines Radars

Obwohl es heute eine Vielzahl von unterschiedlichen Verfahren gibt, ist die Grundfunktion immer die gleiche. Über eine Richtantenne wird eine elektromagnetische Welle gesendet. Trifft diese auf einen Gegenstand, so wird sie teilweise reflektiert. Diese reflektierte Welle, die jetzt Informationen über Entfernung, Geschwindigkeit und Eigenschaften des Gegenstands mit sich trägt, läuft zurück zur Antenne. Das i.a. stark verkleinerte Signal wird dort empfangen und mit dem Sendesignal verglichen. Um die gewünschten Informationen aus dem Empfangssignal zu gewinnen, sind komplexe mathematische Algorithmen notwendig, die oft nur mit hohem Rechneraufwand gewonnen werden können. Das Entwicklungsteam für Radarsysteme setzt sich daher zusammen aus Spezialisten in Hochfrequenztechnik, Elektronik, Informatik und Mathematik.

Das am IUAS entwickelte Radarsystem ist ein sogenanntes FMCW-Radar (Frequency Modulated Continuous Wave), das über eine Zeitdauer von einigen hundert Millisekunden die Sendefrequenz von f_1 bis f_2 ändert (siehe Abbildung 1).

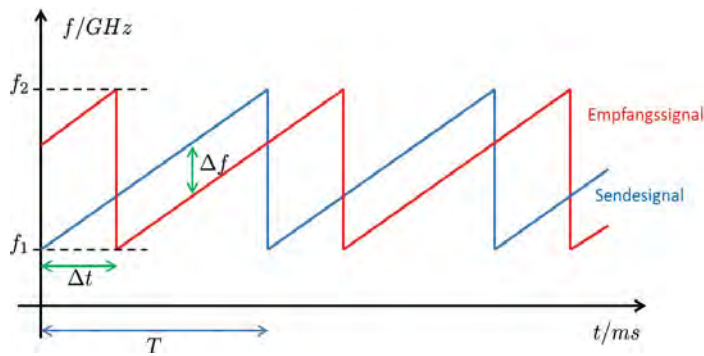


Abb. 1:
Änderung
der Frequenz
als Funktion
der Zeit beim
FMCW-Radar

Wenn das gesendete Signal nach der Zeit Δt wieder bei der Antenne ankommt, hat sich die Frequenz im Vergleich zur Sendefrequenz um Δf verändert. Die Frequenzen f_1 und f_2 können bei den am IUAS entwickelten Systemen jeweils von eins bis sechs GHz frei gewählt werden.

$$\Delta f = \frac{f_2 - f_1}{T} \cdot \Delta t$$

Über die Frequenzänderung, die durch die FFT mit guter Genauigkeit ermittelt werden kann, sowie mit Kenntnis über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle ist es möglich, mit hoher Genauigkeit den Abstand zu ermitteln. Alternativ zur kontinuierlichen Frequenzänderung beim FMCW-Radar kann die Frequenz auch schrittweise verändert werden. In dem Fall spricht man von Stepped Frequency Continuous Wave-Radar (SFCW). Verwendet man – wie es bei den hier entwickelten Radarsystemen der Fall ist – mehrere Send- und Empfangsantennen, ein sogenanntes MIMO-System (= Multiple Input Multiple Output), so kann ein Gegenstand von verschiedenen Positionen angestrahlt und damit weitere Details über den Gegenstand ermittelt werden. Nachfolgend werden zwei am IUAS realisierte Anwendungen der Radartechnik beschrieben.

Erkennen von Gegenständen beim maschinellen Mähen

Bei maschinellen Mäharbeiten entlang von Straßen kommt es häufig zu Problemen mit im Gras liegenden Gegenständen wie Felgenteile, Benzin- und Ölkannistern oder größeren Holz- oder Kunststoffteilen. Um Schäden an Maschine und Umwelt zu vermeiden, ist es notwendig, solche Gefahren rechtzeitig zu erkennen. Optische Verfahren scheiden wegen des hohen Bewuchses aus. Elektromagnetische Wellen mit Frequenzen im unteren GHz-Bereich können den Bewuchs wenige Meter durchdringen und Gegenstände sichtbar machen. Die Abbildung 2 zeigt eine Folge von drei Aufnahmen –

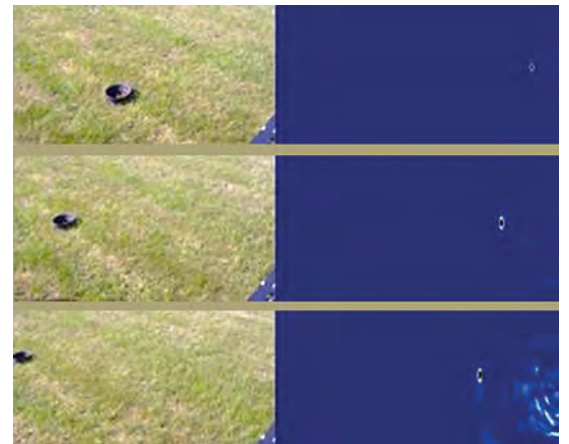


Abb. 2:
Foto und Radarbild bei Annäherung an eine Felge
(von unten nach oben)

Foto und Radarbild bei Annäherung an eine Felge. Das hierfür entwickelte FMCW-Radar arbeitet mit acht Vivaldi-Antennen. Die Antennen sind in einem linearen Array vor der Maschine angeordnet, da Gegenstände schnell und zuverlässig erkannt werden müssen. Eine Herausforderung ist dabei die Unterdrückung von Reflexionen der Umgebung. Das gelingt mit speziellen schnellen Kompensationsalgorithmen.

Fremdkörper in Lebensmitteln

In der industriellen Produktion von Lebensmitteln besteht die Gefahr der Beimischung von Glassplintern, Steinen, Kunststoff-, Keramik- und Metallteilen und anderen Fremdkörpern. Um sie zu finden, werden heute vor allem Röntgenverfahren eingesetzt. Sie sind vielfältig einsetzbar und haben sich gut bewährt. Bei einigen Fremdkörpern wie Kunststoffen oder Obststeinen ist die Detektion jedoch schwierig. Hierfür bietet sich die Radartechnik als Lösung an. Als Unterscheidungsmerkmal der Materialien dient dabei ihre relative Dielektrizitätskonstante ϵ_r . Hochfrequente elektromagnetische Wellen werden an Materialgrenzschichten unterschiedlich reflektiert. Betrachtet man deren Reflexion aus allen Raumrichtungen, so können Gegenstände dreidimensional dargestellt werden. Dies sieht man in den Abbildungen 3 und 4 am Beispiel einer Avocado. In dem einen Fall ist eine Scheibe einer 2D-Aufnahme und im zweiten Fall dieselbe Avocado in 3D gezeigt. Man erkennt die Schale, das Fruchtfleisch sowie den Kern der Frucht. Die Farben sind Falschfarben und dienen hier lediglich der besseren Darstellung. Das Bild entsteht letztlich durch Überlagerung der reflektierten Wellen nach dem Backprojection Algorithmus.

Der Rechenaufwand ist hierbei erheblich, da im Raum $100 \times 100 \times 100 = 1$ Million Bildpunkte berechnet werden müssen. Außerdem erhält man zu jedem Bildpunkt mit dem hier angewandten SFCW-Verfahren Reflexionen bei 500 unterschiedlichen Frequenzen.

Um von einem Gegenstand ein 3D-Bild zu bekommen, wird beim Lebensmittel-Radar ein im Halbkreis um den Gegenstand angeordnetes Antennenarray verwendet. Die dritte Dimension ergibt sich dadurch, dass der Gegenstand senkrecht dazu auf einem Transportband befördert wird. Zum Berechnen der Bilder werden Parallelrechner mit Cuda-Architektur verwendet.

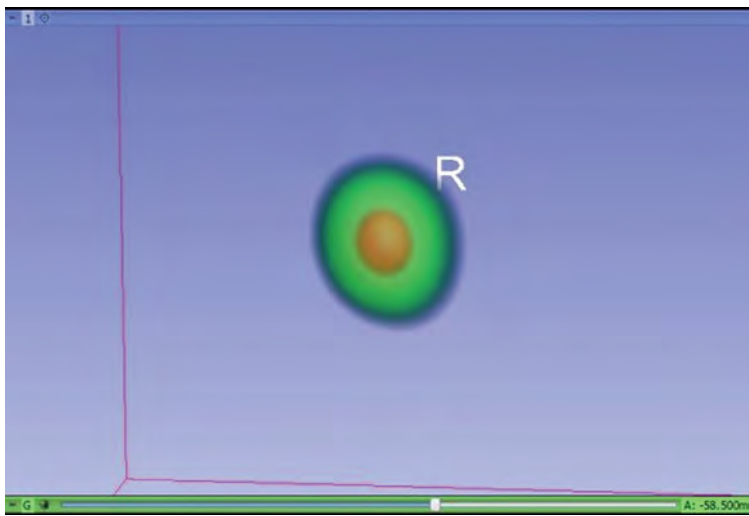


Abb. 3:
Radarbild einer Avocado in 2D

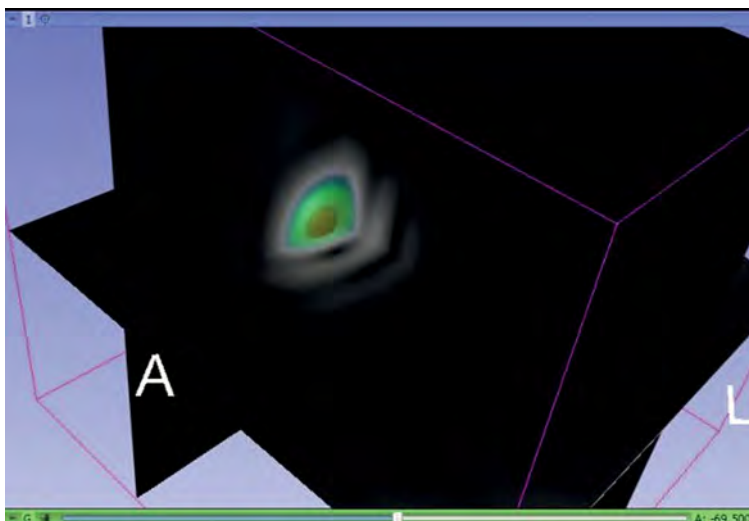


Abb. 4:
Radarbild einer Avocado in 3D

Wichtig ist, dass es im Vergleich zur Röntgentechnik mit Radar keinerlei Strahlenbelastung gibt und der Energieverbrauch etwa 100-fach geringer ist.

Vorgehensweise bei der Entwicklung

Bei den beiden vorgestellten Radarsystemen handelt es sich im Wesentlichen um Entwicklungssysteme, bei denen es vor allem auf große Flexibilität bei der technischen Umsetzung ankommt. Der Frequenzbereich, die Frequenz- und Zeitschritte, die Sendeleistung, die elektronischen Filter und weitere Parameter sind per Software einstellbar. Das hat den großen Vorteil, dass für die unterschiedlichen Messaufgaben immer die gleiche Hochfrequenz-Elektronik verwendet werden kann. Der Unterschied der Systeme besteht dann vor allem im Messablauf und den Algorithmen, mit denen aus den Rohdaten die gewünschten Messdaten erzeugt werden. Dadurch konzentriert sich ein großer Teil der Arbeit auf die Entwicklung sehr effizienter Software. Im nächsten Schritt werden die Systeme auf die jeweilige Anwendung angepasst, indem ein kompakter Aufbau mit Blick auf Kostenminimierung entwickelt wird.

Die beiden vorgestellten Radarprojekte werden im Rahmen von ZIM und durch Spenden von Unternehmen gefördert.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele
Wissenschaftlicher Leiter der Labore
Hochfrequenztechnik und EMV,
Mitglied IAF, Geschäftsführer des
Kuratoriums der Hochschule
l.schuessele@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder
Leiter Institut IUAS
w.schroeder@hs-offenburg.de



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



Dr. Valentin Ortega Clavero M.Sc.
Akad. Mitarbeiter Institute for Unmanned
Aerial Systems: Erforschung und Entwicklung
von Ultrabreitband-Radaren
valentin.ortega@hs-offenburg.de

ivESK – INSTITUT FÜR VERLÄSSLICHE EMBEDDED SYSTEMS UND KOMMUNIKATIONSELEKTRONIK

Das „Internet der Dinge“ durchdringt die industriellen und persönlichen Anwendungen zunehmend. Hierzu zählen beispielsweise Smart-Metering und Smart-Grid, Industrie- und Prozessautomation, Car-to-Car bzw. Car-to-X-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 und der Privatsphäre (Privacy) ebenfalls berücksichtigt werden.

Diesen Themen widmet sich das Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) an der Hochschule Offenburg, das im Herbst 2015 von Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora und Prof. Dr. rer. nat. Dirk Westhoff gegründet wurde, um die bislang sehr erfolgreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Laboren der beiden

Professoren weiterzuentwickeln und gemeinschaftlich neue Möglichkeiten zu erschließen. Im Februar 2016 wurde das Institut für sein Automated Physical Testbed (APTb) auch als einer der „100 Orte für Industrie 4.0“ in Baden-Württemberg ausgezeichnet, da dort Unternehmen und Forschungseinrichtungen ihre Kommunikationslösungen für die industrielle Kommunikation automatisiert testen können. Das APTb wurde zudem als Testzentrum im Rahmen der „I4.0 Testumgebungen für KMU - I4KMU“ im Rahmen des BMBF-Programms registriert und konnte hier bereits drei Projekte gewinnen.

