

forschung im fokus

Ausgabe Nr. 22 / 2019



Assistenztechnologien & Emotionen: scheinbar Gegensätzliches



Aerodynamische Optimierung eines Leichtbaufahrzeugs

- 2 Vorwort
- 5 Elektrotechnik und Informationstechnik [E+I]
 - 6 Deep Learning zur Steuerung von Neuroprothesen
 - 9 Aufbau eines mobilen Versuchsträgers für Ortungsaufgaben
 - 14 Simulation der Katheterablation supraventrikulärer Tachykardien
 - 16 Kryoablation von Vorhofflimmern
 - 19 Echtzeitanalyse globaler SATNAV-Systeme
- 25 Maschinenbau und Verfahrenstechnik [M+V]
 - 26 Zustandsüberwachung und digitaler Zwilling im Maschinenlabor
 - 30 Aluminiumlegierungen – auch sie kennen das Altern
 - 33 Betriebsstrategie für ein Leichtbaufahrzeug
 - 35 Aerodynamische Optimierung eines Leichtbaufahrzeugs
 - 38 Konstruktionsausbildung – Fallstudien mit Augenbewegungsanalysen
- 43 Medien und Informationswesen [M+I]
 - 44 CloudProtect – Ein hochverfügbares Softwareschutz- und Lizenzierungssystem für die Industrie 4.0
 - 47 Data Aggregation – using Peer to Peer Networks
 - 49 Digital Leadership – neue Anforderungen im Nonprofit-Sektor vor Ort
- 55 Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen [B+W]
 - 56 Projektmanagement – (k)eine Toolfrage für projektorientierte Unternehmen
 - 61 Begründung von Innovationsentscheidungen
- 64 Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik [ivESK]
 - 65 Unified Performance Analysis of LPWAN based Smart Waste Management System
 - 69 Integrierte Sicherheit durch Physical Unclonable Functions (PUFs)
- 73 Institut für Energiesystemtechnik [INES]
 - 74 Evaluation von thermisch und elektrisch angetriebener Kälteerzeugung
 - 77 Wenn Batterien altern: Anti-Aging für Li-Ionen-Batterien
- 83 Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation [POI]
 - 84 Raspberry-Pi Huckepackplatine simuliert originale Patienten-EKGs
 - 87 Interdisziplinäre Studie an Implantaten zur Prophylaxe des Schlaganfalls
- 90 Affective and Cognitive Institute [ACI]
 - 91 Assistenztechnologien und Emotionen – Das ACI verbindet scheinbar Gegensätzliches
- 95 Institut für nachhaltige Silikatforschung Offenburg [NaSiO]
 - 96 Steine aus Beton- und Ziegelabfall
- 99 Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]
 - 100 Entwicklung von Langstreckendrohnen
- 103 Publikationen 2018
- 114 Promotionen 2018
- 115 Patente 2018
- 116 Kontakt

IMPRESSUM

Herausgeber: Institut für Angewandte Forschung [IAF], Hochschule Offenburg ·
Badstraße 24 · 77652 Offenburg · iaf@hs-offenburg.de · www.iaf.hs-offenburg.de

Redaktion,

Koordination, Layout: Sandra Lutz-Vogt, Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin · Hochschule Offenburg

Verantwortung Inhalt: Autoren/Projektleiter der jeweiligen Beiträge/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

Die Hochschule Offenburg zeichnet sich durch anwendungsorientierte Forschung, aktiven Wissens- und Technologietransfer sowie Innovationsförderung aus. Die Einbeziehung zivilgesellschaftlicher Akteure gehört hierbei zu unserem Selbstverständnis. Für anwendungsorientierte Forschung und Technologietransfer ist die Hochschule gefragter Partner zur gezielten Lösungssuche – oft in Zusammenarbeit mit Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Im Konsortium des 2018 gegründeten DIGIHUB Südbaden sind wir zentraler Ansprechpartner in unserer Region zu Themen der digitalen Transformation. Hier begleiten wir Unternehmen mit Informationen, Orientierungshilfen, Beratung und Impulsen für die Umsetzung zukunftsfähiger Lösungen.

Mit zahlreichen Forschungsprojekten und -kooperationen gehören wir zu den forschungstärksten Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Baden-Württemberg und tragen so zu der Innovationskraft insbesondere des Mittelstands bei. Die Hochschule 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. Zudem gehört sie der bundesweiten Hochschulallianz für den Mittelstand an und ist Gründungsmitglied der grenzüberschreitenden Allianz TriRhenaTech der Hochschulen der Trinationalen Metropolregion Oberrhein.

Mit der Gründung der Graduate Academy im Januar 2018 haben unsere DoktorandInnen nicht nur ein adäquates strukturelles Umfeld erhalten, sondern mit der Sprecherin auch eine wichtige Stimme, um ihre Interessen zu vertreten. Graduate Academy und Sprecherin tragen dazu bei, die Möglichkeiten einer Promotion an der Hochschule stetig zu verbessern und einen promotionsfreundlichen Rahmen zu schaffen. So werden regelmäßig diverse Weiterbildungs- und fächerübergreifende Qualifizierungsprogramme durch das Career Center angeboten. Derzeit forschen an unserer Hochschule 44 DoktorandInnen 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 wird ein Promotionskolleg mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gefördert. Zudem sind ProfessorInnen der Hochschule an einem Graduiertenkolleg der DFG gemeinsam mit dem KIT sowie an der Doktorandenschule „Geospeicher.bw – Geo-

thermische Speicherung in Baden-Württemberg“, gefördert durch das Programm BWPlus des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, beteiligt.

Die 22. Ausgabe „forschung im fokus“ – kurz „fif“ – berichtet über aktuelle Forschungen 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. Digitale Transformation und Künstliche Intelligenz sind zugleich Forschungsgegenstand, sowie 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. Zwei neu gegründete Forschungsinstitute zu diesen hochaktuellen Forschungsfeldern, das Affective & Cognitive Institute (ACI) sowie das Institute for Machine Learning and Analytics (IMLA), fördern die interdisziplinäre Zusammenarbeit, intensivieren Forschung und Technologietransfer und erzeugen neue Impulse. Mit ihrer wissenschaftlichen Schwerpunktbildung haben die nunmehr acht Forschungsinstitute großen Anteil an der hochschuleigenen Forschungsstärke. Sie sind Ausdruck und Ergebnis langjähriger erfolgreicher Forschungstätigkeit mit internationaler Ausstrahlung.

Derzeit sind mehr als 66 % der Professorenschaft der Hochschule forschungsaktiv. In Zusammenarbeit mit 128 wissenschaftlichen MitarbeiterInnen bearbeiteten sie 2018 insgesamt 128 Forschungsprojekte und warben Projektmittel in Höhe von 7,4 Mio. € für die Folgejahre ein. Dies ist nicht zuletzt auch das Ergebnis einer konsequenten und soliden Forschungsförderung durch das Rektorat und die Fakultätsleitungen der Hochschule Offenburg, denen hier besonderer Dank gilt. Nur durch Freistellung für die Durchführung der Forschungsarbeiten und Bereitstellung von zusätzlichen Ressourcen können die ProfessorInnen zusammen mit ihren wissenschaftlichen Mitarbeitern konsequent und erfolgreich über Jahre hinweg exzellente Forschungsleistungen erbringen und wichtige Forschungsfelder besetzen.

Die Sichtbarmachung der Hochschulforschung ist ein wichtiges Anliegen des IAF. Neben dem hier vorliegenden 22. Forschungsbericht „fif“ bietet das IAF regelmäßig im Rahmen



„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.“

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

der Veranstaltungsreihe „Forschung auf dem Campus“ wissenschaftliche Vorträge an. Im Winter- und Sommersemester 18/19 wurden im Rahmen der FORUMS Vortragsreihe „Forschung auf dem Campus“ die Angewandte Forschung und die einzelnen Forschungsinstitute der Öffentlichkeit vorgestellt. Dies stieß auf reges Interesse.

Mit dem „Professoren ScienceSlam“ hat die Hochschule zusammen mit der Stadt Offenburg ein äußerst spannendes Format zur Präsentation von Angewandter Forschung auch 2018 erfolgreich weitergeführt. Dank der engagierten Professoren-Slammer unserer Hochschule ist es erneut gelungen, aktuelle Forschungsthemen in die Offenburger Öffentlichkeit zu tragen und zahlreiche Menschen aller Altersklassen für unsere Forschungsthemen zu begeistern. Auch das Veranstaltungsformat „UnternehmenZukunft“ hat sich bewährt und wird fortgesetzt. Hier zeigt sich die Hochschule als Entwicklungspartner der Unternehmen in aktuellen Themenfeldern wie Digitale Transformation, Werkstofftechnologie, Nachhaltige Energietechnik und KI.

Neben den im vorliegenden Forschungsbericht *„forschung im fokus“* genannten direkten Verantwortlichen und WissenschaftlerInnen ist das „Institut für Angewandte Forschung“ (IAF) zentraler Ansprechpartner für die Hoch-

schulforschung und freut sich auf Ihre Kontaktaufnahme. Es begleitet, unterstützt und koordiniert die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten an der Hochschule. Mit Dr. Vasco Brummer als weiteren Forschungskordinator konnten wir 2018 das IAF-Team kompetent verstärken, gerade auch im Hinblick auf INTERREG-Forschungsprojekte.

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 der Hochschule sowie den vielen wissenschaftlichen MitarbeiterInnen, 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 faszinierenden Forschungsthemen leistet die Hochschule Offenburg national und europaweit einen wichtigen Beitrag zur Angewandten Forschung.

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

ARBEITEN IN EINEM DER MODERNSTEN STAHLWERKE EUROPAS



LIEBER
HIGHTTECH
STATT STAUB
UND HITZE?

Maximilian Kalbfleisch
Betriebsleiter Walzwerk,
seit 12 Jahren bei BSW

 **BSW**

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

Dein Job unter: www.bsw-kehl.de

BADISCHE STAHLWERKE. MEHR ALS NUR STAHL.

ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

Exemplarisch für die vielen herausragenden Forschungsaktivitäten der Fakultät E+I 2018 ist die von einigen ihrer Mitglieder initiierte Gründung des *Institute for Machine Learning and Analytics (IMLA)* zu nennen. Sie bündelt die vielfältigen Aktivitäten der vor allem im Informatikbereich tätigen Professorinnen und Professoren auf dem Forschungsfeld des Machine Learning und der Datenanalyse und macht deren Aktivitäten nach außen besser sichtbar. Machine Learning spielt auch beim Roboterfußball in der Simulationsliga und beim humanoiden Roboter Sweaty eine sehr große Rolle. Das Team *magmaOffenburg* hat 2018, wie bereits 2017, das Turnier der 3D-Simulationsliga auf der Robotica in Portugal gewonnen und wurde zudem beim robocup 2018 in Montreal Vizeweltmeister!

Aber nicht nur in der Informatik wurde kräftig geforscht. Auch in der Elektrotechnik und Informationstechnik sowie in der Medizintechnik gab es zahlreiche Impulse beim wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn und in der Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern aus der Industrie. 2018 konnten die Professorinnen und Professoren der Fakultät E+I insgesamt 2,72 Millionen Euro an Drittmitteln einwerben. Es entstanden 56 Publikationen und vom E+I-Kollegium wurden 12 Doktoranden betreut, von denen einer 2018 promoviert wurde.

Vielversprechend sind auch die F&E-Aktivitäten der zum Wintersemester 2018/19 neu berufenen Kollegin Prof. Dr. Marlene Harter und des Kollegen Prof. Dr. Christian Klöffler. Beide konnten aus ihrer vorangegangenen Industrietätigkeit im Bereich der Radartechnik bzw. der Elektromobilität Drittmittelprojekte an die Hochschule übertragen und so das Forschungsportfolio der Fakultät E+I weiter bereichern.

Die aktuelle Ausgabe des *ffif* enthält fünf Beiträge von Autoren der Fakultät E+I, drei davon aus der Medizintechnik. Sie stehen exemplarisch für das vielfältige Spektrum an Forschungsthemen, die in der Fakultät E+I bearbeitet werden. Wir wünschen den Lesern erkenntnisreiche Einblicke in die Forschungsthemen, mit denen sich ihre Kolleginnen und Kollegen beschäftigen, sowie die eine oder andere Inspiration für eigene zukünftige Projekte.

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß,

Dekan E+I bis 28.02.2019

Prof. Dr. rer. nat. Stephan Trahasch,

Dekan E+I seit 01.03.2019



Deep Learning zur Steuerung von Neuroprothesen

Simon Hazubski M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe, Prof. Dr. med. Andreas Otte

Die präzise und eindeutige Analyse sowie Auswertung von Biosignalen sind durch die Vielseitigkeit und den inhärent hohen Individualisierungsgrad besonders schwierig. Vor diesem Hintergrund bieten Deep-Learning-Systeme eine vielversprechende Lösung. Dieses Forschungsprojekt beschäftigt sich mit der Klassifizierung von EMG-Signalen zur Ansteuerung von Handprothesen. Dafür kommt ein Neuronales Netz mit Long-Short-Term-Memory-Architektur zur Anwendung.

Precise and distinct analysis and interpretation of biosignals is a major challenge due to the patient-inherent diversity and external conditions, e.g. electrode placement. In the light of this, deep learning systems offer a promising solution. This research project deals with the classification of EMG-signals to control neuroprosthetics of the upper limb. For this approach, a neural network with long short-term memory architecture is used and implemented.