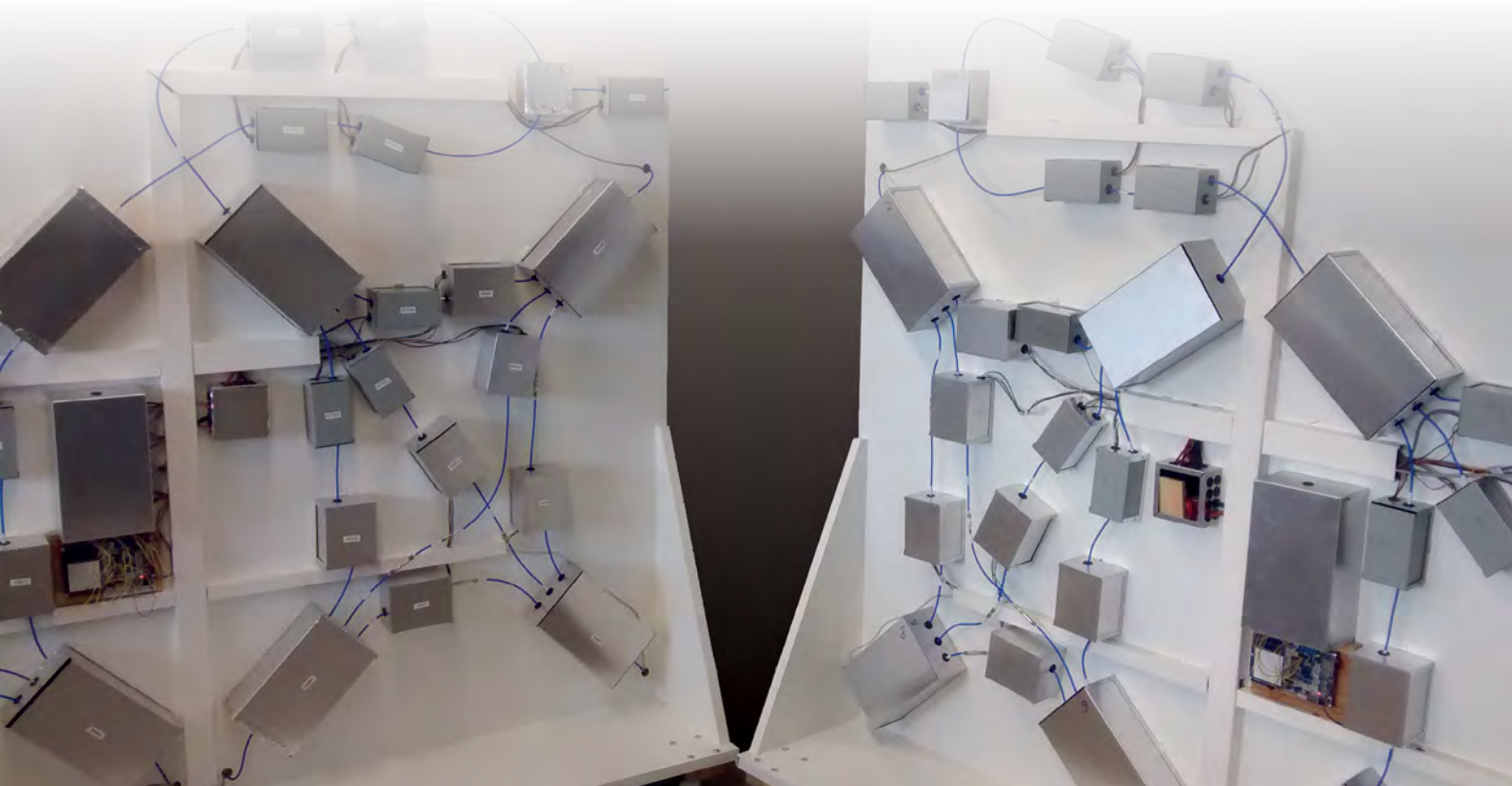
Am Institut arbeiten gegenwärtig 10 Vollzeitmitarbeiter sowie etwa ebenso viele Studierende, wobei aufgrund der positiven Projektlage noch einige Projekt- und Promotionsstellen offen sind. Weitere Kandidaten für Tutorentätigkeiten und Abschlussarbeiten sind gern gesehen.



<https://ivesk.hs-offenburg.de>

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Axel Sikora



NIKI 4.0: Retrofit Sensor-System für Industrie 4.0

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Axel Sikora, Dipl.-Inf. (FH) Manuel Schappacher

Neben vielen technologischen Innovationen und neuen Geschäftsmodellen bringt das Thema Industrie 4.0 (I4.0) auch eine Reihe von Fragestellungen mit sich. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) haben oft nicht genügend Zeit und Geld, um sich in diese neuen Technologien einzuarbeiten. In dem Projekt „NIKI 4.0“ werden derzeit quelloffene Hardware- und Softwarekomponenten entwickelt, die eine einfache Evaluation der mit I4.0 verbundenen Möglichkeiten erlauben.

Industry 4.0 (I4.0) is one of the buzz words of today. However, it comes with many technological innovations and leaves some question marks. This particularly affects small and medium-sized enterprises (SMEs), which often can not invest sufficient time and money to familiarize themselves with such new technologies. For this reason, an open-source kit is being developed in the “NIKI 4.0” project presented here that brings companies closer to the subject of I4.0.

Industrie 4.0 zum Anfassen

Die Vernetzung von Maschinen und der Datenaustausch innerhalb der Produktion, aber auch mit anderen Bereichen der Wertschöpfungskette ist ein zentraler Bestandteil von Industrie 4.0. Besonders aber im Bereich der kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) ist für viele der konkrete Nutzen, den sie aus einer Vernetzung ziehen können, immer noch unklar und nicht greifbar. Dies führt gerade beim Mittelstand zu einer vorsichtigen Zurückhaltung bei der Umsetzung von Industrie 4.0, da hiermit meist auch hohe Investitions- oder Umrüstkosten verknüpft sind.

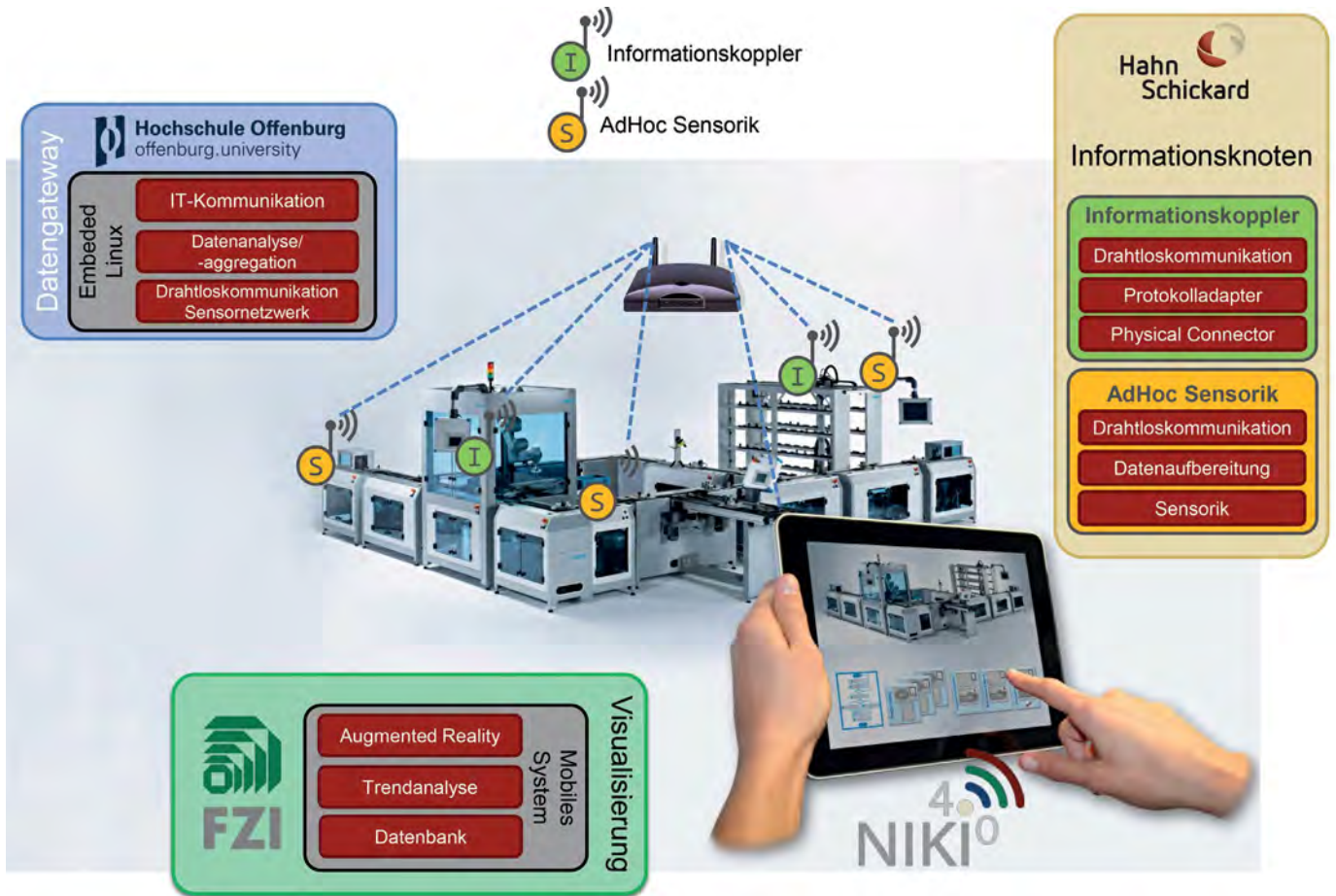
Das Projekt „Nicht-disruptives Kit für die Evaluation von Industrie 4.0“ (kurz NIKI 4.0), das von der Baden-Württemberg-Stiftung (www.bwstiftung.de) finanziert wird, greift diese Problemstellung auf und bietet KMU Hilfen bei der strategisch wichtigen Entscheidung, ob, wie und mit welchen Vorteilen die Prinzipien und Technologien von Industrie 4.0 eingesetzt werden können. Dazu arbeiten im Projekt drei Partner eng zusammen, das FZI-Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie (www.fzi.de), die Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. (www.hahn-schickard.de) und das Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) an der Hochschule Offenburg (ivesk.hs-offenburg.de). Das zu entwickelnde NIKI 4.0-Kit bietet die Möglichkeit, einen ersten Eindruck der Technik

und vor allem der Potenziale von Industrie 4.0 zu geben. Insbesondere sollen mit dem NIKI 4.0-Kit auch Bestandsanlagen nachträglich (Retrofit) ertüchtigt werden, am zukunftsgerichteten Informationsaustausch teilzunehmen.

Gesamtarchitektur des NIKI-4.0-Systems

Das NIKI-4.0-Kit setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen. Mehrere im Projekt entstandene Sensoren liefern Daten an ein zentrales Gateway, welches diese sammelt, bei Bedarf vorverarbeitet und über eine standardisierte OPC-UA-Schnittstelle an den Anwender weitergibt. Zusätzlich wird durch den Einsatz von Augmented Reality eine Visualisierungsebene bereitgestellt.

Das Hauptziel des NIKI-4.0-Kits ist die einfache, nahtlose und nicht-disruptive Integration des I4.0-Systems in existierende Fabriklandschaften. Dies ist deswegen attraktiv, damit interessierte Nutzer ihre Anlagen schnell und einfach umrüsten können, ohne dabei den regulären Betriebsablauf zu stören und ohne größere Investitionen zu machen. Die Basis dafür bildet eine drahtlose Funkkommunikation, über die die einzelnen Komponenten des Kits miteinander vernetzt werden. Als Funkstandard kommt hierbei eine hauseigene Implementierung des standardisierten 6LoWPAN-Protokolls zum Einsatz. Die Sensoren werden dazu mit den erforderlichen Kommunikationsmodulen ausgestattet, die über eine einfache, aber



generische Schnittstelle bedient werden können. Somit können zum einen nahezu jegliche Sensortypen um diese Funkschnittstelle erweitert werden, zum anderen wird die Komplexität der Funkkommunikation vor dem Sensor versteckt.

Gateway als Kommunikationszentrale

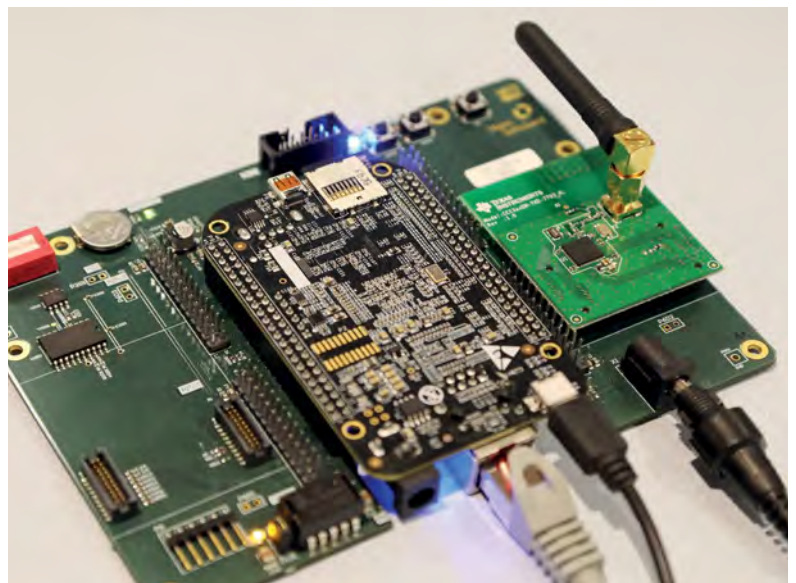
An zentraler Stelle des Kits steht ein Gateway. Das Gateway sammelt die Daten, die drahtlos von den Sensoren geliefert werden, speichert sie ab und führt bei Bedarf eine Vorverarbeitung durch. Um die Einbindung in existierende Industrieumgebungen zu ermöglichen, wird über eine leitungsbasierte Netzwerkschnittstelle ein OPC-UA-(OPC Unified Architecture) Interface zur Verfügung gestellt, über das die Daten letztendlich abgegriffen werden können.

Das verwendete OPC-UA-Protokoll hat mittlerweile eine große Verbreitung in der Industrie gefunden. Dadurch kann das NIKI-4.0-Kit in viele existierende Systeme eingebunden oder mit einer der zahlreich verfügbaren (auch Open-Source) Gegenstellen kombiniert werden. Diesen Weg geht auch die im NIKI-4.0-Kit enthaltene Visualisierung, indem sie auf quell-

Abb. 1: Überblick des NIKI-4.0-Systems

Abb. 2: NIKI-4.0-Kommunikationsgateway

offene OPC-UA-Komponenten zugreift, um die Sensoren als Datenquelle auszulesen. Für den Zugriff auf die Sensordaten über die OPC-UA-Schnittstelle existieren mehrere Möglichkeiten. Entweder können die Daten bei Bedarf abgerufen werden oder der Anwender lässt sich über das Eintreffen neuer Daten mittels sogenannter Notifications benachrichtigen. Zusätzlich besteht durch die Speicherung der Daten die Möglichkeit, deren Historie aufzurufen.



Sensoren

Das NIKI-4.0-Kit besteht auch heute schon aus mehreren Sensoren, die für unterschiedliche Anwendungsfelder und Szenarien in Frage kommen. Alle diese Sensoren verfügen über die beschriebenen drahtlosen Kommunikations-Schnittstellen und können somit ohne Änderungen an der existierenden Infrastruktur in bestehende Umgebungen eingebracht werden.

Der Umgebungssensor EIS (Environment Information System) wurde von Hahn-Schickard sowohl für den stationären als auch für den autarken Betrieb konzipiert. Eine geringe Stromaufnahme sichert für den autarken Anwendungsfall eine lange Laufzeit. Der interne Akku mit einer Kapazität von 4.400 mAh @ 3,6 V kann über eine Mikro-USB Schnittstelle wieder aufgeladen werden, die das EIS wahlweise auch dauerhaft mit Strom versorgen kann. Das EIS kann einerseits Umweltfaktoren erheben, die die Produktion beeinflussen können, andererseits aber auch Daten aufzeichnen, die mit dem Einfluss der Produktion auf die Umwelt zusammenhängen. Die Messdaten, die mit dem EIS erfasst werden können, sind Luftströmung (Wind), Temperatur, Beleuchtungsstärke, UV-Index, Luftfeuchte und Luftdruck. Zu den möglichen Einsatzszenarien zählen z.B. räumliche Verteilung verschiedener Umweltfaktoren in der Produktionshalle oder die Einhaltung von Arbeitsschutz durch Überwachung von relevanten Umgebungsdaten.



Abb. 3:
E-Meter

Das E-Meter ist ein ebenfalls von Hahn-Schickard (Villingen-Schwenningen) entwickelter Sensor zur Messung von elektrischen Strömen einzelner Phasen. Der Sensor verfügt über die Möglichkeit, bis zu drei Phasen (typisches „Drehstromkabel“), z.B. einer Produktionsmaschine, zu erfassen. Der Strombedarf jeder Phase wird mit einem kommerziell erhältlichen Stromwandler JS17S-1A1 gemessen. Der im Stromwandler per Induktion vom Primärleiter erzeugte Sekundärstrom wird anschließend durch den Sensor ausgewertet. Über den Abgriff der Phasenspannung können Phasenwinkel, aktuelle Leistungen und Phasenverschiebungen berechnet werden. Die Stromversorgung des Sensors erfolgt über einen internen Akku. Dieser hat eine Kapazität von 3,6 Wh (1.000 mAh @ 3,6 V). Zusätzlich ist das E-Meter nach der EG-Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU zertifiziert. Die gelieferten Messwerte Spannung, Stromstärke, Leistung, Phasenverschiebung oder die Energie eignen sich besonders gut für Energieoptimierungen oder Predictive Maintenance.



Abb. 4:
EIS-Sensor

Einen besonderen Stellenwert hat der sogenannte Profibus-Sniffer. Mit seiner Hilfe wird es möglich, Informationen aus existierenden Profibusnetzwerken, wie sie in einer Großzahl der existierenden Industrieanlagen vorhanden sind, zu sammeln, ohne in diese einzugreifen (read only). Die gesammelten Informationen werden verarbeitet und visualisiert, um so zu ei-

ner Einschätzung des Zustands des Netzwerks und seiner teilnehmenden Maschinen kommen zu können. Dazu werden Informationen wie Diagnose-, Alarm-, Status- und Datennachrichten zwischen Profibusgeräten gesammelt.

Ein im Projekt vom Hahn-Schickard Institut (Stuttgart) neu entworfener Positionssensor basiert auf dem Prinzip des „Linear-Variable-Differential-Transformator“, kurz LVDT-Prinzip. Er basiert auf einem Sensorelement, welches als Leiterplattensensor konzipiert ist. Das LVDT-Prinzip nutzt eine Primärspule, zwei Sekundärspulen und einen linear verschiebbaren ferromagnetischen Kern (Anker). Dadurch kann der Positionssensor auf Objekten angebracht werden und zusammen mit dem Anker eine relative Position ermitteln, da es zu einer Phasenverschiebung zwischen der Primär- und den Sekundärspulen sowie zwischen den beiden Sekundärspulen kommt, die abhängig von der Position des ferromagnetischen Kerns ist.

Der Sensor erfasst somit die Positionen des gewünschten Messobjekts. Dazu muss der ferromagnetische Kern nicht direkt am Sensorelement sein. Auch bei einem vertikalen Abstand von einigen Millimetern wird eine Messgenauigkeit der horizontalen Position von bis zu einigen Mikrometern erreicht, abhängig von Länge und dem konkreten Einsatzgebiet. Werden mehrere Messungen in einer Serie durchgeführt, kann aus dem zurückgelegten Weg des Kerns bei bekannter Messwiederholrate die Geschwindigkeit abgeleitet werden. Dies gilt ebenfalls für die Beschleunigung und den Impuls, die Ableitungen nach der Zeit darstellen. Die Sensorik kann damit prinzipiell auch zur Erfassung von Vibrationen verwendet werden.

In anderen Projekten werden weitere Sensoren entwickelt, deren Schnittstellen für die Ankopplung an das NIKI 4.0-Gateway vorbereitet sind.

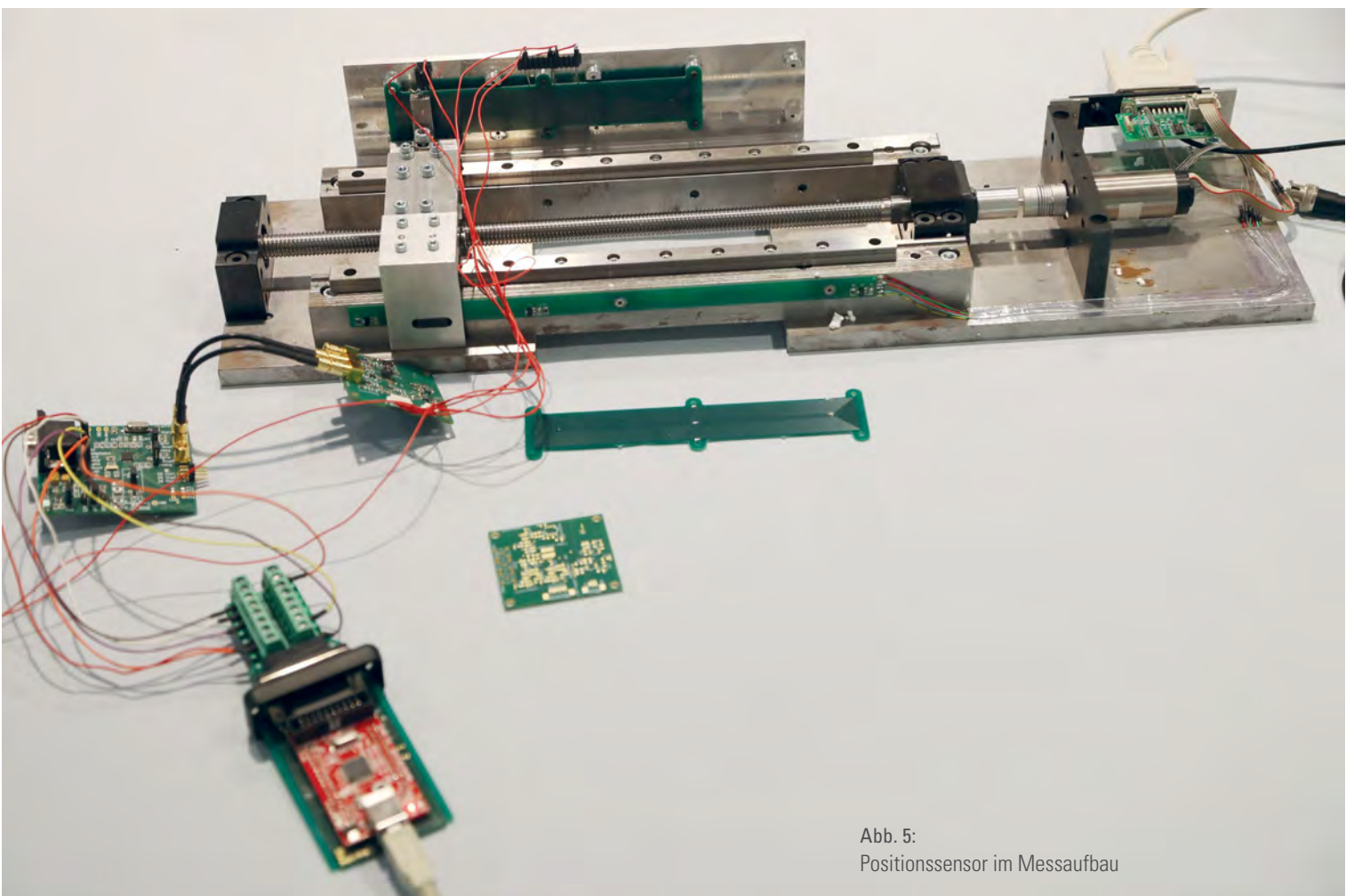


Abb. 5:
Positionssensor im Messaufbau

Funkkommunikation

Die Funkkommunikation zwischen den Sensoren und dem Gateway basiert auf der sogenannten 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Area Networks)-Technologie. Diese erlaubt die Übertragung von Paketen im normalen Internet-Protokoll (IPv6) über das schmalbandige IEEE802.15.4-Protokoll, einen bekannten Vertreter aus dem Bereich der Wireless Sensor Networks (WSN). Der Einsatz des IP-Protokolls erlaubt es dabei, sowohl bekannte Anwendungsprotokolle (LWM2M, MQTT) als auch standardisierte Sicherheitsmechanismen einzusetzen. Als Kommunikationsstapel wird eine erweiterte Version des am ivESK entwickelten emb::6-Stacks (<https://github.com/hso-esk/emb6>) verwendet.

Visualisierung

Die Visualisierung, entwickelt vom FZI in Karlsruhe, greift die Daten vom Gateway ebenfalls über die standardisierten Schnittstellen ab

und bereitet diese je nach Typ grafisch auf. Dies geschieht in Kombination mit einer sogenannten Augmented Reality.(AR)-Engine, die es erlaubt, die Darstellung der Daten über Live-Aufnahmen zu legen (Overlay). Dazu wurde eine spezielle App entwickelt, die sich auf gängigen Android-basierten Tablets installieren lässt. In Kombination mit eindeutigen optischen Markern, die zusammen mit den Sensoren verteilt werden, kann die Visualisierung so die verteilten Sensoren erfassen, identifizieren und deren Messwerte entsprechend darstellen.

Status und Ausblick

Die Entwicklung der einzelnen Komponenten ist bereits abgeschlossen. Aktuell finden die Integration in das Gesamtsystem und die damit verbundenen Tests statt. Es ist geplant, das Projekt bis zum offiziellen Ende am 31.05.2018 abzuschließen. Aufbauende und weiterführende Projekte befinden sich gegenwärtig in der Beantragung bzw. in der Angebotsphase.