Problemstellung

Prothesen oder andere Maschinen mit medizinischen Signalen robust und mit hoher Auflösung anzusteuern, ist eine der großen Visionen der Medizintechnik. Solche Biosignale auszuwerten ist oftmals jedoch eine erhebliche Herausforderung, da sie diversen Messfehlern unterliegen. So können selbst Signale gleichen Ursprungs erhebliche Differenzen aufweisen. Dies kann in individuellen, patientenspezifischen Einflüssen, unterschiedlichen Übergangswiderständen oder Elektrodenplatzierungen und den damit einhergehenden Interferenzen begründet sein. Die maschinelle Interpretation wird durch diese Signalunterschiede häufig sehr aufwendig bis schlicht unmöglich. So auch in der Neuroprothetik, also der Entwicklung von Prothesen, die über das Nervensystem angesteuert werden. Mithilfe von Elektromyographie (EMG)-Sensoren oder sogenannter Brain-Maschine-Interfaces (BMI) werden Muskelsignale bzw. Hirnströme ausgewertet und entsprechende Steuerkommandos an die Prothese gesendet. Da die meisten Ansätze der Neuroprothetik der Maxime folgen, die amputierten Gliedmaßen (z. B. die Hand) möglichst äquivalent zu ersetzen, kommen modernste Technologien zur Anwendung. So ist es naheliegend, auch die noch recht junge Technologie des maschinellen Lernens in diesem Handlungsfeld zu erforschen. Dies macht vor allem deshalb Sinn, da sich das Endprodukt robust und möglichst unauffällig in den Alltag des Patienten integrieren lassen muss und die Erfolge der letzten Jahre im Bereich des Deep

Learning genau dies erhoffen lassen. Auch wirtschaftliche Faktoren müssen berücksichtigt werden. Von Otte et al. [1] wurde eine elektrische Low-Tech-Handprothese am Vorbild der Prothese des Götz von Berlichingen entwickelt, die kostengünstig mit 3D-Druck-Verfahren produziert wird und trotz ihrer Einfachheit eine Hilfestellung im Alltag der Patienten bieten kann [2]. Vor diesem Hintergrund wurde in dem Forschungsprojekt untersucht, inwieweit sich mit Deep Learning eine Ansteuerung realisieren lässt, die mit einfachsten Mitteln EMG-Signale zum Ansteuern einer Handprothese sicher interpretiert. Die Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf die Ergebnisse der Master-Thesis des Erstautors [4].

Daten sind alles

Um einer Maschine „Intelligenz“ einzuhauchen, wie es beim Deep Learning oder dem maschinellen Lernen allgemein geschieht, werden Daten benötigt. Diese werden verwendet, um dem System im Trainingsvorgang beizubringen, wie es die eingehenden Zahlenkolonnen zu interpretieren hat. Sollen die Eingangssignale beispielsweise klassifiziert werden, so werden die Vorschläge des Systems zu den einzelnen Signalen mit den wahren Klassen verglichen und dem System Feedback gegeben. Aus diesen Rückmeldungen lernt das System, was von ihm erwartet wird und wird sich – optimal – am Ende des Trainings wie beabsichtigt verhalten. Ein solcher Trainings-

vorgang wird Supervised Training genannt, da das Verhalten des Systems überwacht und bewertet wird. Wie bereits erwähnt, werden für ein solches Training Daten benötigt, zu denen die jeweilige Klasse (Label) bekannt ist. Prinzipiell ist es empfehlenswert, so viele Daten wie möglich zu generieren, damit das System viele verschiedene Varianten kennenlernt. Da die Daten gelabelt werden müssen, kann die Datengenerierung sehr arbeitsintensiv sein.

Für dieses Forschungsprojekt wurden EMG-Signale der die Finger ansteuernden Unterarmmuskeln des Erstautors in drei verschiedenen Kanälen aufgezeichnet (siehe Abbildung 1). Die Platzierung der Elektroden erfolgte im Bereich des Handgelenks. Es wurden sieben verschiedene Klassen definiert, die bestimmte Bewegungen der Finger abbildeten (z. B. alle Finger öffnen/schließen, Zeige- und Mittelfinger öffnen/schließen etc.). Zum Aufzeichnen der Daten wurde eine Applikation entwickelt, die gleichzeitig auch das Labeln der Daten übernimmt. Dies geschieht, indem der Nutzer ein Kommando erhält, welche Bewegung im Folgenden aufgezeichnet werden soll. Der Anwender muss diese Bewegung anschließend durchführen. Die EMG-Signale der Bewegung werden aufgezeichnet und unter dem zugehörigen Label abgespeichert. Signalteile, die nicht zu der eigentlichen Bewegung gehören, werden direkt entfernt.

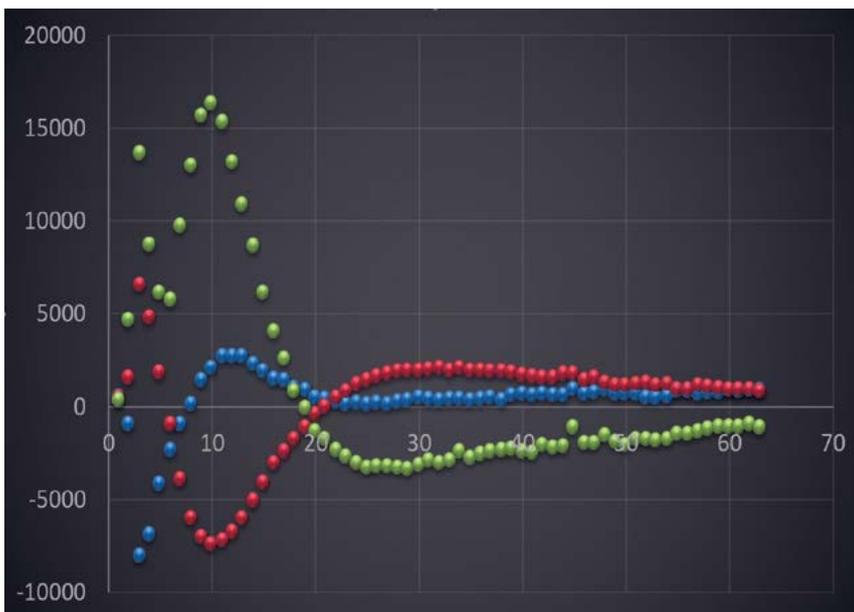


Abb. 1:
Darstellung des aufgezeichneten Zeitsignals der drei EMG-Kanäle während einer Handbewegung. In x-Richtung sind die Zeitschritte dargestellt, und in y-Richtung ist der verstärkte Wert des EMG-Signals aufgetragen.

Das intelligente System

Zur Auswertung der EMG-Signale wurde ein Neuronales Netz mit einer Long-Short-Term-Memory-Architektur (LSTM) implementiert, zu Deutsch etwa „langes Kurzzeitgedächtnis“. Diese Art von Neuronalen Netzen wurde bereits Ende des 20. Jahrhunderts von Jürgen Schmidhuber und Sepp Hochreiter entwickelt [3]. Ein LSTM ist die Erweiterung eines Recurrent-Neural-Nets (RNN), einer Subklasse von Neuronalen Netzen, die sich für die Verarbeitung von sequentiellen Signalen eignen. Berühmt geworden sind die Neuronalen Netze vor allem durch die Bildverarbeitung mit Convolutional Neural Nets (CNN), die die Bilder – wie das menschliche Gehirn auch – auf Substrukturen (Kanten, Formen, Farben etc.) hin untersuchen und die Informationen hierarchisch zusammenfügen. CNNs eignen sich gut für die Bildverarbeitung, da aus zusammenhängenden Pixelregionen Informationen selektiert werden können. Möchte man jedoch ein zeitliches Signal verarbeiten, so sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Signale der nächsten Zeitschritte noch nicht bekannt. Folglich braucht es hier eine Architektur, die Informationen auf vergangenen Zeitschritten speichert und in zukünftige Zustände mitnehmen kann. Genau dieses Verhalten ist in einem RNN implementiert. Beim RNN ist das Ausgangssignal auf den Eingang rückgekoppelt. Dadurch erhält es neben dem Eingangssignal auch jeweils das Ausgangssignal des vorherigen Zeitschritts. Es wird damit möglich, die Information eines sequentiellen Signals, das sich meist in der zeitlichen Komponente befindet, zu verarbeiten. Während RNNs bei längeren Signalen allerdings einige Schwierigkeiten haben (Vanishing Gradient Problem, große Zeitverzögerungen im Signal), versucht ein LSTM-RNN, eine Antwort auf diese Herausforderungen zu liefern. Vereinfacht gesagt hat ein RNN Schwierigkeiten damit, sich Merkmale eines längeren Signals zu merken. Liegt beispielsweise ein 100 Samples langes Signal vor, das zu Beginn und Ende einen Impuls aufweist, dazwischen aber 0 ist, so ist es einfach, sich vorzustellen, dass der erste Impuls vom RNN gespeichert wird. Die 98 Nullen zwischen dem Impuls am Anfang und dem Impuls am Ende werden den gemerkten Impuls über die Zeit hinweg jedoch „schrumpfen“ lassen, da sie ebenfalls gespeichert werden wollen. Das wird dazu führen, dass das RNN beim Erhalt des zweiten Impulses, den ersten bereits vergessen hat. Und genau dies ist ein Problem, wenn längere Signale verarbeitet werden sollen. Beim LSTM-RNN besteht die

Lösung darin, dass eine Memory-Zelle in das Netz integriert wird, in der Werte über längere Zeiträume gespeichert werden können (vgl. langes Kurzzeitgedächtnis). Über verschiedene Gates (Input-, Output- sowie Forget-Gate) kann der in der Memory-Zelle gespeicherte Wert manipuliert werden (siehe Abbildung 2). Beispielsweise regelt das Input-Gate, welche der Eingangssamples von Interesse sind und somit in der Memory-Zelle gespeichert werden sollen. Wird ein Wert in der Memory-Zelle gespeichert, so wird zwangsläufig der vorherige gespeicherte Wert verändert. Somit kommen dem Input-Gate zwei verschiedene Aufgaben zu: zum einen, den vorhandenen Wert in der Memory-Zelle zu schützen, und zum anderen, wichtige Eingangssamples in der Memory-Zelle zu speichern. Die beiden anderen Gates haben analoge Aufgaben. So regelt das Output-Gate, ob der in der Memory-Zelle gespeicherte Wert schon an den Ausgang des Neuronales Netzes weitergeleitet oder noch zurückgehalten werden soll. Die Gates sind als kleine Neuronale Netze zu betrachten, die Gewichte haben, die im Trainingsvorgang iterativ verbessert werden. Auf diese Weise kann eine möglichst optimale Übertragungsfunktion des Systems auf die sequentiellen Eingangssignale gefunden werden.

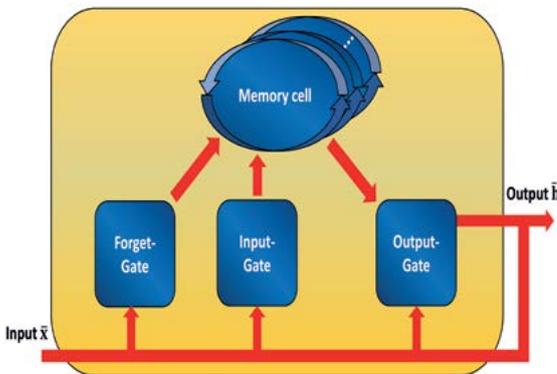


Abb. 2: Struktureller Aufbau einer LSTM-Zelle

Ergebnisse

Insgesamt wurden 600 Trainingsdatensätze aufgenommen, wobei jede der sieben unterschiedlichen Klassen etwa gleich oft vorhanden war. Diese Daten wurden anschließend in ein Trainingsdatenset und ein Validierungsdatenset im Verhältnis 4:1 aufgeteilt. Zum Trainieren des oben beschriebenen Neuronales Netzes wurde das Trainingsdatenset verwendet. Mit den Daten des Validierungsdatensets wurde

abschließend evaluiert, wie gut das trainierte System auf unbekannte Daten reagiert. Diese sogenannte Validierungsgenauigkeit ist das Maß dafür, wie gut das System im späteren Betrieb unbekannte Daten richtig klassifizieren kann. Es wurden abhängig von den Startbedingungen des Trainingsvorgangs Validierungsgenauigkeiten zwischen 85 und 95 Prozent erreicht.

Schlussbetrachtung

Es konnte gezeigt werden, dass mit Deep Learning Systeme entwickelt werden können, die selbst stark gestörte Signale, wie sie oftmals in der Medizin auftreten, auf verblüffende Weise verarbeiten. Den hohen Klassifizierungsgenauigkeiten stehen relativ geringe Entwicklungskosten gegenüber. Es sei außerdem ausdrücklich darauf hingewiesen, dass für bessere und robustere Ergebnisse ein qualitativ hochwertigeres Trainingsdatenset mit einer wesentlich größeren Anzahl an Samples verwendet werden sollte. Die vorliegende Arbeit ist in diesem Sinn als Proof of Concept zu verstehen. Auch wenn sich diese Art von Systemen durch ihre Robustheit gegenüber individuellen Signalunterschieden hervorragend für Mensch-Maschine-Systeme eignet, sind die Datengenerierung sowie die Datenaufbereitung der limitierende Faktor für eine großflächige Verbreitung beispielsweise im klinischen Alltag.

AUTOREN



Simon Hazubski M.Sc.
Akademischer Mitarbeiter, Labor für Computerassistierte Medizin sowie Labor Neuroscience
simon.hazubski@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe
Studiendekan Medizintechnik, Prodekan, Fakultät E+I, Labor für Computerassistierte Medizin
harald.hoppe@hs-offenburg.de



Prof. Dr. med. Andreas Otte
Facharzt für Nuklearmedizin, Labor Neuroscience,
andreas.otte@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] 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. Arch. Kriminol. 240: 185-192 (2017)
- [2] Otte, A: Smart neuroprosthetics becoming smarter, but not for everyone?. Eclinical-Medicine 1:11-12 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2018.08.005>
- [3] Hochreiter, S., Schmidhuber, J.: Long Short-term Memory. Neural computation (1997)
- [4] Hazubski, S. Signalverarbeitung mit Deep Learning durch Verwendung von TensorFlow unter Python. Masterarbeit, HSO (2018)

Aufbau eines mobilen Versuchsträgers für Ortungsaufgaben

Prof. Dr.-Ing. Stefan Hensel, Christoph Kehret B.Sc.