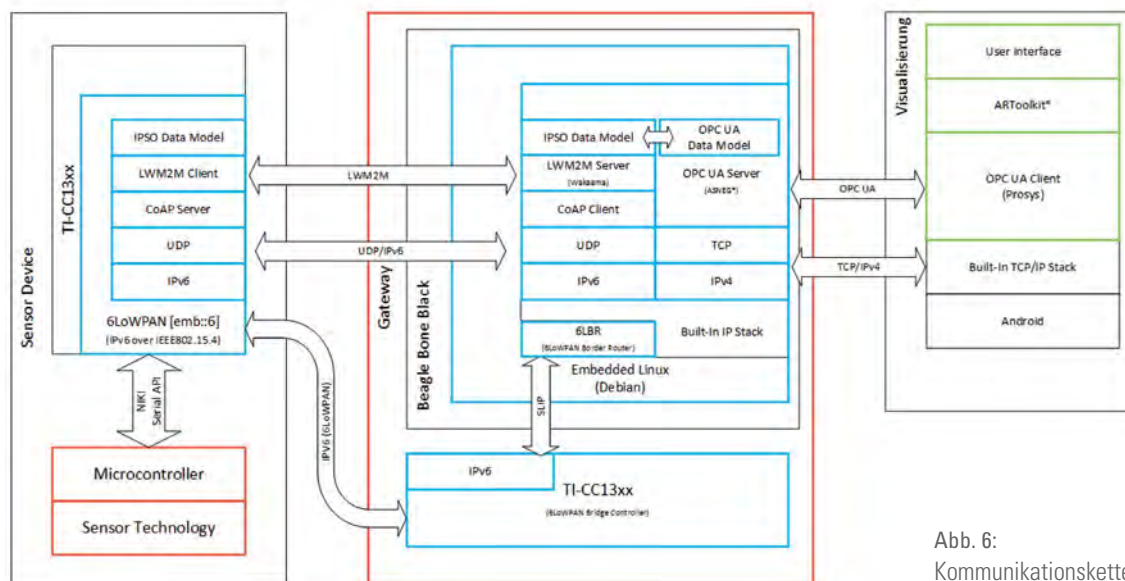


Abb. 6: Kommunikationskette

AUTOREN



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



Dipl.-Infom. (FH) Manuel Schappacher
Institut für verlässliche Embedded
Systems und Kommunikationselektronik
(ivESK)
manuel.schappacher@hs-offenburg.de

POI – Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation

Seit dem letzten *ffif* ist viel passiert am Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation (POI). Das herausragende Ereignis war die Übernahme der Planung, Organisation und Durchführung der dreitägigen „6. International Conference on Biotechnology and Bioengineering (ICBB) & International Conference on Advances in Biomedicine and Biomedical Engineering (ICABBE 2017)“ an der Hochschule Offenburg. Die große Resonanz hat uns selbst überrascht. Hier trafen sich 91 Teilnehmer aus 31 Ländern, um ihre neuesten Forschungsergebnisse in dem breiten Spektrum zwischen Biotechnologie, Gentechnik, Lifescience und biomedizinischer Technik dem Fachpublikum zu präsentieren. Das POI demonstrierte mit drei Beiträgen Resultate seiner aktuellen Grundlagen- und klinischen Anwendungsforschung. Letztere führte zur Entwicklung neuer Methoden zur Charakterisierung mechanischer Eigenschaften von Verschlussystemen zur Behandlung angeborener Herzfehlbildungen und zur individuellen Vorhersage der Implantatgröße für Herzohrverschlüsse, die zur Prävention von Schlaganfällen bei Patienten mit Vorhofflimmern Einsatz finden. Sie sind die Ergebnisse einer engen interdisziplinären Kooperation des POI mit der Kinderklinik der Ludwig-Maximilians-Univ. München und dem

Herzzentrum Lahr/Baden und konnten auch auf internationalen Kongressen in San Francisco und Frankfurt/Main vorgetragen werden (siehe Beitrag).

Eine erhebliche Herausforderung war der Umzug in den POI-Neubau. Dort konnten mit der Einrichtung von Lehrkabinetten in Eigenregie auch neuartige, selbst erstellte Lehrkonzepte verwirklicht werden. Sie fanden bereits in den ersten drei „Neubau-Workshops“ zur Erkennung und Behebung von Problemen der Herzschrittmachertherapie für junge Ärzte des Ortenau-Klinikums und kurz darauf bei den beiden praktischen Trainings von Mitarbeitern der Stockert GmbH zu physikalischen Phänomenen der Hochfrequenz-Katheterablation großen Anklang.

Die genannten Beispiele demonstrieren die gelebte enge Verbindung des POI mit medizinischen Einrichtungen und der medizintechnischen Industrie. Sie bilden die Basis eines Kompetenz-, Ausbildungs- und Forschungszentrums.

Institutsleitung
Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer



Preoperative Left Atrial Appendage (LAA) occluder sizing by CARTO XP

Corinna Brenner M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber, Johannes Härtig¹, Prof. Dr. med. Juraj Melichercik¹, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer, Prof. Dr. med. Nikolaus A. Haas²
(¹MediClin Herzzentrum Lahr/Baden, ²Ludwig Maximilian University of Munich)

Cardiac closure systems with different sizing criteria are used to manage anatomical anomalies and malformations of the heart and the associated pathological effects. In patients suffering from atrial fibrillation (AF), left atrial appendage is the main source for thrombus formation and embolization, triggering brain strokes.

Bei Patienten mit Vorhofflimmern ist das linke Vorhofohr (LAA) die Hauptquelle für eine Thrombenbildung, welche ein erhöhtes Risiko für Schlaganfälle darstellt. Durch den Verschluss des Vorhofohrs mit einem sogenannten Okkluder können die damit verbundenen pathologischen Effekte eliminiert werden. Die präoperative Größenbestimmung unterstützt den Arzt dabei durch die 3D-Darstellungen der individuellen LAA-Morphologien und zusätzliche Messverfahren, was die Implantation erheblich erleichtert.

Introduction

Currently, to select a particular LAA occluder size, several dimensions from fluoroscopy and TEE imaging have to be measured intraoperatively, depending on the chosen make and model. Additionally, volume influencing factors have to be considered.

Aims

We aimed to enable a precise preoperative determination of individual LAA occluder size for Watchman™ and Amplatzer™ Amulet™ devices using the CARTOMERGE image integration tool which is a feature of the CARTO XP electro-anatomical mapping system.

Methods

We compared conventional intraoperative fluoroscopy and/or TEE guided selection of LAA occluders with preoperative CARTOMERGE selection in 40 consecutive patients (24 m, 16 f, age: 69.6 ± 8.5 years) receiving Watchman (n=22) or Amplatzer Amulet (n=18) devices. CHA2DS2-VASc Score was 3.6 ± 1.9 and HAS-BLED-Score was 3.4 ± 1.2 . LAA-morphologies were Chicken Wing (50.0 %), Cauliflower (25.0 %), Windsock (17.5 %) and Cactus (5.0 %). During implantation 11 of the patients (27.5 %) were in AF

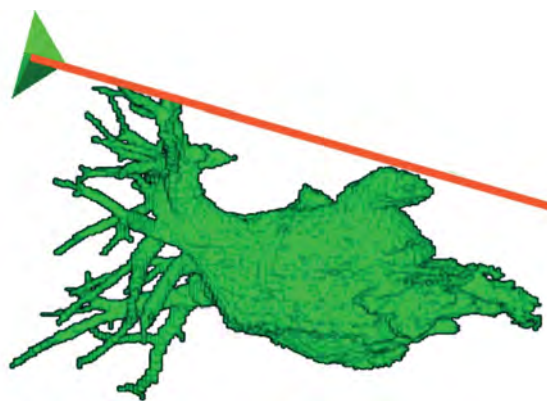


Fig. 1: Segmantation of the LA using CARTOMERGE and adjustment of the 3-dimensional orientation

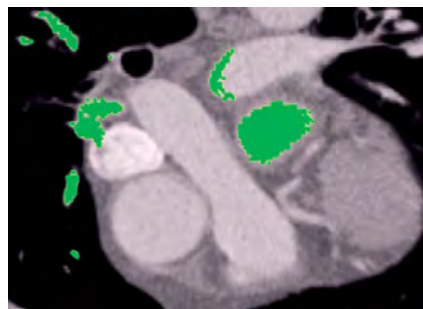


Fig. 2: LAA diameter measurement and occluder sizing based on the slice image

Routine cardiac CT scans were imported into CARTOMERGE for segmentation of the left atrium (figure 1, 2). The resulting volume images (VI) and slice images (SI) were adjusted in their three dimensional orientation to fit the manufacturer’s sizing recommendations. Subsequently, the match between pre- and intraoperative sizing was compared with the actually implanted device size.

Results

In the Watchman group, preoperative VI corresponded with 43.6 % (7/16) and SI with 40.0 % (8/20), while intraoperative fluoroscopy corresponded with 12.5 % (2/16) and TEE with 30.0 % (6/20) of all actually implanted devices. According to clinical routine an aberration of one size is commonly used. After including one additional size to the estimation, VI corresponded with 87.5 % (14/16), SI with 90.0 % (18/20), while fluoroscopy corresponded with 87.5 % (14/16) and TEE with 75.0 % (15/20) of all actually implanted occluders. The remaining were selected empirically.

In the Amplatzer Amulet group, preoperative VI corresponded with 50.0% (8/16) and SI with 44.4 % (8/18), while intraoperative fluoroscopy corresponded with 61.1 % (11/18) of all actually implanted devices. After including one additional size to the estimation, VI corresponded with 68.8 % (11/16), SI with 83.3 % (15/18), while fluoroscopy corresponded with 100.0 % (18/18) of all actually implanted occluders (figure 3). The remaining were selected empirically. Postoperatively in the Amplatzer group, one embolization and two dislocations occurred were observed and one patient died during follow-up.

Conclusions

In the 40 consecutive patients, preoperative utilisation of CARTOMERGE was found to be feasible and more accurate than conventional intraoperative fluoroscopy and/or TEE based sizing of Watchman occluders but less precise for the Amplatzer Amulet system. The study should be continued to consolidate the results.

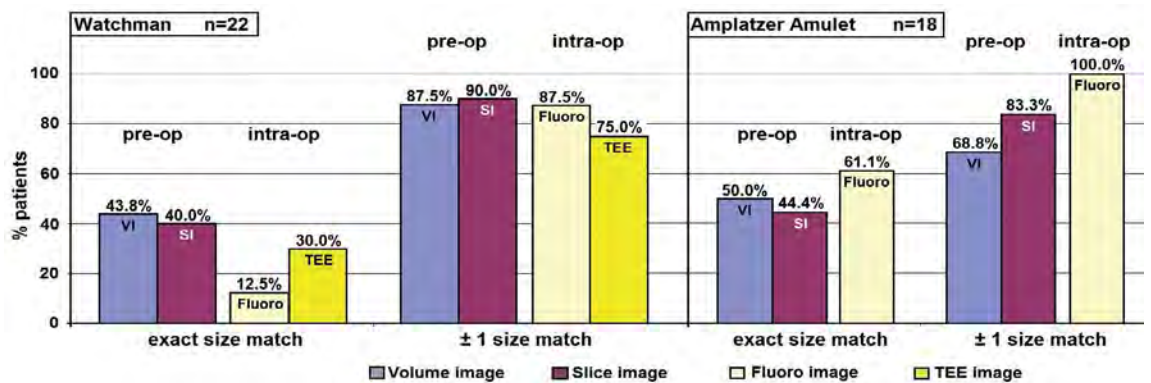


Fig. 3: Comparison between pre- and intraoperative Watchman and Amplatzer Amulet sizing

AUTOREN



Corinna Brenner M. Sc.
Akad. Mitarbeiterin am POI
corinna.brenner@hs-offenburg.de

Dipl.-Ing. Tobias Haber, Akad. Mitarbeiter
tobias.haber@hs-offenburg.de
Johannes Härtig, Ltd. Oberarzt Schrittmacher- / Defibrillatortherapie
Herzzentrum Lahr/Baden
johannes.haertig@mediclin.de

Prof. Dr. med. Juraj Melicherčík,
Leiter Abt. Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden
juraj.melicherčík@mediclin.de
Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
Hochschule Offenburg,
Leiter des Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation
bruno.ismer@hs-offenburg.de
Prof. Dr. med. Nikolaus A. Haas
Chefarzt, Direktor der Abt. Kinderkardiologie u.
Pädiatrische Intensivmedizin Klinikum der
Ludwig-Maximilians-Universität München
nikolaus.haas@med.uni-muenchen.de

Publikationen 2017

Kategorie: wissenschaftlich (peer reviewed)