Die präzise Positionsbestimmung mobiler Systeme ist die Voraussetzung für jedwedes autonome Verhalten, sei es im industriellen Umfeld oder in der Feldrobotik. Der Beitrag evaluiert zwei Ansätze für die simultane Lokalisierung und Kartenerstellung. Verwendung finden reale Daten, die mit einem aufgebautem Versuchsträger gewonnen werden. Berücksichtigung finden die Berechnungskomplexität, benötigte Sensoren und Verwendbarkeit der geschätzten Karten in Folgeanwendungen.

The precise positioning of mobile systems is the prerequisite for any autonomous behaviour, in an industrial environment as well as for field robotics. The paper evaluates two approaches for simultaneous localization and mapping. It uses real data obtained with the help of a test vehicle. The computational complexity, required sensors and usability of the estimated maps are considered in subsequent applications.

Einleitung

Die Navigation und Ortsbestimmung in einer unbekanntem Umgebung sind seit Beginn der mobilen Robotik die fundamentale Herausforderung für den Einsatz autonomer Systeme im praktischen Einsatz. Während die ersten Ansätze militärischen Systemen und kostenintensiven Fluganwendungen vorbehalten waren, erlaubt die kontinuierliche Weiterentwicklung der Algorithmen und eingesetzten Sensorsystemen mittlerweile die Anwendung in der zivilen Nutzung. Durch den stetig steigenden Grad der Komplexität für die detaillierte Umwelterfassung, die beispielsweise im innerstädtischen autonomen Fahren benötigt wird, und die geforderte Flexibilität der Einsatzmöglichkeiten mobiler Plattformen haben sich bestimmte Sensorsysteme und deren Kombination als außerordentlich erfolgreich herausgestellt [1]. Die hohe Informationsdichte optischer Systeme und die geforderte Güte der genutzten Karten sind zudem die Mindestanforderungen an die eingesetzten Algorithmen. Die Familie der simultanen Lokalisierungs- und Kartierungsalgorithmen (SLAM) haben sich bei diesen besonders bewährt.

Im Labor für autonome mobile Systeme wurde ein mobiler Versuchsträger aufgebaut, der es erlaubt, verschiedene Sensorkombinationen und SLAM-Algorithmen zu implementieren und einer Evaluation zu unterziehen.

Systemübersicht

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die eingesetzten Sensortypen und -systeme. Der als Versuchsträger verwendete Roboter, die eingesetzte Sensorik und die durchgeführten Anpassungen werden erläutert, bevor detailliert auf die Software eingegangen wird, die sich aus der Middleware des Robot Operating Systems (ROS) und den evaluierten SLAM-Algorithmen zusammensetzt.

Hardwarekomponenten

Mobile Plattform – Clearpath Robotics Husky

Als Sensorträger kommt die mobile Roboterplattform Husky von Clearpath Robotics zum Einsatz. Es handelt sich um eine mobile Basis, die durch die Traglast von 75 kg mit einer Vielzahl von Sensoren, Rechnern und Batterien für die Energieversorgung ausgerüstet werden kann. Durch die kompakten Abmaße, den Radstand, gegebene Radhöhe sowie den Skid-Steer-Antrieb kann ein Einsatz im Innen- und Außenbereich erfolgen, was die Evaluation der Kartierung für strukturierte und natürliche Umgebungen erlaubt. Die maximale Geschwindigkeit liegt bei 1 m/s, die Laufzeit einer Batterieladung bei drei Stunden. Die Steuerung der Einheit erfolgt über einen Rechner mit x64 Architektur, der mit einer Intel Core-i5 CPU, 8 GByte RAM und dem Betriebssystem Linux Ubuntu und der Middleware ROS für die Ansteuerung des Systems ausgestattet ist.

Sensorik

Für den Einsatz in Industriegebäuden, aber auch in Minen, Wäldern oder dicht bebauten urbanen Gebieten, ist die Satellitennavigation nicht geeignet. Moderne mobile Systeme sind daher mit einer Kombination aus externen Sensoren für die Umweltwahrnehmung und internen Sensoren für die Ermittlung des aktuellen Zustands ausgestattet. Eine zur Laufzeit erstellte oder bereits vorhandene Karte wird hierbei ebenfalls als zusätzlicher Sensor interpretiert. Durch die Sensordatenfusion erfolgt letztendlich die präzise Positionsbestimmung des Systems.

Externe Sensoren

In der präzisen und ortsgenauen Vermessung von Objekten mit einer hohen Messrate haben sich zum aktuellen Zeitpunkt Laserscanner gegenüber optischen und radarbasierten Systemen durchgesetzt [2]. Die in anspruchsvollen Aufgaben eingesetzten 3D-Laserscanner werden hierbei als LiDAR (engl. Light Detection And Ranging) bezeichnet.

Im gegebenen System wird der VLP-16 der Firma Velodyne eingesetzt. Er besteht aus 16 vertikal angeordneten Lasern, die mit 10 Hz rotieren und 300 000 Laserpunkte pro Sekunde gewinnen. Der Sensor hat eine Reichweite von 100 Metern und wird vor allem aufgrund seiner kompakten Abmaße in der mobilen Robotik und dem autonomen Fahren eingesetzt [2].

Interne Sensoren

Während optische Sensorsysteme wie Laser und Kameras die Positionsbestimmung bezüglich der Umwelt erlauben, werden sogenannte inertielle Sensoren dazu genutzt, die relative Bewegung einer Plattform gegenüber einem Bezugs- oder Inertialsystem auf Basis auftretender Kräfte und Momenten zu bestimmen. Eine inertielle Messeinheit (IMU) besteht aus drei Beschleunigungssensoren, drei Drehratensensoren (Gyros) und für gewöhnlich drei Magnetfeldsensoren, die jeweils als Triaden bezeichnet orthogonal zueinander angeordnet werden und auf Basis der Massenträgheit die aktuelle Orientierung im Raum bestimmen.

Die Kombination der Einzelsensoren erlaubt die Kompensation vorhandener Drift, die durch die Integration der Drehraten und Beschleunigungen unweigerlich auftritt [3]. Die letztendliche Schätzung der Lage wird entweder mit nichtlinearer Zustandsbeobachtern, z. B. dem Extended Kalman Filter, oder sog. orthogonalen Filtern durchgeführt.

Für den Husky Roboter wurde die IMU MTi-300 von XSens gewählt. Diese besteht aus den beschriebenen Sensorriaden und schätzt die Lage mithilfe eines Kalman-Filters. Die Unsicherheit des Gierwinkels liegt unter 1° , die Nick- und Rollwinkel werden mit einer Genauigkeit von $0,2^\circ$ bestimmt. Vorteile des Systems sind die IP67-Schutzklasse und die Verfügbarkeit von Softwareschnittstellen, die eine Integration auf der Roboterplattform erleichtern und einen Einsatz im Außenbereich erlauben. Abbildung 1 zeigt den Versuchsträger, der mit den beschriebenen Sensoren ausgerüstet und entsprechend erweitert wurde.



Abb. 1: Systemaufbau, bestehend aus Plattform, Sensorik und Rechereinheit

Softwarekomponenten

ROS – Robot Operating System

Für die Implementierung der Algorithmen und Sensoren wird die Middleware ROS [4] verwendet. Unter einer Middleware versteht man eine Verteilungsplattform, die im abstrakten Sinn die Kommunikation zwischen Prozessen erlaubt und regelt. ROS bietet neben einer Vielzahl von existierenden Sensorschnittstellen native Programmbibliotheken, die die Bereiche Visualisierung, Datenaufzeichnung, Simulation und Systemüberwachung beinhalten. Selbst erstellte Module können in den Programmiersprachen C++, Python oder mit Matlab/Simulink erstellt werden.

SLAM-Verfahren

Auf Basis der vorhandenen Sensorik und den angedachten Einsatzszenarien wurden zwei SLAM-Algorithmen implementiert. Diese unterscheiden sich grundlegend darin, dass die vorhandenen Sensordaten unterschiedlich verarbeitet werden und die erstellten Karten von systematisch unterschiedlichem Typ sind.

Laser Odometry and Mapping – LOAM

Laser Odometry and Mapping ist eine echtzeitfähige Methode, um mit 3D-LiDAR-Daten die aktuelle Position zu schätzen. Die gefahrene Distanz zwischen zwei konsekutiven Laserscans wird mithilfe eines Point-Matching-Verfahrens bestimmt und die aktuelle Position aus der Integration vom Startpunkt berechnet. Der Algorithmus arbeitet zweistufig und besteht aus einer schnellen lokalen Positionsschätzung und einem langsameren Korrekturschritt, der aus den aufgezeichneten Messungen eine Punktwolke mithilfe des Blockbündelausgleichs erstellt. Die Punktwolke fungiert als Karte, die wiederum als Bezugssystem für die erneute Positionsbestimmung genutzt werden kann. Diese parallele Struktur erlaubt eine hohe Berechnungsgeschwindigkeit bei gleichzeitig hoher Präzision. Detaillierte Informationen finden sich in [5] und [6].

Das System nutzt explizit keine zusätzlichen Sensoren, sodass das Verfahren in die Klasse der Scan-Matching basierten SLAM-Methoden zu zählen ist. Für die Evaluation ausgewählt wurde es aufgrund seiner geringen Rechenlast, was die Echtzeitfähigkeit auf handelsüblichen CPUs erlaubt. Zudem sind Varianten des Algorithmus auf den vordersten Rängen neutraler Leistungsbenchmarks, z.B. der KITTI-Datenbank [7], zu finden.

Cartographer SLAM

Methoden der simultanen Lokalisierung und Kartierung haben eine lange Historie in der Robotik [1] und können grob in zwei relevante Klassen eingeteilt werden: Probabilistische Verfahren, basierend auf Zustandsschätzern (Extended Kalman Filter SLAM), und Verfahren, die einen Graphen aus den vorhandenen Posen (Position und Orientierung) und den Sensorbeobachtungen der Umgebung erstellen und diesen optimieren (engl. Pose Graph SLAM). Bei Cartographer SLAM handelt es sich um ein Pose Graph SLAM-Verfahren, basierend auf einer Kombination aus LiDAR- und Inertialsensoren [8]. Die Radodometrie kann ebenfalls integriert werden, ist aufgrund der vom Husky verwendeten Skid-Steer-Lenkung allerdings zu ungenau. Cartographer SLAM kann sowohl 3D-Daten als auch 2D-Daten verarbeiten. Bei Letzterem werden einzelne LiDAR-Strahlen verwendet und direkt eine zweidimensionale Wahrscheinlichkeitsrasterkarte ausgegeben, die 3D-Daten werden durch einen Projektionsschritt in die Ebene gewandelt. Eine Erweiterung zu den klassischen SLAM-Verfahren ist die Unterteilung in einen lokalen echtzeitfähigen SLAM-Prozess, der mit einer

globalen Optimierungsstufe verknüpft wird. Die globale Optimierung beruht auf einem Blockbündelausgleichsverfahren, das aktiviert wird, sobald der Roboter wieder an einer bereits passierten Stelle ankommt. Diese Optimierung von dünn besetzten Matrizen wird als Loop-Closing bezeichnet und beruht auf photogrammetrischen Algorithmen. Sie korrigiert die Ausrichtung der Ursprungspunkte der lokalen Karten, was sich über diese wiederum auf die geschätzte Position des Roboters auswirkt.

Systemarchitektur

Die beschriebenen und in Abbildung 1 gezeigten Systemkomponenten sind über eine verteilte Rechnerarchitektur verbunden. Die Kommunikation der einzelnen Komponenten erfolgt über ROS. Der Steuerrechner des Huskys nimmt die Controllerdaten entgegen und gibt diese über einen Regler an die Aktoren des Roboters weiter. Ein zusätzlicher passiv-PC nimmt die Sensordaten synchronisiert auf und berechnet die Position und Karte mit den SLAM-Algorithmen. Die Bewegung des Roboters erfolgt manuell mit einem Controller, sodass keine autonome Exploration benötigt, sondern ausschließlich die Kartierung und Lokalisierung evaluiert wird.

Für die Evaluation der Algorithmen erfolgt mit ROS die Aufzeichnung aller Stellbefehle und Sensordaten während der Fahrt. Anschließend wird mit dem jeweiligen SLAM-Algorithmus die Fahrt offline simuliert und die Position und Karte, basierend auf denselben Sensordaten, berechnet, was den bewertenden Vergleich der Methoden ermöglicht.

Experimentelle Ergebnisse

Die Evaluation der Verfahren erfolgte auf qualitativer sowie quantitativer Weise. Einen qualitativen Unterschied liefert zunächst die Art der erzeugten Karten. Während LOAM eine dreidimensionale Punktwolke ausgibt, erzeugt Cartographer SLAM eine zweidimensionale Rasterkarte, die, basierend auf bedingten Wahrscheinlichkeiten freie Räume, Hindernisse und unbekanntes Gebiet zeigt. Beide Karten sind durch Menschen gut interpretierbar. Die Punktwolke wirkt hierbei ästhetisch anspruchsvoller, allerdings kann die Rasterkarte direkt für eine anschließende Navigation und Pfadplanung des Roboters verwendet werden. Als weitere Kriterien wurden die Rechenkomplexität, die Robustheit bzgl. Umgebungseinflüssen und fehlerhaften Messungen sowie die benötigte bzw. genutzte Sen-

Eigenschaften	LOAM 3D-SLAM	Cartographer 2D-SLAM	Cartographer 3D-SLAM
Kartentyp	3D-Punktwolke	2D-Rasterkarte	2D-Rasterkarte
Hardwareanforderung	gering	hoch	sehr hoch
Robustheit	sehr hoch	sehr hoch	hoch
Verwendete Sensorik	LiDAR	LiDAR und IMU	LiDAR
Direkte Navigation in Karte	Nein	ja	ja

Tab. 1:
Qualitative Bewertung
der SLAM-Algorithmen

sorik beurteilt. Eine Zusammenfassung findet sich für die verschiedenen Ansätze in Tabelle 1 (oben). Für die quantitative Auswertung steht kein Referenzmesssystem zur Verfügung, so dass als Gütekriterium die Differenz zwischen einem bekannten Start- und Endpunkt der Fahrt ausgewählt wurde.

Es wurden zunächst typische Szenarien für die Anwendung mobiler Robotersysteme gewählt: Die Fahrt innerhalb des Hochschulgebäudes spiegelt den Einsatz in Bürogebäuden oder Unterstützung in Krankenhäusern wider und weist eine Vielzahl repetitiver Merkmale auf. Die Hochschullabore für Werkzeugmaschinen und Automatisierung können repräsentativ für ein Industrie 4.0 Szenario herangezogen werden. Zu guter Letzt erfolgte eine Fahrt im Außenbereich, die nur wenige Landmarken für 2D-Systeme bietet und den Einsatz in unstrukturierter Umgebung der Feldrobotik simuliert. In jedem Szenario wurden Fahrten mit unterschiedlicher Länge durchgeführt. Zudem erfolgte vereinzelt die Rückkehr oder mehrmalige Passage gleicher Ortspunkte. Diese Fahrten werden zusätzlich mit loop bezeichnet, da Cartographer SLAM ein Loop-Closing nutzen kann, nicht aber das LOAM-Verfahren. Die quantitativen Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. Es ist jeweils die relative Abweichung von Start- und Endpunkt in X- und Y-Richtung der Karte angegeben.

Exemplarische experimentelle Ergebnisse

Als Beispiele sind in Abbildung 2 das industrielle und Außenszenario dargestellt. Es ist jeweils ein Beispielvideobild, die erstellte LOAM-Punktwolkenkarte und die in Cartographer-2D erstellte Rasterkarte gezeigt. Hier zeigen die Ergebnisse, dass das Cartographer SLAM dem LOAM-Verfahren in puncto Genauigkeit knapp überlegen ist. Der Vorteil des LOAM-Verfahrens zeigt sich dagegen in der hohen Bearbeitungsgeschwindigkeit und der Möglichkeit, auf einfache Weise eine relative Lokalisierung zu erhalten. In unstrukturierten Gebieten mit wenigen Landmarken können sich die 3D-Verfahren gegenüber 2D-Verfahren durchsetzen.

Der systematisch größte Vorteil von Cartographer SLAM besteht in der Erstellung der Rasterkarte, die als direkter Eingang für die spätere Roboternavigation dient und bei der dadurch auf etablierte Verfahren zurückgegriffen werden kann. Die 3D-Punktwolke des LOAM-Verfahrens ist dagegen eine visuell ansprechende Darstellung des befahrenen Gebietes, die allerdings für eine spätere Lokalisierung speicherintensiv gesichert werden muss. Die Navigation ist durch fehlende Indikatoren, wie befahrbare Gelände für fahrende Systeme, ebenfalls erschwert, als Hinderniserkennung für fliegende Roboter, wie beispielsweise Drohnen, aber ausreichend.

Tab. 2:
Quantitative Auswertung
des SLAM-Verfahrens

Szenario	Weglänge [m]	LOAM 3D-SLAM		Cartographer 2D-SLAM		Cartographer 3D	
		Fehler [%]	FehlerY[%]	Fehler X [%]	FehlerY[%]	Fehler X [%]	FehlerY[%]
Innenbereich kurz	61	0,08	0,43	0,03	0,02	0,54	0,13
Innenbereich lang	475	0,18	0,24	0,48	0,18	0,23	0,14
Innenbereich lang loop	500	0,07	0,27	0,41	0,06	0,15	0,2
Industriell kurz loop	50	1,22	0,14	0,6	0,04	0,24	0,01
Industriell mittel loop 2x	115	0,24	0,04	0,18	0,02	0,01	0,16
Außen kurz	75	0,31	0,11	0,64	0,65	0,11	0,21

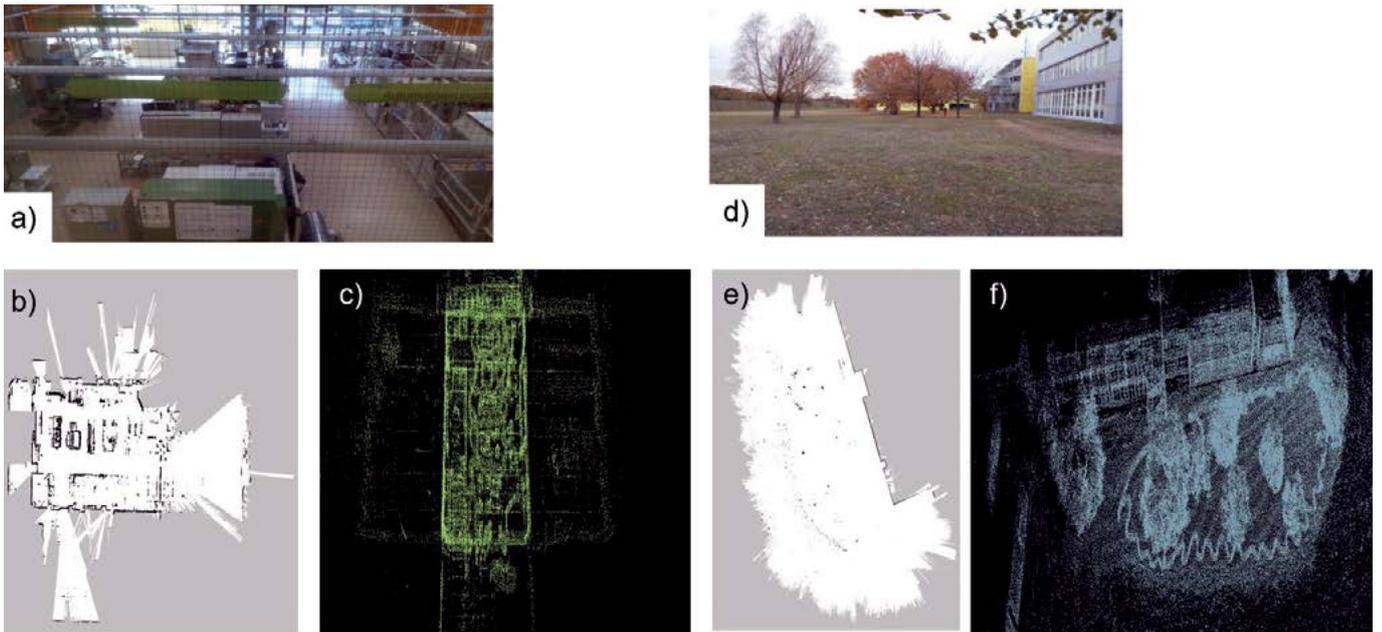


Abb. 2:

Exemplarisches Ergebnis der Auswertung des Industrie 4.0 Szenarios mit: a) Videobild, b) Cartographer 2D- Karte und c) LOAM 3D-Punkt-wolkenkarte. Die Bilder d), e) und f) zeigen Entsprechendes für das Außenszenario.

Ausblick

In dem vorliegenden Aufsatz konnte ein System für die Implementierung und Evaluati-on komplexer Lokalisierungs- und Kartierun-gsverfahren vorgestellt werden. Die betrachteten Verfahren eignen sich grundlegend für eine ro-buste Lokalisierung in fordernden Szenarien, wie Logistikanwendungen in der Industrie 4.0, Erkundung und Überwachung in der Feldro-botik oder Anwendungen der Servicerobotik. Globale SLAM-Ansätze mit Optimierung durch Loop-Closing zeigen sich in der Anwendung systemisch leicht überlegen, weil eine globa-le Optimierung erfolgt und alle Informationen einer Vielzahl an Sensoren beliebig kombiniert und genutzt werden können.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Stefan Hensel
Mess- und Sensortechnik, Institut für
Machine Learning and Analytics
stefan.hensel@hs-offenburg.de



Christoph Kehret B.Sc
Masterstudiengang Elektrotechnik und
Informationstechnik
ckehret@stud.hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] AC. Cadena, L. Carlone, H. Carrillo, Y. Latif, D. Scaramuzza, J. Neira, I. Reid und J. Leonard, „Past, Present, and Future of Simultaneous Localization And Mapping: Towards the Robust-Perception Age,“ *IEEE Transactions on Robotics*, pp. 1309 – 1332, Dec. 2016
- [2] Andreas Nüchter, *3D Robotic Mapping - The Simultaneous Localization and Mapping Problem with Six Degrees of Freedom*, Berlin, Heidelberg: Springer Science & Business Media, 2009
- [3] J. Wendel, *Integrierte Navigationssysteme: Sensordatenfusion, GPS und Inertiale Navigation*, 2009
- [4] M. Quigley, B. Gerkey und A. Ng, „ROS : an open-source Robot

Operating System,“ 2009

- [5] J. Zhang und S. Singh, „LOAM: Lidar Odometry and Mapping in Real-time,“ *Robotics Science and Systems*, 2014
- [6] J. Zhang u. S. Singh, „Low-drift and real-time lidar odometry and mapping,“ *Journal on Autonomous Robots*, 2017
- [7] A. Geiger, P. Lenz und R. Urtasun, „Are we ready for autonomous driving? The kitti vision benchmark suite,“ in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2011
- [8] W. Hess, D. Kohler, H. Rapp und D. Andor, „Real-Time Loop Closure in 2D LIDAR SLAM,“ in *Robotics and Automation (ICRA)*, 2016

Simulation der Katheterablation supraventrikulärer Tachykardien

Karl Ehret B.Sc., Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Johannes Hörth M.Sc.

Die Katheterablation mit Hochfrequenzstrom (HF) ist der Goldstandard für die Therapie vieler kardialer Tachyarrhythmien. Bei der HF-Ablation entstehen Temperaturen zwischen 50 °C und 70 °C, wodurch bestimmte Strukturen im Herzgewebe gezielt zerstört werden können. Ziel der Studie ist, die HF-Ablation und deren Wärmeausbreitung in Bezug auf die zugeführte Leistung mit unterschiedlichem Elektrodenmaterial und Elektrodengröße bei supraventrikulären Tachykardien zu simulieren.

The high frequency current (HF) catheter ablation is the gold standard for the ablation therapy of many cardiac tachyarrhythmias. The HF ablation destroys specific structures of the myocardium because of the heat development, which is induced by the applied high-frequency current. The aim of the study is to simulate the HF ablation of supraventricular tachycardia and its heat propagation in reference to the supplied power with different electrode material and electrode size.

Einleitung

Die Katheterablation mit Hochfrequenzstrom (HF) ist der Goldstandard für die Therapie vieler kardialer Tachyarrhythmien, wie z.B. AV-Knoten-Reentry Tachykardie (AVNRT), AV-Reentry Tachykardie (AVRT) oder Vorhofflattern (AFL). Die HF-Ablation zerstört bestimmte Strukturen des Myokards durch die Wärmeentwicklung, die durch den angelegten Hochfrequenzstrom [1] induziert wird. Die Simulation von Ablationsverfahren zeigt die Wärmeausbreitung in Abhängigkeit von der angelegten Leistung und damit die Tiefe und Breite der Läsionen. Ziel der Studie war es, die HF-Ablation von AVNRT, AVRT, AFL und deren Wärmeausbreitung in Bezug auf die zugeführte Leistung mit unterschiedlichem Elektrodenmaterial und Elektrodengröße zu simulieren.

Methoden

Die Modellierung und Simulation wurden mit der thermischen und elektromagnetischen Simulationssoftware CST® (CST Darmstadt) durchgeführt. Sie erfolgte mit Ablationskathetern mit 4 mm und 8 mm Spitzenelektroden aus verschiedenen Materialien. Beide Elektrodentypen wurden aus Platin bzw. Gold gefertigt. Die Katheter wurden auf der Grundlage der technischen Handbücher der Hersteller Medtronic, Biotronik und Osypka modelliert. Für die Messung der Wärmeausbreitung im Herzgewebe erfolgte die Integration der Elektrodenkatheter in das Offenburger Herzrhythmusmodell (siehe Abb.1) [2].

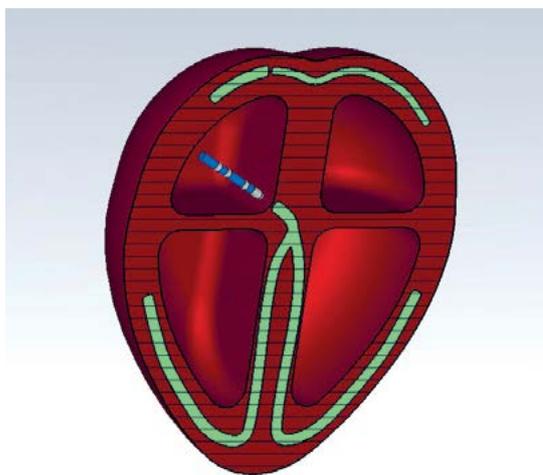


Abb. 1:
Offenburger Herzrhythmusmodell mit integriertem HF-Ablationskatheter im rechten Vorhof in der Nähe des AV-Knotens (Biotronik AICath Fullcircle Platin)

Die roten Komponenten des Offenburger Herzrhythmusmodells repräsentieren das Myokard, und die grünen Strukturen entsprechen dem Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem des Herzens. Auch der Blutfluss in den Herzkammern, in Bezug auf die Konvektionskühlung, wird in diesem virtuellen Herzrhythmusmodell berücksichtigt.

Die HF-Ablation erfolgte mit einer Ausgangsleistung im Bereich von 5–40 Watt für die 4 mm Spitzenelektroden und 50–80 Watt für die 8 mm Spitzenelektroden.