Autor(en), Titel, Verlag

- Aghassi-Hagmann, J., Marques, G. C., & Garlapati, S. K.:** Digital power and performance analysis of inkjet printed ring oscillators based on electrolyte-gated oxide electronics. *Applied Physics Letters*, 111(10), 102103-1-102103-5. <https://doi.org/10.1063/1.4991919>
- Aghassi-Hagmann, J., Marques, G. C., & Garlapati, S. K.:** Electrolyte-Gated Field-Effect Transistors Based on Oxide Semiconductors: Fabrication and Modeling. *IEEE Transactions of Electron Devices*, 64(1), 279–285. <https://doi.org/10.1109/TED.2016.2621777>
- Baldi, M., Bertinelli, M., Chiaraluca, F., Closas, P., Dhakal, P., Garelo, R., Maturo, N., Navarro, J., Palomo, M., Paolini, E., Pfletschinger, S., Silva, P. F., Simone, L., Vilà-Valls, J.:** State-of-the-Art Space Mission Telecommand Receivers. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 32(6), 4–15. <https://doi.org/10.1109/MAES.2017.160079>
- Bantleon, U., d'Arcy, A., Eulerich, M., Hucke, A., Knoll, M., Köhler, A., & Pedell, B.:** Das Three-Lines-of-Defence-Modell: Ein Beitrag zu einer besseren Corporate Governance? – Empirische Befunde. *Die Wirtschaftsprüfung* (2017,15), 873–879 Einzelnachweis
- Bantleon, U., d'Arcy, A., Eulerich, M., Hucke, A., Knoll, M., Köhler, A., & Pedell, B.:** Das Three-Lines-of-Defence-Modell: Ein Beitrag zu einer besseren Corporate Governance? – Entstehung und Rezeption durch Standardsetzer und Regulatoren. *Die Wirtschaftsprüfung*. (2017,12), 682–688 Einzelnachweis
- Biendara, J., & Otte, A.:** Whiplash – a disorder of the brain? *Hellenic Journal of Nuclear Medicine*, 20(2), 110–112. <https://doi.org/10.1967/s002449910550>
- Chavan, K., Winter, D., Felsmann, C., Pfafferoth, J., & Schwantes, R.:** Techno-economic comparison of membrane distillation and MVC in a zero liquid discharge application. *Desalination*. (428), 50–68. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.11.026>
- Drechsler, D., & Haag, D.:** Social Engineer and Social Engineering, Die Logik analoger und digitaler Angriffsszenarien. *Risk, Fraud und Compliance*. (01/2017), 17–26 Ergänzungsliste
- Entenmann, A., Michel, M., Ismer, B., & Gebauer, R.:** R-wave synchronised atrial pacing in pediatric patients with postoperative junctional ectopic tachycardia: The atrioventricular interval investigated by computational analysis and clinical evaluation. *BioMedical Engineering OnLine*, 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12938-017-0430-z>
- Eudelle, P., & Meriger, J.:** Foreign Direct Investment and Economic Growth: The Cases of Singapore and Oman. *Global Policy* (Wiley). (Volume 8 Issue 3), 402–404. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12482>
- Felhauer, T., Schmidt, P., Grünwald, W., & Magana, M.:** Beam Forming and Steering with INS for Cellular Phones to reduce EM Radiation Exposure. *Wireless Personal Communications*, 97(1), 19–39. <https://doi.org/10.1007/s11277-017-4490-y>
- Friedel, A.:** Quantitative Kriterien der Fließlinieneignung für Entscheidungen zur Montageorganisation. *ZWF*, 112(1-2), 46–50. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-24511> Einzelnachweis
- Gopisetty, S., & Treffinger, P.:** Generic Combined Heat and Power (CHP) Model for the Concept Phase of Energy Planning Process. *Energies: open-access journal of related scientific research, technology development and studies in policy and management*, 10(1), 1–17. <https://doi.org/10.3390/en10010011>
- Gopisetty, S., Treffinger, P., & Reindl, L. M.:** Open-source energy planning tool with easy-to-parameterize components for the conception of polygeneration systems. *Energy : the international journal*, 126, 756–765. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.013>
- Hazime, R., Seifert, T., Kessens, J., & Ju, F.:** Lifetime Assessment of Cylinder Heads for Efficient Heavy Duty Engines Part II: Component-Level Application of Advanced Models for Thermomechanical Fatigue Life Prediction of Lamellar Graphite Cast Iron GJL250 and Vermicular Graphite Cast Iron GJV450 Cylinder Heads. *SAE International journal of materials and manufacturing*, 10(2), 350–358. <https://doi.org/10.4271/2017-01-0346>
- Heinke, M., Dannberg, G., Heinke, T., Hörth, J., Kühnert, H., & Dössel, O.:** Electrical interventricular delay and left ventricular delay in right ventricular pacemaker pacing before upgrading to cardiac resynchronization therapy. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 3(2), 245–248. <https://doi.org/10.1515/cdbme-2017-0051> Einzelnachweis
- Heinke, M., Echle, R., Hörth, J., & Krämer, M.:** Simulation of Electrical Fields in Cardiac Resynchronization Therapy and Temperature Spread in HF Ablation. *SAJ Biotechnology, Scholarena Journal of Biotechnology*(Volume 4, Issue 1), 1–6 Einzelnachweis
- Hensel, S., & Marinov, M. B.:** Comparison of Time Warping Algorithms for Rail Vehicle Velocity Estimation in Low Speed Scenarios. *Metrology and Measurement Systems*, 24(1), 161–173. <https://doi.org/10.1515/mms-2017-0012>
- Jahnke, T., Zago, M., Casalegno, A., Bessler, W. G., & Latz, A.:** A transient multi-scale model for direct-methanol fuel cells. *Electrochimica Acta*, 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.02.116>
- Jilg, A., Seifert, T., & Bouguecha, A.:** Ermüdungslebensdauerbewertung von Warmumformwerkzeugen – Ein Überblick über den Stand der Forschung und Anwendung: Fatigue life assessment of hot work tools – an overview of the state of research and application Authors. *Materials science and engineering technology*, 48(11), 1057–1069. <https://doi.org/10.1002/mawe.201700059>

- Joos, S., Weißhar, B., & Bessler, W. G.:** Passive hybridization of a photovoltaic module with lithium-ion battery cells: A model-based analysis. *Journal of power sources : the international journal on the science and technology of battery, fuel cell and other electrochemical systems*, 201–211. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.02.063>
- Junk, S., & Schröder, W.:** Design of additively manufactured wind tunnel models for use with UAVs. *Procedia CIRP*, 60, 241–246 Ergänzungsliste
- Klasen, A., Held, D., & Rodrik, D.:** Policy Instruments for Innovation, Investment and Global Trade. *Global Policy*, 8(3), 389–391. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12479>
- Klemm, M., Seebacher, F., & Hoppe, H.:** High Accuracy Pixel-Wise Spatial Calibration of Optical See-Through Glasses. *Computers & Graphics*, 64(May 2017 Special Issue on Cyberworlds 2016), 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2017.02.001>
- Korn, O., Blatz, M., Rees, A., Schaal, J., Schwind, V., Görlich, D., & Lee, N.:** Procedural Content Generation for Game Props? A Study on the Effects on User Experience. *Computers in Entertainment (CIE) - Theoretical and Practical Computer Applications in Entertainment*, 15(2), 1:1-1:15. <https://doi.org/10.1145/2974026>
- Kupper, C., & Bessler, W. G.:** Multi-Scale Thermo-Electrochemical Modeling of Performance and Aging of a LiFePO₄/Graphite Lithium-Ion Cell. *Journal of the Electrochemical Society*, A304-A320
- Lotz, A., Habermehl, P., & Spangenberg, B.:** A new and highly sensitive TLC method to measure hypericin using chemiluminescence. *Journal of liquid chromatography & related technologies* (40), 287–291
- Mayur, M., & Bessler, W. G.:** Two-dimensional computational fluid dynamics analysis of transport limitations of different electrolyte systems in a lithium-air button cell cathode. *Journal of the Electrochemical Society*, 164, E3489-E3498
- Minar, Y. A., & Spangenberg, B.:** Two-Dimensional Thin-Layer Chromatography of Phytoestrogens on RP-18 W Plate, Detected by Effect-Directed Analysis Using the Yeast Estrogen Screen Test. *Journal of Planar Chromatography*. (30), 423–428
- Najderek, A., & Jung, P.:** Eignung der kaufmännischen Rechnungslegung für Hochschulen. *Hochschulmanagement* (1), 11–15 Ergänzungsliste
- Nuß, U.:** Stabilitätsverhalten von zweistufig entworfenen zeitdiskreten PI-Zustandsreglern bei Stellgrößenbegrenzungen. *at - Automatisierungstechnik* (10/2017), 705–717
- Opitz, F., Treffinger, P., & Wöllenstein, J.:** Modeling of Radiative Heat Transfer in an Electric Arc Furnace. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 48(6), 3301–3315. <https://doi.org/10.1007/s11663-017-1078-6> Einzelnachweis
- Otte, A.:** Streustrahlung in der Ultraschall-Computertomographie zur Verifizierung der Echtheit von Perlen. *Archiv für Kriminologie*, 240(1+2), 36–40
- Otte, A., Weinert, O., & Junk, S.:** 3-D CAD-Rekonstruktion der ersten „Eisernen Hand“ des Reichsritters Gottfried von Berlichingen (1480–1562): 1. Fortsetzung: Funktionsprüfung mittels 3-D Druck: 3D CAD reconstruction of the first “Iron Hand” of German knight Gottfried von Berlichingen (1480–1562) – first continuation: function test by means of 3D print. *Archiv für Kriminologie*, 240(5+6), 185–192
- Pfafferott, J., Henze, G., & Lang, T.:** Anlagenaufwandszahlen für die Bauteilaktivierung in Abhängigkeit des Regelkonzeptes: Welche Betriebsführungsstrategie passt zu welchem Gebäude? *Bauphysik : Wärme, Energie, Schall, Brand, Feuchte, Licht, Mikroklima*, 39(5), 279–290. <https://doi.org/10.1002/bapi.201710032>
- Schlesinger, M., Seifert, T., & Preussner, J.:** Experimental investigation of the time and temperature dependent growth of fatigue cracks in Inconel 718 and mechanism based lifetime prediction. *International Journal of Fatigue*, 99(Part 2), 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2016.12.015>
- Schmelas, M., Bollin, E., & Feldmann, T.:** Savings through the use of adaptive predictive control of thermo-active building systems (TABS): A case study. *Applied Energy*, 199, 294–309. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.032>
- Schwantes, R., Chavan, K., Winter, D., Felsmann, C., & Pfafferott, J.:** Techno-economic comparison of membrane distillation and MVC in a zero liquid discharge application. *Desalination*. (428), 50–68. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.11.026>
- Seifert, T., Hartrott, P. von, Boss, K., & Wynthein, P.:** Lifetime Assessment of Cylinder Heads for Efficient Heavy Duty Engines Part I: A Discussion on Thermomechanical and High-Cycle Fatigue as Well as Thermophysical Properties of Lamellar Graphite Cast Iron GJL250 and Vermicular Graphite Cast Iron GJV450. *SAE International journal of materials and manufacturing*, 10(2), 359–365. <https://doi.org/10.4271/2017-01-0349>
- Weinert, O. & Otte, A.:** 3-D CAD-Rekonstruktion der ersten „Eisernen Hand“ des Reichsritters Gottfried von Berlichingen (1480–1562): 3D CAD reconstruction of the first “Iron Hand” of German knight Gottfried von Berlichingen (1480–1562). *Archiv für Kriminologie*, 240(1+2), 50–58
- Weißhar, B., & Bessler, W. G.:** Model-based lifetime prediction of an LFP/graphite lithium-ion battery in a stationary photovoltaic battery system. *Journal of energy storage*, 179–191. <https://doi.org/10.1016/j.est.2017.10.002>
- Wendt, T., Himmelsbach, U., Lai, M., & Waßmer, M.:** Time-of-Flight Cameras Enabling Collaborative Robots for Improved Safety in Medical Applications. *International Journal of Interdisciplinary Telecommunications and Networking*, 9(4), 10–17. <https://doi.org/10.4018/IJITN.2017100102>
- Witos, Y. A., Milz, B., & Spangenberg, B.:** Two-Dimensional Thin-Layer Chromatography of 17 α -Ethinylestradiol on RP-18 W Plate, Detected by Effect-Directed Analysis Using the YES Test. *Journal of Planar Chromatography* (30), 136–141
- Zirn, S.:** Development of a home-based auditory training to improve speech recognition on the telephone for patients with cochlear implants: A randomised trial. *Clinical Otolaryngology*, 42(6), 1303–1310. <https://doi.org/10.1111/coa.12871> Einzelnachweis