Referenzen/References:

- [1] Schmitt C, Deisenhofer I, Zrenner B. Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias. A Practical Approach. Darmstadt: Steinkopff Verlag, 2006
- [2] Schalk M. Rhythmologisches Herzmodell und Simulation mit CST. Offenburg, 2016
- [3] Krämer M, Heinke M, Echle R, Hörth J. Simulation of Electrical Fields in Cardiac Resynchronization Therapy and Temperature Spread in HF Ablation. HSO, 2017
- [4] Giedrimas E, Goldberger JJ. Catheter ablation for supraventricular tachycardia: contemporary issues. Future Cardiology, Vol. 9 No. 4, 2013

Ergebnisse

Optimierung der Ablationstemperatur

Die Ablationstemperatur von 40 °C sollte das Resultat einer Leistungsabgabe von 5 Watt sein. Dies war der Referenzwert, um die Wärmeentwicklung den Temperaturwerten der realen Katheterablation anzunähern. Nachdem spezielle Einstellungen für die thermale Simulation gefunden wurden, ergaben sich Temperaturen zwischen 40 und 66 °C, siehe Tabelle 1.

5 Watt	10 Watt	20 Watt	30 Watt	40 Watt
40.67 °C	44.34 °C	51.76 °C	59 °C	66.33 °C

In Abbildung 2 sind die Temperaturen in verschiedenen Gewebstiefen von 0,5–4,0 mm bei einer Abgabe von 40 Watt über 45 Sekunden zu erkennen.

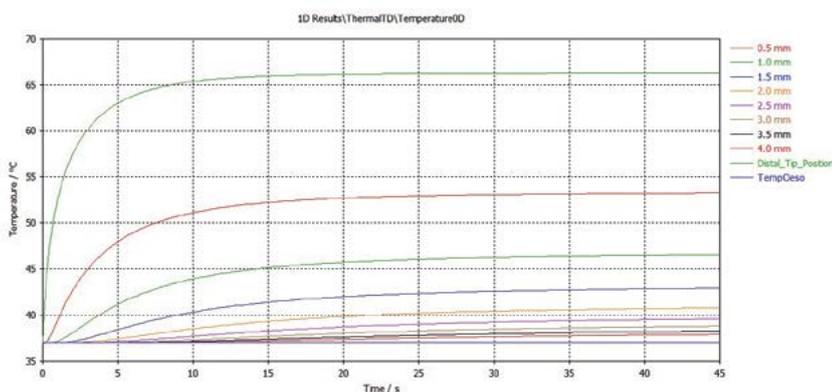
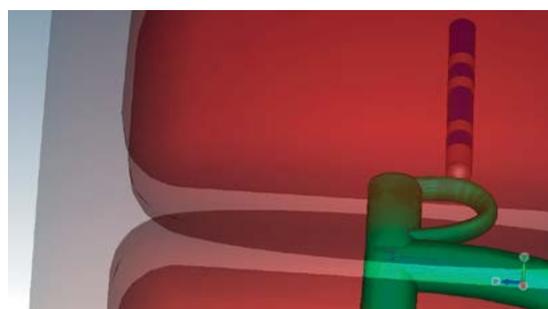


Abb. 2:
Temperaturprofil für 40 Watt Ausgangsleistung und Applikationsdauer von 45 Sekunden

Simulation der Ablationsverfahren

Drei supraventrikuläre HF-Ablationsverfahren wurden simuliert: die Ablation der langsamen Bahn des AV-Knotens bei AVNRT, die Ablation des Kentbündels bei AVRT und Ablation des Isthmus des rechten Vorhofs bei AFL. Für die Ablation der langsamen Bahn des AV-Knotens bei AVNRT wurde die langsam leitende Bahn des AV-Knotens im Offenburger Herzrhythmusmodell modelliert (siehe Abb. 3). Die HF-Ablation der langsamen Bahn des AV-Knotens mit einer 4-mm-Platinelektrode ergab eine maximale Temperatur von 66,33 °C. Die Wärmeausbreitung und die Tiefe der Läsion sind in Abbildung 4 dargestellt.

Abb. 3 (li.):
Simulation einer HF-Ablation der langsamen Bahn des AV-Knotens im Offenburger Herzrhythmusmodell
Abb. 4 (re.):
Wärmeausbreitung der HF-Ablation der langsamen Bahn des AV-Knotens im Herzgewebe des AV-Knotens



Vergleich der Spitzenelektroden

Eine 8-mm-Platinspitzenelektrode wurde mit einer 8-mm-Goldspitzenelektrode verglichen. Die 8 mm distale Platinspitzenelektrode erreichte mit einer Ausgangsleistung von 60 Watt eine Temperatur von 72,85 °C. Bedingt durch die verbesserte Wärmeleitfähigkeit von Gold ergab die distale 8-mm-Goldspitzenelektrode mit einer Ausgangsleistung von 60 Watt eine Temperatur von 64,66 °C (siehe Abb. 5). Die 8-mm-Spitzenelektrode ermöglicht im Vergleich zur 4-mm-Spitzenelektrode die Erzeugung erhöhter Ablationsleistungen, ohne die Temperaturgrenze von 70 °C zu überschreiten.

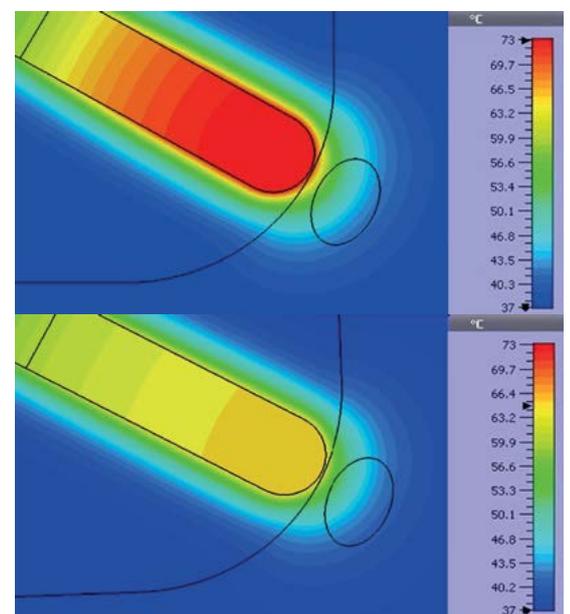
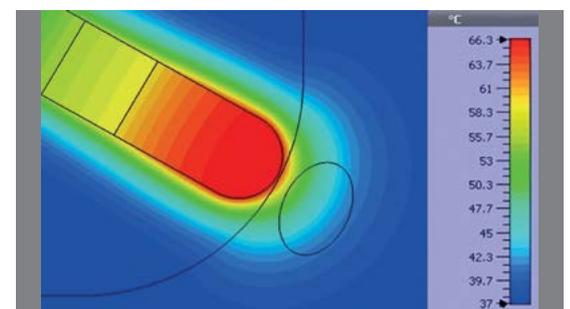


Abb. 5:
Temperaturentwicklung der 8-mm-Platinelektrode (oben) im Vgl. zur 8-mm-Goldelektrode (unten)

Schlussfolgerungen

Virtuelle Herzrhythmus- und Ablations-elektrodenmodelle ermöglichen die statische und dynamische Simulation der HF-Ablation mit unterschiedlichen Elektrodenmaterialien und Elektrodengrößen. Die 3D-Simulation des Temperaturprofils kann zur Optimierung der HF-Ablationen von AV-Reentry-Tachykardien, AV-Knoten-Reentry-Tachykardien und Vorhofflattern genutzt werden.



Kryoablation von Vorhofflimmern

Robin Müssig B.Sc., Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Johannes Hörth M.Sc.

Die Pulmonalvenenisolation (PVI) mithilfe von Kryoballonkathetern ist eine anerkannte Methode zur Behandlung von Vorhofflimmern (AF). Diese Methode bietet eine kürzere Behandlungsdauer als die klassische Therapie durch die Hochfrequenz- (HF) Ablation. Ziel dieser Studie war es, verschiedene Kryoballonkatheter, HF-Ablationskatheter und Ösophaguskatheter in ein Herzrhythmusmodell zu integrieren und mit statischer und dynamischer Simulation elektrische und thermische Felder bei PVI unter Vorhofflimmern zu untersuchen.

Pulmonary vein isolation (PVI) using cryoballoon catheters are a recognized method for the treatment of atrial fibrillation (AF). This method offers shorter treatment duration in contrast to the classical therapy with high-frequency (HF) ablation. The aim of this study was to integrate different cryoballoon catheters and a HF catheter into a heart rhythm model and to compare them by means of static and dynamic electromagnetic and thermal simulation in use under AF.

Einleitung

Die in diesem Forschungsbericht vorgestellten Methoden und Forschungsergebnisse zur Simulation einer Pulmonalvenenisolation durch die Kryoablation wurden in einem Poster und Publikation auf der BMT 2018 Annual Meeting of the German Society of Biomedical Engineering and Joint Conference in Medical Physics, 26.–28. September 2018, in Aachen vorgestellt und sind Bestandteil dieses Forschungsberichts [1].

Die Entwicklung neuer Ablationskatheter oder deren Weiterentwicklung bedeuten für ein Unternehmen hohe Kosten. Hinzu kommt die Zeit, die benötigt wird, um die Prototypen zu produzieren und in einer realen Umgebung zu testen. Mit der Möglichkeit der virtuellen Simulation können geeignete Materialien oder die Zusammensetzung des Produkts oder spezielle Simulationen im Vorfeld des eigentlichen Prototypenbaus durchgeführt werden. Dadurch werden nicht nur Kosten, sondern auch Zeit gespart [2]. Die Pulmonalvenenisolation (PVI) ist heute eine der häufigsten Behandlungsmethoden für Vorhofflimmern (AF). Die konventionelle PVI durch Hochfrequenz- (HF) Energie ist viel komplexer, da die Läsionen hier Punkt für Punkt um die Lungenvene gelegt werden müssen. Hier besteht die Gefahr, dass eine Lücke zwischen zwei Läsionen entsteht, wodurch die unerwünschte Ausbreitung der Erregung aus der Lungenvene (PV) in die linken Vorhöfe nicht verhindert wird. Dies spiegelt sich in der Vorgehensweise wider. In der Studie „Fire and Ice“ vergleicht Medtronic

die durchschnittliche Dauer einer PVI durch Kryoablation mit dem PVI durch HF-Ablation. Sowohl die Verweildauer im linken Atrium als auch die Verarbeitungszeit sind bei einer Ablation mit dem Kryoballonkatheter deutlich kürzer [3]. Die Simulation der Kryoablation von Vorhofflimmern ermöglicht die personalisierte Vorbereitung einer Katheterablation von Vorhofflimmern.

Methoden

Die Modellierung und Simulation erfolgte mit der elektromagnetischen und thermischen Simulationssoftware CST (CST Darmstadt). Zwei Kryoballons und einen HF-Ablationskatheter wurden auf der Grundlage der technischen Handbücher von den Herstellern Medtronic und Osypka erstellt. Der 23-mm-Kryoballon Ablationskatheter und ein kreisförmiger Mappingkatheter wurden in das Offenburger Herzrhythmusmodell im Speziellen der Left Inferior Pulmonary Vein (LIPV) für die Simulation der thermischen Feldausbreitung bei einer PVI integriert. Die Simulation einer PVI mit HF-Energie wurde auch durchgeführt. Der HF-Katheter und der Kryoablationskatheter wurden in der Nähe der Pulmonalvene platziert.

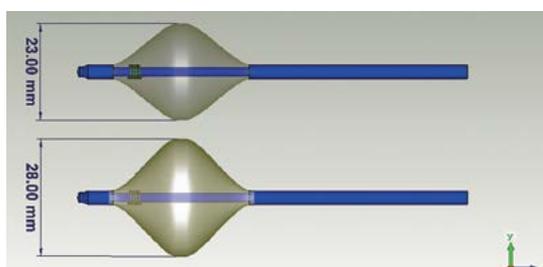


Abb. 1:
Kryoballonkatheter
mit 23 mm und 28 mm
Ballondurchmesser

Ergebnisse

Die PVI, insbesondere die Isolierung der linken unteren Lungenvene mit einem Kryoballoonkatheter, wurde mit einer Wärmequelle von -50 °C und einem Exponentialsignal durchgeführt.

Die verwendete Temperatur ist die Durchschnittstemperatur der PV während einer PVI, die in einer Studie von Metzner et al. [4] gezeigt wurde. Die Verteilung der Temperatur wurde an sieben Punkten gemessen. Die Temperatur an der Ballonoberfläche betrug -50 °C nach 5 s Ablationszeit, -17 °C von der Ballonoberfläche 0,5 mm in das Myokard, in einem Abstand von $1\text{--}10\text{ °C}$, bei 2 mm 32 °C und in einem Abstand von 3 mm 36 °C . Die Speiseröhre hielt während des Eingriffs ihre Temperatur von 37 °C . Nach 10 s waren die Temperaturen an den oben beschriebenen Messstellen -50 °C , -21 °C , 2 °C , 25 °C und 33 °C . Nach 20 Sekunden -50 °C , -24 °C , -3 °C , 18 °C und 29 °C .

Abbildung 3–6 zeigen die Temperaturverteilung im Gewebe nach 0,5 s, 7 s, 15 s und das Temperaturprofil über die gesamte Ablationszeit von 180 s. Die Temperaturkurven sind in Abbildung 2 dargestellt.

Eine PVI mit HF-Energie wurde mit einer angelegten Leistung von 5 W bei 420 kHz an der distalen 8-mm-Ablationselektrode simuliert. Die Temperatur an der Spitzenelektrode betrug 83 °C nach 2 s Ablationszeit, 53 °C von Spitzenelektrode 0,5 mm in das Myokard bei einem Abstand von 1 mm 43 °C , bei 2 mm 37 °C und bei einem Abstand von 3 mm 37 °C . Nach 5 s waren die Temperaturen an den oben beschriebenen Messstellen 101 °C , 65 °C , 50 °C , 39 °C und 37 °C . Nach 15 Sekunden 110 °C , 75 °C , 58 °C , 45 °C und 38 °C .

Abbildung 8–10 zeigt die Temperaturverteilung im Gewebe nach 1 s, 5 s, 15 s und das Temperaturprofil über die gesamte Ablationszeit von 15 s (siehe Abb. 7).

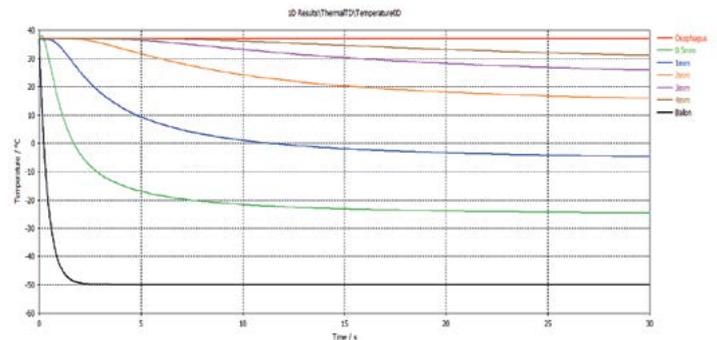


Abb. 2: Temperaturverlauf bei Kryoablation

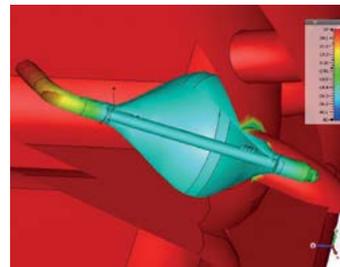


Abb. 3: Kryoablation nach 5 s

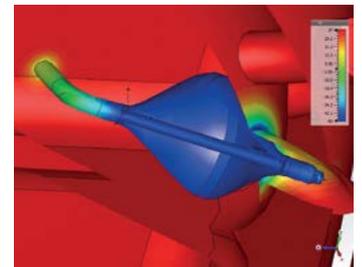


Abb. 4: Kryoablation nach 7 s

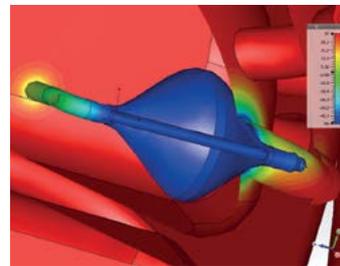


Abb. 5: Kryoablation nach 15 s

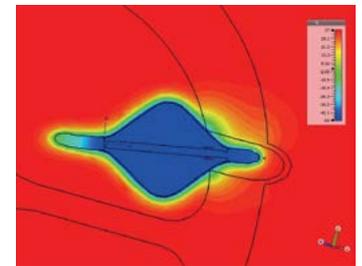
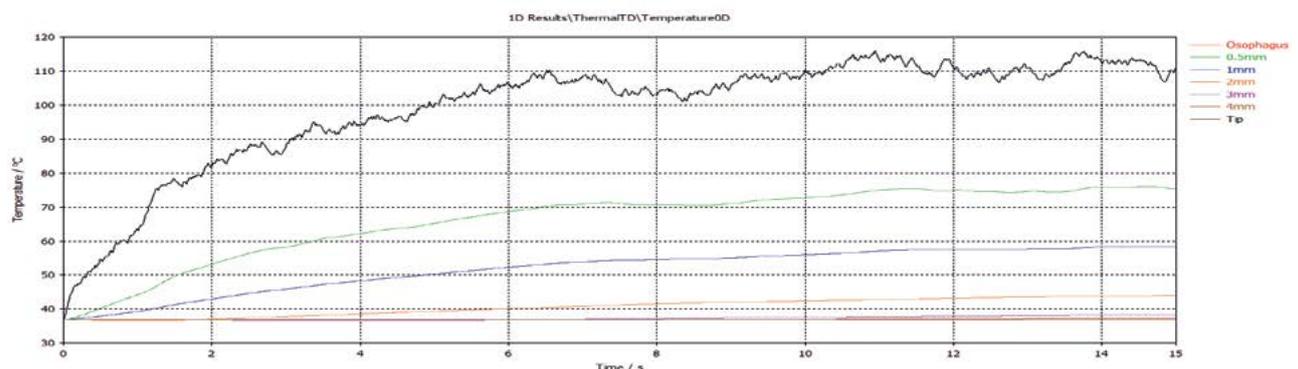


Abb. 6: Kryoablation nach 180 s

Abb. 7: Temperaturverlauf bei Hochfrequenzablation



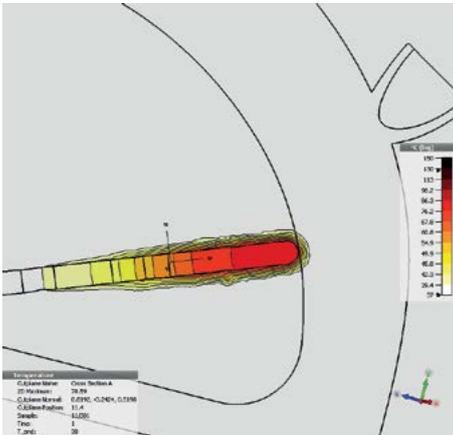


Abb. 8: Hochfrequenzablation nach 0,5 s

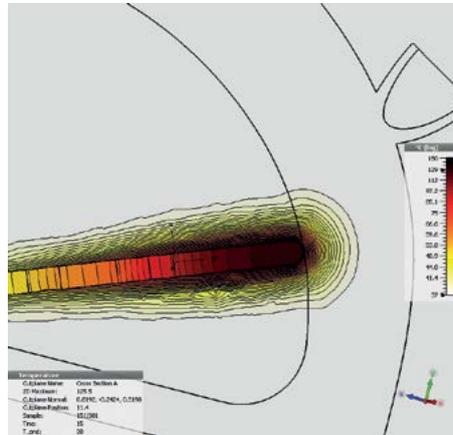


Abb. 9: Hochfrequenzablation nach 5 s

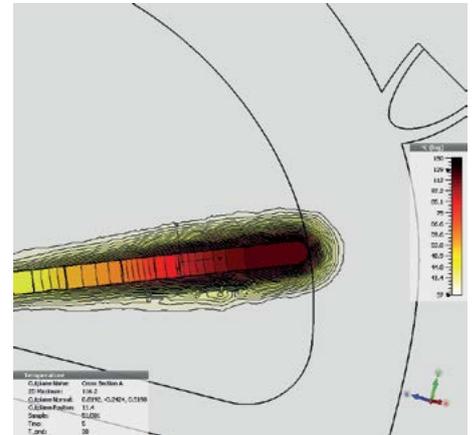


Abb. 10: Hochfrequenzablation nach 15 s

Schlussfolgerungen

Kryoballokatheter- und Herzrhythmusmodelle sowie die Simulation von Temperaturprofilen ermöglichen die statische und dynamische Simulation von PVI durch HF-Ablation sowie Kryoballoonablation. Während einer HF-Ablation unter realen Bedingungen steuert ein Thermistor oder Thermo-Couple in der Katheterspitze die Leistung automatisch, wenn eine Temperatur von 40 bis 55 °C an der Katheterspitze registriert wird, um eine Verkohlung von Blut und Gewebe zu vermeiden.

Die CST-Software bietet weitere Voxelmodelle, die für Simulationen verwendet werden können, zum Beispiel das VHP Female 3.0 oder HUGO. Beide werden auf der Grundlage des Visible Human Project erstellt. Aufgrund der anatomischen Strukturen und Herzrhythmusleitungssysteme wurde für diese Studie das Offenburger Herzrhythmusmodell bevorzugt. Da es mit der Simulationssoftware CST möglich ist, CAD-Dateien aus einer anderen CAD-Software zu importieren, ist es denkbar, in der personalisierten Herzrhythmustherapie aus MRT- bzw. CT-Daten eines Herzens ein Modell zu erstellen und dort vorab eine günstige Position für eine Ablation oder auch Stimulation bei kardialer Resynchronisationstherapie zu finden. Die Simulation der Kryoablation bei Vorhofflimmern kann möglicherweise nicht nur die Behandlungszeit verkürzen, sondern auch die Strahlenexposition von Patienten und Personal im Herzkatheterlabor minimieren.

Autoren der Artikel „Simulation der Katheterablation supraventrikulärer Tachykardien“ und „Kryoablation von Vorhofflimmern“ (S. 14–18):

AUTOREN



Karl Ehret B.Sc.
Absolvent Medizintechnik Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik (E+I),
kehret@stud.hs-offenburg.de



Robin Müssig B.Sc.
Absolvent Medizintechnik Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik (E+I),
rmuessig@stud.hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke
Praktikantenamtsleiter Medizintechnik und Wissenschaftl. 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

Referenzen/References:

- [1] Müssig R, Heinke M, Hörth J: Cryoballoon model and simulation of catheter ablation for pulmonary vein isolation in atrial fibrillation. Abstracts – BMT 2018 – Aachen, 26.-28.9. • DOI 10.1515/dbme-2018-0113
- [2] M. Krämer, „CRT-Elektroden-Modellierung und Simulation mittels CST,“ HS Offenburg, Offenburg, 2016
- [3] Medtronic FIRE AND ICE: AF Ablation Clinical Trial: Establishing a New Gold Standard in AF Ablation, [Online]. Available: www.medtronic.com. [Zugriff am 5.10.2017]
- [4] Metzner et al., „Increased Incidence of Esophageal Thermal Lesions Using the Second-Generation 28-mm Cryoballoon,“ 08.2013

Echtzeitanalyse globaler SATNAV-Systeme

Prof. Dr. -Ing. Tobias Felhauer, Christoph Kern, Ludwig Erhardt B.Eng.

Aktuell sind vier globale SATNAV-Systeme voll operationell bzw. befinden sich noch im Aufbau. In diesem Beitrag wird über ein Projekt berichtet, in dem eine Monitorstation im Labor Telekommunikationstechnik der Hochschule Offenburg aufgebaut wurde, mit der eine Echtzeitanalyse der Signale der globalen SATNAV-Systeme GPS, GLONASS, Galileo und BeiDou möglich ist. Umfangreiche Auswertungssoftware ermöglicht die Bewertung unterschiedlicher Satellitenkonstellationen, die statistische Auswertung der Positionsgenauigkeit und globale Sichtbarkeitsanalysen.

Actually four global satellite navigation systems are full operational or at least under construction. This contribution reports about a Monitoring Station implemented in the Lab Telecommunications which allows to receive and analyze the signals in real time from all four global satellite navigation systems GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou. Extensive MATLAB evaluation tools have been developed which allow to evaluate different satellite constellations, the statistical analysis of positioning data as well as comprehensive global visibility studies.

Die Satellitennavigation (SATNAV) begegnet uns in immer mehr Anwendungen des täglichen Lebens. Globale Satellitennavigationssysteme stellen überall auf der Erde mit einem Netzwerk von Navigationssatelliten Navigationssignale zur Verfügung, die mit einem entsprechenden SATNAV-Empfänger auf der Erde oder in der Luft eine hochgenaue Positionsbestimmung und Navigation ermöglichen. Diese globalen SATNAV-Systeme werden unter dem Begriff GNSS (Global Navigation Satellite Systems) zusammengefasst und umfassen aktuell folgende vier Systeme:

- NAVSTAR-GPS (Navigation System for Timing and Ranging – Global Positioning System) der Vereinigten Staaten von Amerika
- GLONASS (Global Navigation Satellite System) der russischen Föderation
- Galileo der Europäischen Union
- BeiDou der Volksrepublik China

NAVSTAR-GPS ist bereits seit April 1995 voll operationell (FOC: full operational capability) und ist zweifellos das zurzeit am meisten genutzte GNSS. Das russische GLONASS hat zwar 1996 bereits ebenfalls den FOC-Status kurzzeitig erreicht, ihn aber aufgrund zahlreicher Satellitenausfälle schnell wieder verloren. Seit Ende 2011 ist GLONASS jedoch wieder voll operationell. Die beiden Systeme Galileo und BeiDou befinden sich zurzeit noch im Aufbau – der FOC-Status soll jeweils um 2020 erreicht werden. Ergänzt werden diese

vier globalen SATNAV-Systeme durch vier Ergänzungssysteme (SBAS: Satellite Based Augmentation Systems) in Europa (EGNOS), den USA (WAAS), Japan (MSAS) und Indien (GAGAN). Diese SBAS-Systeme erlauben keine autonome Navigation, sondern unterstützen lediglich regional die Navigation auf Basis der globalen SATNAV-Systeme, indem sie meist über geostationäre Satelliten Zusatzinformationen senden, um die Zuverlässigkeit (integrity), Genauigkeit (accuracy) und Verfügbarkeit (availability) der Positionsbestimmung zu erhöhen.

Die Systemarchitektur aller zuvor genannten globalen SATNAV-Systeme kann in die drei Segmente Spacesegment, Kontrollsegment und Nutzersegment separiert werden. Das Spacesegment umfasst die Navigationssatelliten, die die Erde auf größtenteils MEO (medium earth orbit) – Bahnen umkreisen und Navigationssignale zur Erde senden. Dem Kontrollsegment gehören die Hauptkontrollstation (Master Control Station) sowie weltweit verteilte Monitor- und Uplink-Stationen des Systembetreibers an, die der Systemüberwachung und der Berechnung der operationellen Bahndaten dienen. Das Nutzersegment schließlich umfasst alle Navigationsempfänger auf oder nahe der Erde, die die Navigationssignale empfangen und zum Zwecke der Positionsbestimmung, Navigation oder der Zeitsynchronisation (Time transfer) nutzen.

In Tabelle 1 sind wichtige Kenngrößen und Informationen zu den Space- und Kontrollsegmenten aller vier globalen SATNAV-Systeme zusammengefasst.

Was alle globalen SATNAV-Systeme gemeinsam haben, ist das angewandte Navigationsprinzip. Dieses beruht darauf, dass die Navigationssatelliten Satellitenbahnparameter (Almanach bzw. Ephemeriden) zur Erde senden, die es einem Empfänger ermöglichen, die Satellitenkoordinaten zu jedem Zeitpunkt zu berechnen. Zusätzlich werden über Signallaufzeitmessungen die Entfernungen zu den sichtbaren Satelliten bestimmt. Auf Basis von Entfernungsmessungen zu mindestens vier Satelliten kann der Empfänger dann durch Trilateration die Empfängerkoordinaten sowie den Offset zwischen den Zeitsystemen in den Satelliten und im Empfänger berechnen.