Publikationen 2017

Kategorie: wissenschaftlich

Autor(en), Titel, Verlag

- Aghassi-Hagmann, J.:** Nanoenabled Products: Categories, Manufacture, and Applications. In Metrology and standardization for nanotechnology : protocols and industrial innovations (pp. 411–464). Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- Bantleon, U., & Siebert, J.:** Zweiterwerb von Inhaberschuldverschreibungen über pari durch Kreditinstitute. Der Betrieb, 70.2017(41), 2365–2371
- Bantleon, U., Horn, C., & Schmidt, C.:** Interne Revision: Anforderungen an die Wirksamkeit – ein Vergleich von IDW EPS 983 und MaRisk. Bank-Praktiker : rechtssicher, revisionsfest, risikogerecht. (2017,3), 62–68
- Baumgärtler, T., Luz, S., Popovic, T., & Baden-Württembergischer Genossenschaftsverband, B.:** Die gesetzliche Pflicht zur Nachhaltigkeitsberichterstattung. Was die regulatorischen Vorgaben bedeuten und wie Chancen genutzt werden können. GENOGRAPH Journal für die Genossenschaften in Baden-Württemberg. (1), 24–27
- Bausch, J.:** Schwefelhexafluorid: Ein Gas zwischen technischer Exzellenz und Rekord-GWP. In O. Kühne & F. Weber (Eds.), Bausteine der Energiewende (pp. 573–586). Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19509-0>
- Becker, N., Hoppe, H., & Otte, A.:** Robotersteuerung mit Hilfe von Convolutional Neural Networks. Horizonte : Forschung an Fachhochschulen in Baden-Württemberg; anwendungsbezogen, zukunftsorientiert, 50 (September 2017), 4–5
- Blatz, M., & Korn, O.:** A Very Short History of Dynamic and Procedural Content Generation. In Game Dynamics. Best Practices in Procedural and Dynamic Game Content Generation (pp. 1–13). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53088-8_1
- Bollin, E.:** Anwendungen: Regelung in der solaren Wärmeversorgung. In Regelungs- und Steuerungstechnik in der Versorgungstechnik (8th ed., pp. 455–460). Berlin: VDE Verlag GmbH
- Breyer-Mayländer, T.:** „Wahrheiten“ im schulischen Umfeld – Pressearbeit in postfaktischen Zeiten. In G. Regenthal (Ed.), Öffentlichkeitsarbeit macht Schule (pp. 1–8). Neuwied: Carl Link Verlag
- Breyer-Mayländer, T.:** Ein Quantum Wahrheit: Postfaktischer Populismus als Herausforderung für unsere repräsentative Demokratie. Norderstedt: BoD. 324 Seiten
- Breyer-Mayländer, T.:** Kommunikationsbaustelle Schulmensa – ein Erfolgsfaktor für die Zufriedenheit unterschiedlicher Interessengruppen. In G. Regenthal (Ed.), Öffentlichkeitsarbeit macht Schule (pp. 1–8). Neuwied: Carl Link Verlag
- Breyer-Mayländer, T.:** Management 4.0 - den digitalen Wandel erfolgreich meistern. München: Hanser. XXIV, 381 Seiten
- Breyer-Mayländer, T.:** Medienmarketing-Controlling. In C. Zerres (Ed.), Handbuch Marketing-Controlling (4th ed., pp. 459–478). Springer Gabler
- Breyer-Mayländer, T.:** Schul-PR im Zeichen der Bürgerbeteiligungseuphorie – Kommunikation und Partizipation. In G. Regenthal (Ed.), Öffentlichkeitsarbeit macht Schule (pp. 1–6). Neuwied: Carl Link Verlag
- Breyer-Mayländer, T., & Bramann, K. W.:** Online-Marketing und E-Commerce für Buchverlage. Frankfurt: Bramann. 164 S.
- Breyer-Mayländer, T., & Ganztagsschulverband, D.:** Umweltbildung als Thema für Ganztagschulen. Die Ganztagschule. (1/2017), 100–104
- Breyer-Mayländer, T., & Ritter, B.:** Ganztagschule in Baden-Württemberg – aktueller Sachstand und Perspektiven. In Ganztagschule und Umweltbildung, Tagungsband zur Tagung am 09.-10. Oktober 2014 (pp. 21–29). Hohengehren: Schneiderverlage Hohengehren
- Breyer-Mayländer, T., Ritter, B., & Ganztagsschulverband, D.:** Ressourcen, Rechtssicherheit und Subsidiarität – der politische Entwicklungsprozess für Ganztagschulen in Baden-Württemberg. Die Ganztagschule. (1/2017), 75–77
- Bürger, A., Sawant, P., Bohlayer, M., Altmann-Dieses, A., Braun, M., & Diehl, M.:** Efficient operation scheduling for adsorption chillers using predictive optimization-based control methods. In 4th International Conference on Mechanical Engineering Research (ICMER2017) (pp. 1–11) <https://doi.org/10.1088/1757-899X/257/1/012007>
- Burkhardt, A., Dittrich, I., & Köhler, R.:** Integration als Erfolgsfaktor von Multi-Channel-Systemen im Handel. Horizonte: Forschung an Fachhochschulen in Baden-Württemberg; anwendungsbezogen, zukunftsorientiert, horizonte(50), 32–35
- Canz, M., & Sikorski, E.:** Wie man die Vorlesung „Technische Mechanik 1 - Statik“ für alle Beteiligten dynamisch gestaltet. In 3. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern am 25. und 26. September 2017 an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm in Kooperation mit dem DiZ – Zentrum für Hochschuldidaktik (pp. 1–7). Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-24989>
- Curtricean, D., Vauderwange, O., Wozniak, P., & Javahiraly, N.:** New Perspectives in Color Vision using Spectroscopy and Nanotechnology: Application to Media Photonics. In Frontiers in Optics, OSA Technical Digest (online) (pp. 1–2). Washington, D.C. United States: Optical Society of America. <https://doi.org/10.1364/FIO.2017.JTu2A.115>
- Curtricean, D., Wozniak, P., & Javahiraly, N.:** Real-time augmented reality overlay for an energy-efficient car study. In Proceedings of SPIE Digital Optical Technologies, 2017, Munich, Germany (pp. 1–8). Bellingham, WA: SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2270328>
- Curtricean, D., Wozniak, P., Javahiraly, N., & Vauderwange, O.:** Augmented Reality Based Real-Time Data Visualization Concept for Ultra-Efficient Car Prototype. In Frontiers in Optics, OSA Technical Digest (online) (pp. 1–2). Washington, D.C. United States: Optical Society of America. <https://doi.org/10.1364/FIO.2017.JTu2A.97>

da Costa Fernandes, J. S., Schmidt, M., Feldmann, T., & Bollin, E.: Use of load profiles to optimize microgrids of non-residential environments. In E. P. Executive Committee (Ed.), 33rd EU PVSEC Conference Proceedings (pp. 2739–2746). Munich/Germany: www.eupvsec-proceedings.com. <https://doi.org/10.4229/EUPVSEC20172017-6BV.3.90>

Daryusi, A.: FEM-Analyse an Stäben mit Halbkreisnut und überlagerter Querböhrung zur Überprüfung des Thum'schen Verfahrens. In Interdisziplinäre Produktentwicklung: 15. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2017: 5. und 6. Oktober in Duisburg : Modellbasierte Ansätze in der Produktentwicklung, konstruktionsbegleitende Berechnung und Simulation, Virtualität in der Produktentwicklung, Absicherung der Produktmodelldatenqualität, Wissensmanagement in Engineering-Prozessen (pp. 69–76). Duisburg: Universität Duisburg-Essen. <https://doi.org/10.17185/dupublico/44616>

Decker, E.: Tablet-basiertes Mitmach-Skript. In B. Meissner, C. Walter, & B. Zinger (Eds.), Tagungsband zum 3. Symposium zur Hochschullehre in den MINT-Fächern. DiNa-Sonderausgabe (pp. 168–173). Ingolstadt: DiZ

Decker, E., & Meier, B.: Preparatory course in mathematics using the mobile app TeachMatics. In T. Mirola (Ed.), UP-DATE 2017 ON HIGHER EDUCATION International week 25.-29.9.2017 (pp. 133–140). Saimaa, Finnland.: Saimaa University of Applied Sciences Publications

Dirk, D.: Strategische Frühaufklärung und Risikomanagement. In C. Zerres (Ed.), Handbuch Marketing-Controlling (4th ed., pp. 123–148). Springer Gabler

Dorer, K.: Learning to Use Toes in a Humanoid Robot. In H. Akyama, O. Obst, C. Sammut, & F. Tonidandel (Eds.), RoboCup 2017: RobotWorld Cup XXI (pp. 100–111). Heidelberg: Springer

Drechsler, D.: Unternehmerische Governance-, Risiko- und Compliance-Strukturen I, Nur Bremsen oder umfassende Fahrsicherheit?, Die Governance (Teil 1). Management-Journal, 1–2

Drechsler, D.: Unternehmerische Governance-, Risiko- und Compliance-Strukturen II, Nur Bremsen oder umfassende Fahrsicherheit?, Das Risikomanagement (Teil 2). Management-Journal, 1–2.

Ernst, S.: Agile Softwareprojekte und Vertragsauslegung. Computer und Recht : CR. (5), 285–291

Ernst, S.: BGH „0900-Ingame-Kauf“. Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht : EWIR, 303–304

Ernst, S.: Datenschutz-Grundverordnung, Kommentierung der Art. 1-4. In B. P. Paal & D. A. Pauly (Eds.), Datenschutz-Grundverordnung Bundesdatenschutzgesetz: DSGVO BDSG (pp. 10–64) München: C.H.BECK

Ernst, S.: Die Einwilligung des Minderjährigen in der DSGVO. Datenschutz-Nachrichten : DANA. (1), 14–16

Ernst, S.: Die Einwilligung nach der Datenschutzgrundverordnung. Zeitschrift für Datenschutz : ZD. (3), 110–114

Ernst, S.: Kommentierung des Designrechts; Kommentierung des Markenrechts; Kommentierung des Urheberrechts. In J. P. Graf, M. Jäger, & P. Wittig (Eds.), Wirtschafts- und Steuerstrafrecht (pp. 1678–2679). München: C.H.BECK

Ernst, S.: OLG Köln „Irreführende Kundenkommentare“. Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht : EWIR, 481–482

Ernst, S.: Schneller, höher, weiter? – Werbung wird vor allem schriller! Verbraucher und Recht : VuR. (3), 81–82

Fetzner, D.: Wild Topologies in 360° Video. In The Material Turn and Interactive Documentary: A Panel (pp. 35–49). Melbourne: Adrian Miles

Fetzner, D., & Dornberg, M.: Experimentelle Taktilität. Zur medienökologischen Erforschung von Zwischenkörpern. In Auf Tuchfühlung : eine Wissensgeschichte des Tastsinns (pp. 39–63). Frankfurt/New York: Campus Verlag

Fischer, R.: Produkt-Controlling. In Handbuch Marketing-Controlling (pp. 255–272). Berlin: Springer Gabler

Foit, K., Lorberg, D., & Vogl, B. (Eds.): Reihe: Kiehl Wirtschaftsstudium. Arbeitstechniken und wissenschaftliches Arbeiten. Herne: Kiehl Verlag. 195 Seiten

Foit, K., Lorberg, D., & Vogl, B. (Eds.): Reihe: Kiehl Wirtschaftsstudium. Elementare Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler. Herne: Kiehl Verlag. 263 Seiten

Gücker, R., Schulmeister, R., Nuyken, K., & Vollmers, B.: Konzeption und Durchführung der Evaluation einer virtuellen Lernumgebung. MedienPädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 37–52. <https://doi.org/10.21240/mpaed/retro/2017.09.03.X>

Habann, F., & Rohbock, U.: Vorgestellt: Medienwirtschaft an der HAW Offenburg. MedienWirtschaft - Zeitschrift für Medienmanagement und Medienökonomie, 14(3/2017), 32–36. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-27210>

Hagen, T., & Freyburger, K.: SAP BW on HANA - Step by Step: Kindle Edition, Amazon. 167 Seiten

Hensel, S., & Marinov, M.: Estimation of Magnetic Field Maps With Mobile Platforms. In Proceedings of the 7th FDIBA Conference (pp. 93–96). Sofia: Fakultät für deutsche Ingenieur- und Betriebswirtschaftsausbildung (FDIBA), Technical University of Sofia

Hensel, S., & Marinov, M.: Sensor data fusion for topological localization of rail vehicles. In Proceedings of the 7th FDIBA Conference (pp. 41–44). Sofia: Fakultät für deutsche Ingenieur- und Betriebswirtschaftsausbildung (FDIBA), Technical University of Sofia

Hensel, S., Marinov, M., & Ganev, B.: Performance evaluation of low-cost particulate matter sensors. In 2017 XXVI International Scientific Conference Electronics (ET) (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ET.2017.8124367>

Isele, D., Rappenecker, K., Peth, J., & Friedrich, C.: Additive Fertigung und optimierte Verbindungstechnik verbessern das Leichtbaupotenzial. In O. Huber, M. Bicker, & P. Patzelt (Eds.), Leichtbau grenzenlos : 8. Landshuter Leichtbau-Colloquium : Tagungsband zum Colloquium (pp. 146–158). LC-Verlag

Ismer, B. (Ed.): Schriften aus dem Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation an der Hochschule Offenburg - University of Applied Sciences. Intraoperative Messungen und Prüfungen in der Herzschrittmachertherapie. Offenburg: Hochschule Offenburg. 33 Seiten

Ismer, B. (Ed.): Schriften aus dem Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation an der Hochschule Offenburg - University of Applied Sciences. Grundeinstellungen der Herzschrittmacher. Offenburg: Hochschule Offenburg. 30 Seiten