Ein wichtiger Unterschied zwischen den globalen SATNAV-Systemen besteht in der Wahl der Satellitensignale und insbesondere der verwendeten Sendefrequenzen und angebotenen Dienste. Abbildung 1 zeigt zusammenfassend die aktuell verwendeten und zivil nutzbaren Sendefrequenzen der globalen SATNAV-Systeme.

Für den Anwender von besonderer Bedeutung ist die jeweils erreichbare Positionsgenauigkeit. Diese hängt neben einer Vielzahl von Einflussgrößen (atmosphärische Einflüsse, Mehrwegeausbreitung, Empfängerrauschen etc.) insbesondere auch von der Konstellation der bei der Navigationsrechnung verwendeten Navigationssatelliten ab. Der wichtigste Qualitätsparameter einer Satellitenkonstellation ist der PDOP (Position Dilution of Precision) -Faktor. Dieser Faktor bestimmt, wie sich Messfehler bei der Signallaufzeitmessung zu den einzelnen Satelliten im Rahmen der Navigationsrechnung auf die Positionsgenauigkeit auswirken. Ist der PDOP-Faktor klein, wirken sich Signallaufzeitmessfehler gering aus, ist der PDOP-Faktor groß entsprechend stark. Geometrisch betrachtet kann der PDOP-Faktor als reziproker Wert des Volumens eines Tetraeders gedeutet werden, den die Navigationssatelliten aufspannen, siehe Abbildung 2. Wenn das Volumen des Tetraeders groß ist, ist der PDOP-Faktor entsprechend klein und damit die zu erwartende Positionsgenauigkeit hoch.

Im Rahmen des hier vorgestellten Forschungsprojekts wurde eine Monitoring-Station nach Abbildung 3 konfiguriert und implementiert, mit der die Signale aller Sa-

	NAVSTAR-GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou
Systembetreiber	US Air Force 	Russland Roscosmos Space Corp. 	EU (Europ. Space Agency (ESA)) 	China (CNSA) 
Operationell seit/bis	04/1995 (FOC)	12/2011 (FOC)	vorr. 2020	vorr. 2020
Anzahl der Satelliten	24 (nominal) 31 (aktuell; 02/19)	24 (nominal) 24 (aktuell; 02/19)	27+3 (nominal) 22 (aktuell; 02/19)	27+5+3 (nominal) 33 (aktuell; 02/19)
Satellitenbahnen	6 ; Inklination: 55° Höhe: 20184km 	3 ; Inklination: 64,8° Höhe: 19130km 	3 ; Inklination: 56° Höhe: 23222km 	6, Inklination: 55° 21500 km/38300km 
Umlaufdauer	11 Std. 58min.	11 Std. 15min.	14 Std.	11 Std. 50min.
Master Control Stat.	Colorado Springs	Krasnoznamensk	Oberpfaffenhofen (D); Fucine (I)	Beijing

Tab. 1: Wichtige Kenngrößen des Spacesegments und Kontrollsegments globaler SATNAV-Systeme

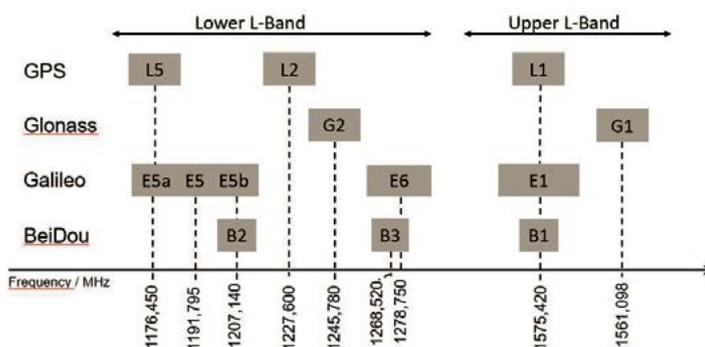


Abb. 1: Aktuell verwendete Sendefrequenzen der globalen SATNAV-Systeme

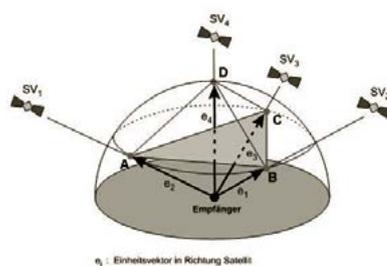


Abb. 2: Geometrische Deutung des PDOP-Faktors

telliten der vier globalen SATNAV-Systeme empfangen und ausgewertet werden können. Zentraler Teil der Monitoring-Station ist der Hochleistungsempfänger NovAtel ProPak6 mit 240 Kanälen, der die Signale aller Navigationssatelliten empfängt und die Navigationsdaten zur weiteren Analyse mit diversen MATLAB-Programmen einem PC zugänglich macht. Der zweite Empfänger der Monitoring-Station, ein NovAtel ProPakV3 mit 58 Kanälen, kann zusätzlich als Basisstation konfiguriert werden und durch differentielle Korrekturdaten die Positionsgenauigkeit des NovAtel ProPak6 zusätzlich verbessern.

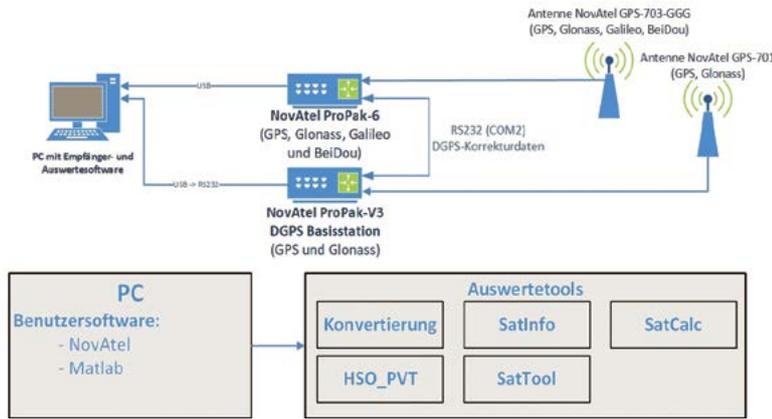


Abb. 3:
Aufbau der SAT-NAV-
Monitoring-Station

Nachdem die Navigationsdaten des Messempfängers in ein von MATLAB lesbares Format konvertiert wurden, können mit den Auswerteprogrammen SatInfo und Satcalc die aktuellen Satellitenkonstellationen der vier globalen SATNAV-Systeme visualisiert und durch beliebige Selektion/Deselektion einzelner Satelliten die jeweiligen Satellitenkonstellationen durch Berechnen des zugehörigen Güteparameters PDOP bewertet werden.

Das Auswerteprogramm HSO-PVT erlaubt die Visualisierung und statistische Auswertung von Positionsdaten auf Basis beliebiger – auch kombinierter – Satellitenkonstellationen. Abbildung 4a zeigt die 3-dimensionale sowie die horizontale und vertikale Positionsgenauigkeit auf Basis von GPS-only und Abbildung 4b entsprechend auf Basis aller SATNAV-Systeme GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou, ausgewertet über einen Zeitraum von etwa einer Stunde.

Ein Güteparameter für die 3-dim. Genauigkeit ist der Wert SEP (Spherical Error Probable), der den Radius einer Kugel spezifiziert, innerhalb dessen 50 % der Messwerte um den wahren Wert liegen. Die horizontale Genauigkeit wird über den Wert CEP (Circular Error Probable) bewertet, der den Radius eines Kreises in der horizontalen Ebene um die wahre Position beschreibt, innerhalb dessen wiederum 50 % der Messwerte liegen. Zur Bewertung der vertikalen Genauigkeit dient für gewöhnlich die Standardabweichung σ der Messwerte, wenn ein systematischer Fehler ausgeschlossen werden kann. In Tabelle 2 sind die Güteparameter SEP, CEP und σ für die Analyseergebnisse in Abbildung 4 aufgelistet.

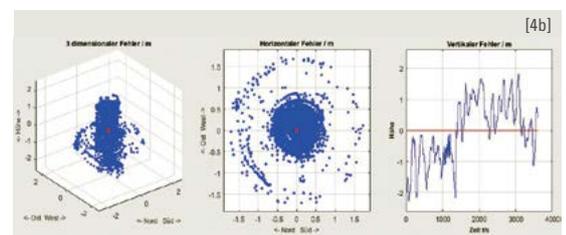
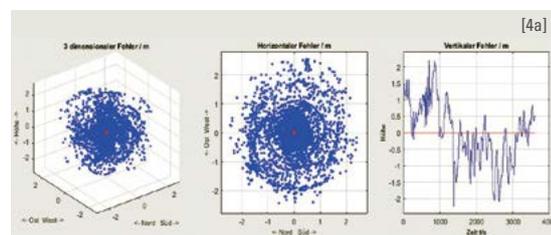
Die in Tabelle 2 aufgelisteten Werte verdeutlichen, dass durch die kombinierte Nutzung der globalen SATNAV-Systeme eine Verbesserung der Positionsgenauigkeit erreicht werden kann. Diese Verbesserung ist im Wesentlichen bedingt durch den Einfluss der vorteilhafteren Konstellation der bei der Navigationsrechnung benutzten Satelliten (niedrigerer PDOP-Faktor). Sind allerdings ausreichend viele GPS-Satelliten z. B. bei freier Rundumsicht sichtbar, so ist die erreichbare Verbesserung der Genauigkeit durch die kombinierte Nutzung verschiedener SATNAV-Systeme eher gering.

Navigationsmode	SEP/m	CEP/m	Standardabweichung σ /m (vertikal)
GPS-only	1,195	1,002	0,982
GPS/GLO-NASS/Galileo/BeiDou	0,954	0,490	1,045

Tab. 2: Güteparameter zur Bewertung der Positionsgenauigkeit

Neben der Genauigkeit (Accuracy) ist bei den meisten SATNAV-Anwendungen auch die Verfügbarkeit (Availability) der Navigationsfähigkeit ein wichtiger Aspekt. Die Navigationsfähigkeit ist grundsätzlich gegeben, wenn die Signale von mindestens vier Navigationsatelliten empfangen werden. Die mit der oben beschriebenen Monitoring-Station gewonnenen Satellitendaten (Almanach/Ephemeriden) können auch für globale Sichtbarkeitsanalysen zur Bewertung der globalen Verfügbarkeit der Navigationsfähigkeit verwendet werden. Dazu wurde die MATLAB-Auswertesoftware Sattool erstellt. Abbildung 5 zeigt zunächst die weltweit jeweils minimal sichtbaren Satelliten während eines Tages bei nahezu freier Rundumsicht (Elevationsmaske: 5 °) sowohl im GPS-only-Mode als auch im kombinierten GPS/Galileo-Mode. Man erkennt, dass unter diesen nahezu idealen Sichtbedingungen in beiden Modi immer ausreichend viele Satelliten sichtbar sind und somit die Navigationsfähigkeit immer gegeben ist. Wird allerdings die Sicht zum Himmel teilweise abgeschattet (z. B. bei einer Fahrt durch eine enge Häuserschlucht), so leidet die Verfügbarkeit der Navigationsfähigkeit.

Abb. 4:
Analyseergebnisse zur
Positionsgenauigkeit
4a: GPS-only-Mode
4b: kombinierter GPS/
GLONASS/Galileo/
BeiDou-Mode



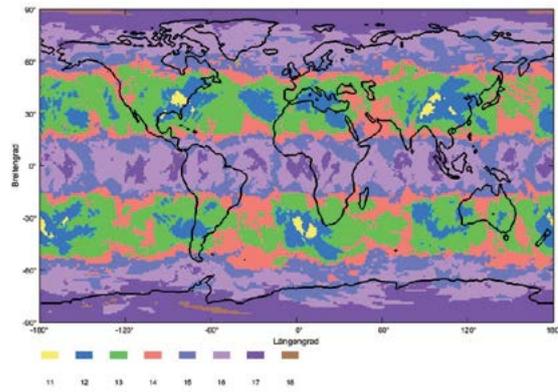
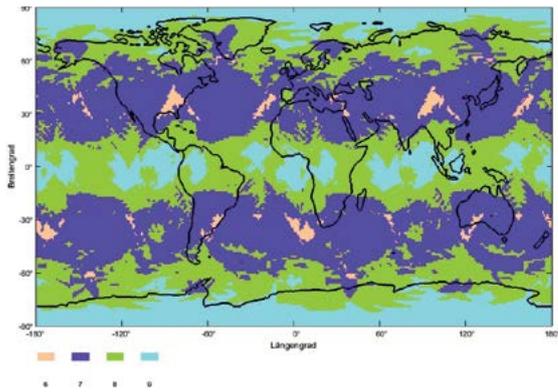


Abb. 5:
Globale Sichtbarkeitsanalyse bei nahezu freier Rundumsicht (Elevationsmaske: 5°)
links: GPS-only-Mode
rechts: kombinierter GPS/Galileo-Mode

Abbildung 6 zeigt wiederum sowohl im GPS-only-Mode als auch im kombinierten GPS/Galileo-Mode die weltweit jeweils minimale Anzahl sichtbarer Satelliten während eines Tages – nun aber bei einer Elevationsmaske von 30°, d. h., alle Navigationsatelliten, die relativ zum jeweiligen Standort unter einem Elevationswinkel kleiner als 30° am Himmel stehen, werden als nicht sichtbar gewertet. Die Analyseergebnisse in Abbildung 6 zeigen, dass im GPS-only-Mode die Navigationsfähigkeit aufgrund zu geringer Anzahl sichtbarer Satelliten weltweit zumindest temporär nicht mehr gegeben ist, während im kombinierten GPS/Galileo-Mode weiterhin auch bei ungünstigen Sichtbarkeitsbedingungen eine nahezu weltweit uneingeschränkte Verfügbarkeit der Navigationsfähigkeit vorliegt.