- Junk, S.:** Integration of sustainable design and additive manufacturing in design education. In *Challenges for Technology Innovation: An Agenda for the Future* Proceedings of the International Conference on Sustainable Smart Manufacturing (S2M), Lisbon, Portugal, 20-22 October 2016 (pp. 171–175) London: Taylor & Francis Group
- Junk, S.:** Onshape - kurz und bündig: Praktischer Einstieg in Cloud-basiertes CAD und 3D-Druck (2nd ed.). Wiesbaden: Springer Vieweg. 204 Seiten
- Junk, S., & Bambach, M.:** Application of 3D (color) printing for the visualization and optimization of complex metal forming processes. In *Procedia Engineering International Conference on the Technology of Plasticity, ICTP 2017*, 17-22 September 2017, Cambridge, United Kingdom (pp. 1081–1086)
- Junk, S., & Gawron, P.:** Development of parametric CAAD models for the additive manufacturing of scalable architectural models. In *ShoCK! - Sharing Computational Knowledge International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe 35.*, 2017, Rome (pp. 419–426)
- Junk, S., Fleig, C., & Fink, B.:** Improvement of Sustainability Through the Application of Topology Optimization in the Additive Manufacturing of a Brake Mount. In *Sustainable Design and Manufacturing 2017, Smart Innovation, Systems and Technologies : Selected papers on Sustainable Design and Manufacturing* (pp. 151–161). Springer
- Junk, S., Kuen, C., & Schrock, S.:** Digital Manufacturing in der Kreativwirtschaft – Ein Leitfaden für Einsteiger und Anwender von 3D-Druck-Technologien. Stuttgart: MFG-Stiftung Baden-Württemberg. 50 Seiten
- Junk, S., Schröder, W., & Hangst, N.:** Implementation of lightweight design in the product development process of unmanned aerial vehicles. In A. Maier, S. Škec, & K. Harrison (Eds.), *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design. (ICED 17) Vol 4: Design Methods and Tools*, Vancouver, Canada, 21-25.08.2017 (pp. 11–20) Vancouver, Canada: The Design Society
- Katliar, M., Frison, G., & Fischer, J.:** Nonlinear Model Predictive Control of a Cable-Robot-Based Motion Simulator. In *IFAC-PapersOnLine. 20th IFAC World Congress* (pp. 9833–9839). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.901>
- Klasen, A.:** Trade: Gridlock and Resilience. In *Beyond Gridlock* (pp. 65–82). Cambridge: Polity
- Klasen, A., & Krummaker, S.:** Risk aversion, financing and real services. *Berne Union Yearbook*, 2017, 111–114
- Klasen, A., Eicher, B., & Fachverlag, D.:** Instrumente staatlicher Innovationsförderung für Infrastruktur. *Recht der Internationalen Wirtschaft*, 2017(11), 726–734
- Korn, O., & Gerbaulet, D.:** Do Zenware Applications Reduce the Digital Distraction of Knowledge Workers? A Qualitative Study Based on Expert Interviews. In *Advances in Ergonomics in Design* (pp. 115–126). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1-12>
- Korn, O., & Lee, N. (Eds.):** *Game Dynamics. Best Practices in Procedural and Dynamic Game Content Generation* (1st ed.). Berlin, Heidelberg: Springer. 177 Seiten
- Korn, O., & Tietz, S.:** Strategies for Playful Design when Gamifying Rehabilitation. A Study on User Experience. In *Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 209–214). New York: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3056540.3056550>
- Korn, O., & Vauderwange, O.:** Gamification in der Produktion – Anforderungen und Potenziale. In *Gamification in der Logistik. Effektiv und spielend zu mehr Erfolg* (pp. 50–77). München: Huss
- Korn, O., Brenner, F., Börsig, J., Lalli, F., Mattmüller, M., & Müller, A.:** Defining Recruitment: A Model and a Survey on the Gamification of Recruiting and Human Resources. In *Advances in The Human Side of Service Engineering* (pp. 37–49). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60486-2-4>
- Korn, O., Rees, A., & Dix, A.:** Designing a System for Playful Coached Learning in the STEM Curriculum. In *SmartLearn '17 Proceedings of the 2017 ACM Workshop on Intelligent Interfaces for Ubiquitous and Smart Learning* (pp. 31–37). New York: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3038535.3038538>
- Korn, O., Stamm, L., & Möckl, G.:** Designing Authentic Emotions for Non-Human Characters. A Study Evaluating Virtual Affective Behavior. In *Designing Interactive Systems Conference 2017 Proceedings* (pp. 477–487). New York: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3064663.3064755>
- Lankau, R.:** *Kein Mensch lernt digital* (1st ed.). Weinheim: Beltz. 190 Seiten
- Lankau, R., & Tarmann, P. R.:** Datenschutz? Gibt's doch gar nicht. *Gesellschaft & Politik. Zeitschrift für soziales und wirtschaftliches Engagement*, 53(2/2017), 17–24
- Lauer, T., Datta, A., Kaur, A., & Chabbouh, S.:** Parallel Subspace Clustering Using Multi-core and Many-core Architectures. In J. Bajo (Ed.), *Highlights of Practical Applications of Cyber-Physical Multi-Agent Systems* (pp. 213–223). Basel: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67162-8-21>
- Livotov, P.:** Modelling Innovation Process in Multidisciplinary Course in New Product Development and Inventive Problem Solving. In *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Australasian Association for Engineering Education (AAEE 2017)* (pp. 287–294). Sydney, Australia: Macquarie University, School of Engineering. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-27309>
- Livotov, P., & Cascini, G.:** Advanced Innovation Design Approach: Towards Integration of TRIZ Methodology into Innovation Design Process. *Journal of the European TRIZ Association - INNOVATOR*, 02-2017(04), 1–3
- Livotov, P., & Cascini, G.:** Sustainable European Collaboration in the Field of Knowledge-Based Innovation with TRIZ. *Journal of the European TRIZ Association - INNOVATOR*, 01-2017(03), 1–3

Livotov, P., & Casner, D.: Advanced Innovation Design Approach for Process Engineering. In A. Maier, S. Škec, & K. Harrison (Eds.), *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design. (ICED 17) Vol 4: Design Methods and Tools*, Vancouver, Canada, 21-25.08.2017 (pp. 653–662). Vancouver, Canada: The Design Society

Marepalli, S. M., & Christ, A.: Computing Aggregates on Autonomous, Self-organizing Multi-Agent System: Application „Smart Grid“. In J. Bajo (Ed.), *Highlights of Practical Applications of Cyber-Physical Multi-Agent Systems* (pp. 271–283). Basel: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60285-1>

Nuß, U.: *Hochdynamische Regelung elektrischer Antriebe* (2nd ed.). Berlin, Offenbach: VDE-Verlag. 568 Seiten

Otte, A.: Historischer Bronzeabguss: Was erzählt uns Paganinis Bogenhand? *MMW Fortschr Med: Münchner medizinische Wochenschrift - Fortschritte der Medizin*, 159(8 und 9), Heft 8: S. 9-Heft 9: S. 29 (erratum). <https://doi.org/10.1007/s15006-017-9545-1>

Otte, A.: Who is Who? Götz von Berlichingen. *Horizonte : Forschung an Fachhochschulen in Baden-Württemberg ; anwendungsbezogen, zukunftsorientiert*, 49(April), 61

Pfafferott, J., Kanani-Sühring, F., Maronga, B., Groß, G., Raasch, S., Banzhaf, S., Zeidler, J.: Project MOSAIK: Model-based city planning and application in climate change – development of the new urban climate model PALM-4U. In 8th Japanese-German Meeting on Urban Climatology „Climate Analysis for Urban Planning“. Osaka, Japan (pp. 1–7)

Pfletschinger, S., & Closas, P.: Non-Orthogonal Frame Synchronization for Low Latency Communication. In *IEEE 86th Vehicular Technology Conference: VTC2017-Fall 24–27 September 2017*, Toronto, Canada (pp. 1–5)

Prasetyo, J. A., Yushev, A., & Sikora, A.: Investigations On The Performance Of Bluetooth Enabled Mesh Networking. In *Third International Symposium Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS)* (pp. 56–61). <https://doi.org/10.1109/IDAACS-SWS.2016.7805786>

Reiter, J.: *Statistik-Fallstudien mit Excel* (1st ed.). Wiesbaden: Springer Gabler. 146 Seiten

Ritter, S., Suchodoletz, D. von, Rettberg, S., Rößler, C., & Thum, R.: Startschuss des Landesdienstes bwLehrpool - ein Beispiel moderner, hochschulübergreifender Kooperation. *Horizonte*. (49), 57–60

Sawant, P., & Doan, D.: Modelling and Simulation of Microscale Trigenation Systems Based on Real- Life Experimental Data. In *20th IFAC World Congress 2017, IFAC-PapersOnLine* (pp. 3238–3243). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.452>

Scharffenberg, M., Schnekenburger, F., Wülker, M., Hochberg, U., Jahn, N.-M., & Dorer, K.: A New Motor Controller for Overloading BLDC-Motors of Low Inductivity, Lightweight and Ready for Admittance and Impedance Model Predictive Control. In *Proceedings of the 12th Workshop on Humanoid Soccer Robots, 17th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots* (pp. 1–6). Birmingham: IEEE. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-26563>

Schmid, F., & Otte, A.: Historik der Hirnschrittmacher: Von der therapeutischen Anwendung der Elektrizität zur tiefen Hirnstimulation. *Ärzteblatt Baden-Württemberg*, 72(1), 14–15

Schmidt, M., Han, L., Yi, J., & Zuo, L.: A Study on the User-Defined Modeling of User-Defined Power Flow Controller in DSA. In *7th International Conference on Power and Energy Systems (ICPES 2017)* (pp. 29–33)

Schnekenburger, F., Scharffenberg, M., Wülker, M., Hochberg, U., & Dorer, K.: Detection and Localization of Features on a Soccer Field with Feedforward Fully Convolutional Neural Networks (FCNN) for the Adult-Size Humanoid Robot Sweaty. In *Proceedings of the 12th Workshop on Humanoid Soccer Robots, 17th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots* (pp. 1–6). Birmingham: IEEE. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-26557>

Schwarz, S.: Ansatzpunkte für eine gelebte Governance-Kultur. *Zeitschrift für Corporate Governance*, 12(4), 149–151

Sikora, A., & Walz, A.: eTPL: An Enhanced Version of the TLS Presentation Language Suitable for Automated Parser Generation. In *9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)* (pp. 810–814). <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2017.8095200>

Sikora, A., Ahmad, A., Pasha, M. A., Ahmad, Z., & Masud, S.: Energy Efficient Sensor Network Routing (EESNR) Protocol For Large Distributed Environmental Monitoring Applications. In *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2017 9th IEEE International Conference on* (pp. 740–745). <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2017.8095188>

Sikora, A., Ahmad, Z., Pasha, M. A., Ahmad, A., Muhammad, A., Masud, S., & Schappacher, M.: Performance Evaluation of IEEE 802.15.4-Compliant Smart Water Meters for Automating Large-Scale Waterways. In *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2017 9th IEEE International Conference on* (pp. 746–751). <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2017.8095189>

Sikora, A., Mamo, F. T., & Rathfelder, C.: Legacy to Industry 4.0: A Profibus Sniffer. In *2nd International Conference on Measurement Instrumentation and Electronics. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 870 (2017) 012002* (pp. 1–6). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/870/1/012002>

Sikora, A., Moschevikin, A. P., Lunkov, P. V., Fedorov, A. A., & Maslennikov, E. I.: Hardware and Software Architecture of Multi MEMS Sensor Inertial Module. In *24th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS)* (pp. 366–369). <https://doi.org/10.23919/ICINS.2017.7995643>

Sikora, A., Riske, A., & Schappacher, M.: Entwicklung eines DGPS-gestützten Fahrdynamikmesssystems unter Verwendung des FPGAs Zynq-7000 mit einem Dual-Core Bare-Metal asymmetrischen Multiprozessorsystem. In *MPC / Multi-Projekt-Chip-Gruppe Baden-Württemberg : Tagungsband zum Workshop der Multiprojekt-Chip-Gruppe Baden-Württemberg* (pp. 23–28)

Sikora, A., Schappacher, M., & Nsiah, K. A.: Dynamic mapping of EDDL device descriptions to OPC UA. In 2nd International Conference on Measurement Instrumentation and Electronics. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 870 (2017) 012006 (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/870/1/012006>

Sikora, A., Schappacher, M., & Yushev, A.: A Novel Virtualized Testbed for Embedded Networking Nodes (VTENN). In Proc. of the 2017 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 22-25 May 2017, Torino, Italy (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2017.7969667>

Sikora, A., Schappacher, M., Yushev, A., & Mahbuba, M.: VTENN - A Virtualized Testbed for Embedded Networking Nodes. In 9th IEEE International Conference Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) (pp. 797–803). <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2017.8095198>

Sikora, A., Schwaab, M., Reginya, S. A., & Abramov, E. V.: Measurement Analysis of Multiple MEMS Sensor Array. In 24th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS) (pp. 392–395). <https://doi.org/10.23919/ICINS.2017.7995650>

Urbina, C., Canz, M., Großhans, E., & Sikorski, E.: „We don't want to know their names!“ A long way to go from Engineering versus Pedagogy to Engineering Pedagogy. In Teaching and Learning in a Digital World : Proceedings of the 20th International Conference on Interactive Collaborative Learning 27-29 September 2017, Budapest, Hungary (pp. 157–168). https://doi.org/10.1007/978-3-319-73210-7_19

Volz, M.: Qualitätsanforderungen bei der Herstellung von geschweißten Stahlbauten. Konstruktiver Ingenieurbau. (4), 31–35

Weber, J.-A.: Fallsammlung Internationales Steuerrecht, Fälle 18-35, 40-44, 83-85, 116-118, 120, 126, 128-136 und 139. In Fallsammlung Internationales Steuerrecht (267-S). Herne: NWB Verlag

Wendt, T., Himmelsbach, U., Lai, M., & Waßmer, M.: Architecture for Achieving Multiple Diversity Gain for Latency-Critical Applications. In Wireless Days, 2017 (pp. 1–4). Porto, Portugal: IEEE. <https://doi.org/10.1109/WD.2017.7918113>

Wendt, T., Himmelsbach, U., Lai, M., & Waßmer, M.: A Simple and Robust Architecture for Reliable, Latency-Critical Applications within Medical Operating Rooms. In 2017 Wireless Telecommunications Symposium (WTS) (pp. 1–4). Chicago, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/WTS.2017.7943541>

Wendt, T., Himmelsbach, U., Lai, M., & Waßmer, M.: Sichere Detektion von Menschen in der Mensch-Roboter-Kollaboration mit Time-of-Flight Kameras. In Forum Safety & Security (pp. 1–4) München

Wendt, T., Himmelsbach, U., Lai, M., & Waßmer, M.: Time-of-Flight Cameras enabling Collaborative Robots for Improved Safety in medical applications. In 2017 Wireless Telecommunications Symposium (WTS) (pp. 1–4). Chicago, USA: IEEE

Wendt, T., Lai, M., König, P., Waßmer, M., & Himmelsbach, U.: Medienzugriffsverfahren bei der drahtlosen Kommunikation für funktional sichere Anwendungen. In Forum Safety & Security (pp. 1–5). München

Werner, H.-U.: Schritte zu einer A/R/Tography des Klanges. In: Klussmann, H.; Eckardt, A.; Klooster, T. (Hg.): sweep - Symposium zur Klangforschung - Symposium on Sound Research (pp. 53-55). Kassel

Zerres, C.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Ein einführender Überblick mit ergänzenden Übungen (1. Auflage): Bookboon. 121 S.

Zerres, C. (Ed.): Handbuch Marketing-Controlling (4. Auflage): Springer Gabler. 517 Seiten

Zerres, C., & Behrens-Potratz, A.: Kundenmanagement in Krankenversicherungen. In Management im Gesundheitswesen. Das Lehrbuch für Studium und Praxis (pp. 180–196). Berlin: Springer

Zerres, C., & Hoffmann, L.: Prozess und Methoden des Social Media Monitorings. Schriftenreihe „Arbeitspapiere für Marketing und Management“. (18), 1–37

Zerres, C., & Litterst, F.: Social Media-Controlling. In Handbuch Marketing-Controlling (pp. 191–206). Berlin: Springer Gabler

Zerres, C., & Rufo, M.: Strategische Analysetechniken. In Handbuch Marketing-Controlling (pp. 69–90). Berlin: Springer Gabler

Zerres, C., & Zerres, M.: Einführung in das Marketing-Controlling. In Handbuch Marketing-Controlling (pp. 3–13). Berlin: Springer Gabler

Zerres, C., & Zerres, T.: Rechtsrahmen der Marktforschung. Leitregeln für den Mittelstand. Schriftenreihe „Arbeitspapiere für Marketing und Management“. (17), 1–13

Zerres, C., Israel, K., & Tscheulin, D.: Online-Marketing-Controlling. In Handbuch Marketing-Controlling (pp. 173–190). Berlin: Springer Gabler

Zerres, C., Israel, K., & Tscheulin, D.: Reducing Cybersickness: The Role of Wearing Comfort and Ease of Use. In O. S. o. America (Ed.), Frontiers in Optics (pp. 1–2). Washington, D.C. <https://doi.org/10.1364/FIO.2017.JTu2A.113>

Zerres, C., Lemmer, A., & Zerres, T.: Rechtsrahmen von Social Media. Übersicht über die rechtlichen Rahmenbedingungen einer Nutzung von sozialen Medien in der betrieblichen Kommunikationspolitik. Schriftenreihe „Arbeitspapiere für Marketing und Management“. (29), 1–25

Kategorie: Dissertation

Autor(en), Titel, Verlag

Pupyrev, Pavel Dmitrievich: Lineare und nichtlineare Keilwellen in Festkörpern. Линейные и нелинейные клиновы́е волны в твёрдых телах. Russische Akademie der Wissenschaften, Moskau. (Betreuer an der HSO: Prof. Dr. A. Meyer) http://www.gpi.ru/disser/diss_Pupyrev.pdf

Schmelas, Martin: Entwicklung und Evaluierung eines adaptiv-prädiktiven Algorithmus für thermoaktive Bauteilsysteme. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik – IMTEK; Freiburg. (Betreuer an der HSO: Prof. E. Bollin) <https://www.imtek.de/professuren/emp/publikationen/abschlussarbeiten>

Promotionen 2017

Name, Titel, HSO-Betreuer, Betreuer – kooperierende Universität

Intern, laufend:

Altan, Lokman: DigiKer-Digitaldruckverfahren für Keramikfarben, HSO Prof. Dr.-Ing. Günther Waibel, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Amjad, Zubair: Cooperation between V2V communication content and properties for an autonomous and safe driving, HSO Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora, *Université de Haute Alsace – Prof. Dr. Jean-Philippe Laufenburger*

Betz, Johann-Wolfram: Unterbindung von Seitenkanalangriffen in Cloud Umgebungen, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Dirk Westhoff, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. h.c. Günter Müller*

Bhattacharayya, Mayukh: Wireless ultra low power sensor systems for passive and semi-passive applications, HSO Prof. Dr.-Ing. Dirk Jansen, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Brenner, Corinna: Kardiale Verschluss-Systeme, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer, *Universität Rostock – Prof. Dr. Christoph Nienaber*

Brudsche, Markus: Extrakardiale Ablation, 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*

Dongol, Deepranjan: Battery management for smart grids with renewable energy sources based on predictive control and demand side management, HSO Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Feng, Xiaowei: Analog Design and Noise Modeling in printed electronics, HSO Prof. Dr. rer. nat. Jasmin Aghassi-Hagmann, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. Mehdi B. Tahoori*

Gast, Oliver: User Experience im E-Commerce: Verfahren zur validen apparativen Messung von Emotionen bei der Nutzung interaktiver Anwendungen, HSO Prof. Dr. rer. oec. Andrea Müller, *PH Freiburg – Prof. Dr. Josef Nerb*

Gopisetty, Bala Venkata Satyanarayana: Model reduction optimization for energy planning process of distributed energy resources, HSO Prof. Dr.-Ing. Peter Treffinger, *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. Leonhard Reindl*

Habib, Mustapha: Control and energy management of smart grid with high integration rate of renewable energy and storage, HSO Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin, *University of Science and Technology Houari Boumediene (U.S.T.H.B.) – Prof. Ahmed Amine Ladic*

Himmelsbach, Urban: A novel approach of achieving 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*

Isele, Dietmar: Vorspannkraftverluste und Leistungsfähigkeit von Schraubenverbindungen mit Lackschichten im Kraftfluss, HSO Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele, *Universität Siegen – Prof. Dr.-Ing. Christoph Friedrich*

Israel, Kai: Der Einsatz von Virtual-Reality in der Unternehmenskommunikation – Chancen und Risiken, HSO Prof. Dr. rer. pol. Christopher Zerres, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Dieter Tschudin*

Jilg, Andreas: Bewertung der Ermüdungslebensdauer von hoch belasteten Warmumformwerkzeugen auf Basis fortschrittlicher Werkstoffmodelle, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Holm Altenbach*

Jung, Philip: Corporate governance und finanzielle Berichterstattung auf Basis kaufmännischer Rechnungslegung an deutschen Hochschulen, HSO Prof. Dr. rer. pol. Anne Najderek, *Johannes Gutenberg Universität Mainz – Prof. Dr. Christopher Koch*

Klemm, Martin: Intraoperative Planning and Execution of Arbitrary Orthopedic Interventions Using Handheld Robotics and Augmented Reality, HSO Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr.-Ing. Uwe D. Hanebeck*

Künzel, Thomas: ÖkoFlex-Flexibilität als ökonomisches Gut im intelligenten Energiesystem zur effizienten Einbindung erneuerbarer Energien, HSO Prof. Dr. rer. pol. Anke Weidlich, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. Orestis Terzidis*

Kupper, Christian: Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien für die dezentrale Speicherung regenerativer Energien: experimentelle Untersuchung und modellbasierte Optimierung, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Holger Reinecke*

Lai, Matthias: Security of Electric Payment Systems, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt, *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*

Marepalli, Sai Manoj: Peer-to-Peer and Cloud Computing Architectures for Resilient Smart Grid Monitoring, HSO Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Christian Schindelbauer*

Mittag, Steffen: Probabilistische Werkstoffmodelle zur Lebensdauervorhersage von Turbinenkomponenten, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Holm Altenbach

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. Schindelbauer*

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*

Rösch, Tobias: Untersuchungen zum Ausbau von Verteilnetzen bei einem steigenden Anteil von erneuerbaren Energien unter Nutzung von Geoinformationssystemen (GIS), HSO Prof. Dr.-Ing. Peter Treffinger, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Barbara Koch*

Sawant, Parantapa: Kleinskalige Kraft-Wärme-Kopplung als netzreaktives System zur energieeffizienten Biogas/Erdgas-Nutzung, HSO Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

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*

Speck, Franziska: Gütesiegel in der Markt-, Medien- und Sozialforschung, HSO Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock, *Humboldt-Universität Berlin – Prof. Dr. Wolfgang Mühl-Benninghaus*

Tajan, Louis: Privacy in Cloud Auditing, HSO Prof. Dr. rer. nat. habil. Dirk Westhoff, *Universität Mannheim – Prof. Dr. Frederik Armknecht*

Vauderwange, Oliver: Characterization of Color Vision by Spectrometry and Nanotechnology: Application to Media Photonics, HSO Prof. Dr. Dan Curticapean, *Universität Straßburg – 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*

Wissmann, Kai: Branded Entertainment in Web- + TU-Formate, HSO Prof. Dr. phil. Heiner Behring, *Universität Basel – Prof. Dr. Klaus Neumann-Braun*

Wozniak, Peter: Methods for a realistic range camera based occlusion management for stereoscopic augmented reality, HSO Prof. Dr. Dan Curticapean, *Universität Straßburg – Nicolas Javahiry MC habil.*

Zimmermann, Lukas: Einsatz von gedruckten Elektronikkomponenten für Systeme des Internet der Dinge, HSO Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora, *KIT Karlsruhe – Prof. Dr. Michael Beigl, Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer*

Patente 2017

Bausch, Jörg; Heinz, Michael; Schmid, Ronald: Schaltanlage. EP 2 669 920 B1. Patenterteilung 28.06.2017

Gantert, Hesso: Vorrichtung zum Erwärmen von Gas, zur Feuchtigkeitsreduktion eines Gases bzw. zur Entfernung von Schadstoffen aus einem Gas. DE 10 2015 111 744 A1. Offenlegung 26.01.2017

Impressum

Herausgeber:
 Institut für Angewandte Forschung [IAF]
 Hochschule Offenburg · Badstraße 24 · 77652 Offenburg
 iaf@hs-offenburg.de // www.iaf.hs-offenburg.de
 Redaktion, Projektkoordination, Layout:
 Sandra Lutz-Vogt, Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin,
 Hochschule Offenburg

 **Hochschule Offenburg**
 offenburg.university

Verantwortlich für den Inhalt:
 Autoren / Projektleiter der jeweiligen Projekte
 Lektorat:
 Günter F. R. Grosshans, Hochschule Offenburg
 Bildnachweis: Hochschule Offenburg
 Druckerei:
 VKM Verlag für Marketing und Kommunikation
 GmbH & Co. KG, 67590 Monsheim
 Auflage: 2.500 Exemplare - ISSN 1866-9352

Institut für Angewandte Forschung [IAF]

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Institutsleitung
E-Mail: bollin@hs-offenburg.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: thomas.seifert@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-272
<http://www.hs-offenburg.de/iaf/>

Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation [POI]

Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Institutsleitung
E-Mail: bruno.ismer@hs-offenburg.de

Tobias Haber
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: tobias.haber@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4640
E-Mail: poi@hs-offenburg.de
<http://www.hs-offenburg.de/poi/>

Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Institutsleitung
E-Mail: w.schroeder@hs-offenburg.de

Prof. Dr. Dan Curticapean
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: dan.curticapean@hs-offenburg.de

Telefon +49 781 205-271
<http://www.hs-offenburg.de/iuas/>

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

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
<http://www.hs-offenburg.de/ines/>

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/nc/institute/>

Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik [ivESK]

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora

Institutsleitung
E-Mail: axel.sikora@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Dirk Westhoff
Mitglied
E-Mail: dirk.westhoff@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-416
<http://ivesk.hs-offenburg.de/>

 **Hochschule Offenburg**
offenburg.university

Badstraße 24 · 77652 Offenburg
Telefon: +49 781 205-0
www.hs-offenburg.de