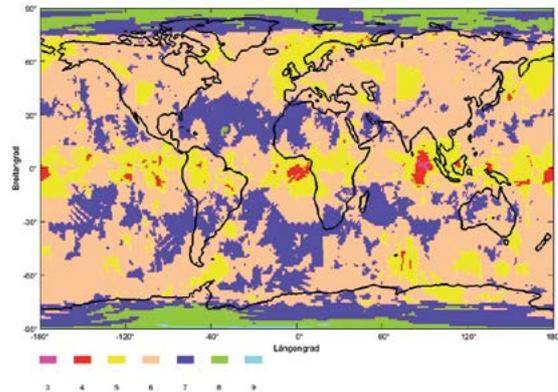
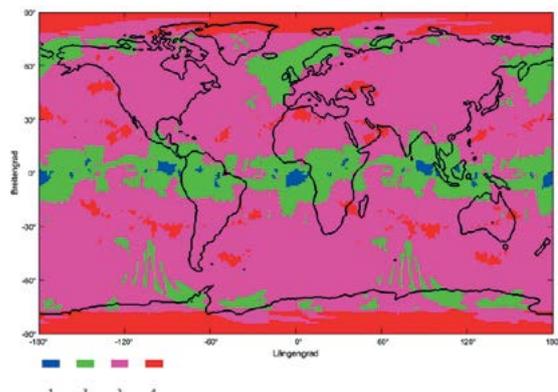


Abb. 6:
Globale Sichtbarkeitsanalyse bei eingeschränkten Sichtbarkeitsbedingungen (Elevationsmaske: 30°)
oben: GPS-only-Mode
unten: kombinierter GPS/Galileo-Mode

Eine Navigationsrechnung auf Basis der Navigationsatelliten mehrerer globaler SATNAV-Systeme erhöht somit die Genauigkeit der Positionsdaten und insbesondere die Verfügbarkeit der Navigationsfähigkeit. Ein dritter Aspekt, der insbesondere bei sicherheitskritischen Anwendungen von besonderer Bedeutung ist, ist die Zuverlässigkeit (Integrity) der Positionsdaten, d. h. ein SATNAV-Empfänger soll die Fähigkeit haben, die Zuverlässigkeit der bestimmten Positionslösung selbstständig durch die Berechnung zusätzlicher Zuverlässigkeitsinformationen zu überwachen. Algorithmen zur Generierung solcher Zuverlässigkeitsinformationen werden unter dem Begriff RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) zusammengefasst. Grundsätzlich gilt, dass je mehr Navigationsatelliten bei der Navigationsrechnung verwendet werden können, desto leistungsfähiger sind die zur Sicherstellung der Integrität notwendigen RAIM-Algorithmen. Um die Verbesserung durch die Kombination verschiedener globaler SATNAV-Systeme im Hinblick auf die Zuverlässigkeit (Integrity) der Positionsdaten quantifizieren zu können, werden zukünftig weitere Analysen durchgeführt.

AUTOREN



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



Christoph Kern
Absolvent im Bachelor-Studiengang
Elektrotechnik/Informationstechnik der
Hochschule Offenburg
ckern@stud.hs-offenburg.de



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

READY FOR TAKE-OFF?

Seit mehr als 50 Jahren entwickelt und produziert HYDRO mit mehr als 750 Mitarbeitern weltweit innovative Lösungen für den Bau, die Wartung und die Reparatur von Zivil- und Militärflugzeugen. Die Erfahrung und das Wissen unserer Mitarbeiter haben uns zum Marktführer gemacht.

Zu unseren über 800 Kunden zählen alle international bedeutenden Flugzeughersteller, Airlines, Flughäfen und Flugzeugwartungsbetriebe.

Neben dem Hauptsitz in Biberach hat HYDRO Standorte in China, Dubai, Frankreich, Singapur, UK und den USA.

WAS WIR DIR BIETEN

Vertrauen, Respekt und Verlässlichkeit sind Werte die bei uns täglich gelebt werden. Als Unternehmen in Privatbesitz bieten wir Dir einen Ausbildungsplatz mit Perspektive.

Was bei uns zum Standard gehört?

#afterworkevents #flexiblearbeitszeiten

#sportgruppen #modernearbeitsplätze

#betrieblichesgesundheitsmanagement

#englischunterricht #interneschulungen

www.hydro.aero

**WERDE TEIL
UNSERER CREW!**

Social Media? Check!



GLOBAL PLAYER SUCHT LOCAL HERO

JUNKER
GROUP

Die JUNKER Gruppe entwickelt, produziert, vertreibt hochpräzise Schleifmaschinen und ist Weltmarktführer im CBN-Schleifen. Als Global Player fördern wir den internationalen Austausch innerhalb der Unternehmensgruppe.

Bei JUNKER erhalten Sie vielseitige Einblicke in neue Technologien und Traditionen. Egal wo Sie verwurzelt sind oder sein möchten, beginnen Sie einen neuen Lebensabschnitt und machen Sie die JUNKER Welt zu Ihrem neuen Zuhause. Wir freuen uns auf neue Local Heroes!

Setzen Sie Ihr Können mit uns ein und werden Sie Teil eines erfolgreichen Teams, ganz gleich ob Sie sich für eine Ausbildung, für ein Studium oder für eine Position mit Berufserfahrung entscheiden.

Wir freuen uns auf Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen! Bitte senden Sie diese an:

bewerbung@junker.de



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



www.junker-group.de/karriere



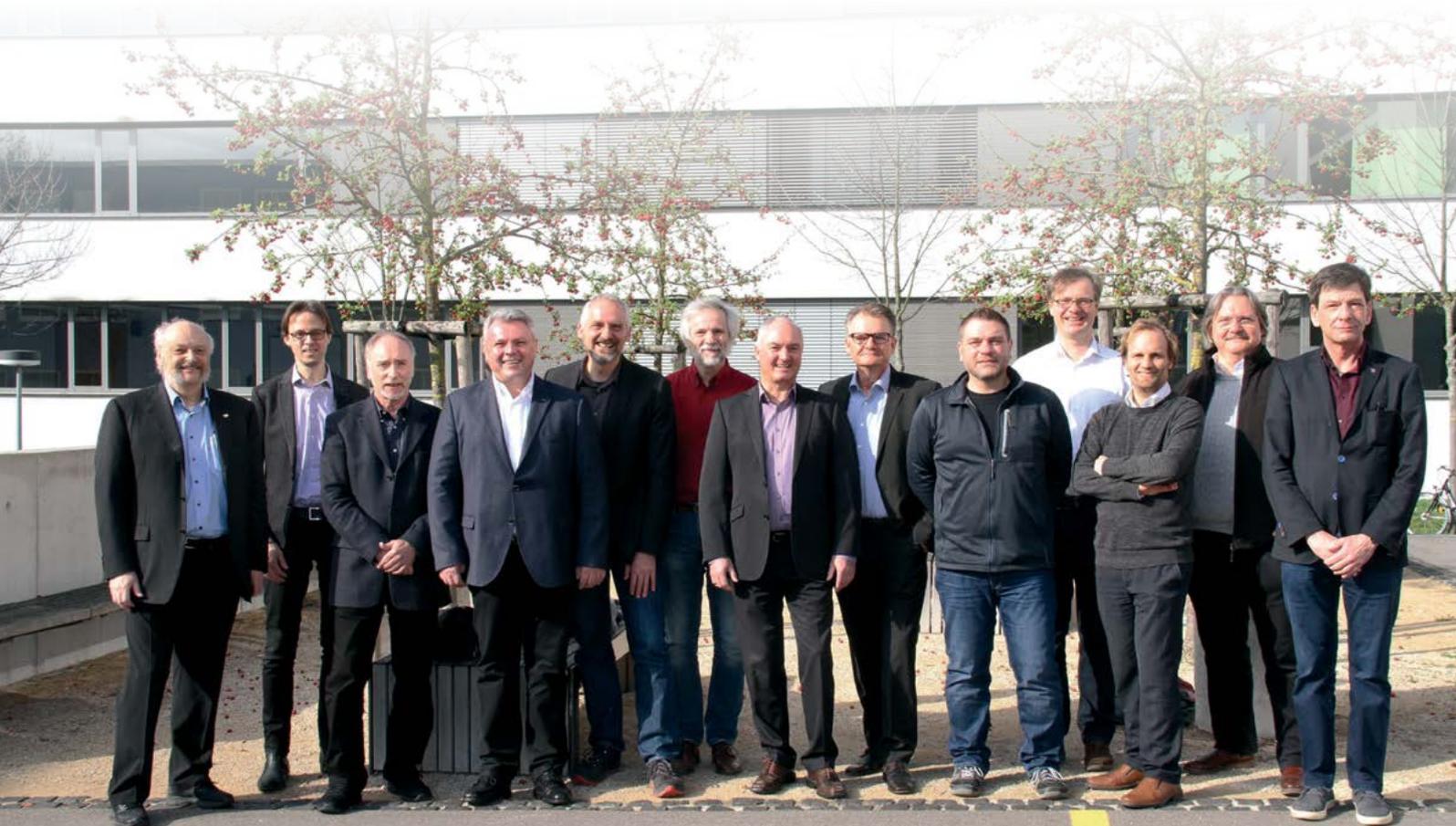
MASCHINENBAU UND VERFAHRENSTECHNIK

„Forschung, Wissens- und Technologietransfer sind für uns bidirektional. Dies wollen wir intern und extern aktiv begleiten und vorantreiben.“

Die Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik konnte 2018 insgesamt beachtliche 24 Forschungsprojekte neu initiieren, die von 15 unserer Professoren begleitet werden. Neben den Doktoranden, die an der Forschung mitwirken, werden auch Studierende der Master-Studiengänge mit einbezogen. So verknüpft sich Lehre und Forschung erstklassig miteinander.

In Summe wird aktuell an 27 Projekten mit einem Gesamtvolumen von 7,06 Mio. Euro geforscht. Die Bandbreite ist groß. Sie deckt von der Grundlagenforschung bis hin zur Ausarbeitung von konkreten Handlungsanweisungen für unsere großen und leistungsstarken Schwerpunkte Verfahrenstechnik, Energie- und Materialeffizienz, Konstruktion und Automotiv ab. 17 Firmen, vorwiegend mit regionalem Bezug, beteiligen sich an den Projekten.

Dekan Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kohler



Die forschungsaktiven Professoren und Mitarbeiter der Fakultät M+V (v.l.n.r.):

Prof. Dr. Ulrich Hochberg, Prof. Dr. Wolfgang Bessler, Prof. Dr. Detlev Doherr, Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele, Dr. Andreas Wilke, Prof. Dr. Joachim Jochum, Prof. Dr. Günther Waibel, Prof. Dr. Jörg Bausch, Prof. Dr. Jörg Etrich, Prof. Dr. Dirk Velten, Prof. Dr. Thomas Seifert, Dekan Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kohler, Prof. Dr. Gerhard Kachel; nicht auf dem Foto: Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin, Prof. Dr. Daniel Kray, Prof. Dr. Jens Pfafferoth, Prof. Dr. Bernd Spangenberg, Prof. Dr. Reiner Staudt, Prof. Dr. Christiane Zell

Zustandsüberwachung und digitaler Zwilling im Maschinenlabor

Prof. Dr.-Ing. Bernd Waltersberger, Prof. Dr.-Ing. Christian Wetzel, Sheby John Varghese B.Eng.

Die Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) technischer Systeme und insbesondere von rotierenden Maschinen und Geräten erfährt eine immer stärkere Bedeutung. Gerade für Systeme, wie z. B. Windkraftanlagen, Automatisierungssystemen und Werkzeugmaschinen, ist die Verfügbarkeit dieser Systeme von großer Wichtigkeit. Im Maschinenlabor der Hochschule Offenburg werden die modernen Methoden der Zustandsüberwachung an einem Testsystem und parallel am Digitalen Zwilling demonstriert und weiterentwickelt. Ein hervorzuhebendes Ziel der Untersuchungen ist die Identifikation unterschiedlicher Schadensmechanismen anhand des digitalen Modells und die Vorusberechnung möglicher Schadensentwicklungen.

Condition monitoring of technical systems and in particular of rotating machinery is becoming more and more important. Especially for systems such as wind turbines, automation systems and machine tools their availability is of great importance. These modern methods of condition monitoring are demonstrated and enhanced on a test system and also simultaneously on its digital twin in the machinery laboratory of the Offenburg University of Applied Sciences. An important goal of the investigations is the identification of different damage mechanisms on the basis of the digital model and the prediction of possible damage developments.

Einleitung

Die Überwachung von Maschinen und ganzer technischer Anlagen und Systemen ist schon seit langem ein wichtiger Forschungsschwerpunkt im Maschinenbau, der durch die rasante Weiterentwicklung von kostengünstigen Miniatur-Sensor- und Computersystemen immer stärkeres Gewicht bekommt. Heutzutage wird z. B. nahezu keine Windkraftanlage mehr ohne umfangreiches Condition Monitoring System ausgeliefert. Insbesondere bei Offshore-Anlagen ist eine zuverlässige Protokollierung des Zustands der Anlage und der einzelnen Subsysteme, wie z. B. Verzahnungen, Wälzlager, Kupplung und Generator unabdingbar. Aufgrund von immer höheren Anforderungen des Markts werden zunehmend auch kleinere technische Systeme, wie z. B. Motor-Getriebe-Einheiten, angetriebene Werkzeuge, Handling- und Positioniereinheiten, mit Sensoren und Zustandsüberwachungssystemen versehen.

Die modernen Methoden der Zustandsüberwachung werden im Maschinenlabor der Hochschule Offenburg an einer rotordynamischen Testanlage untersucht und auf ihre Zuverlässigkeit getestet. Hierzu wurde im Rahmen einer Projektarbeit im internationalen

Master-Studiengang ECM ein Mess- und Auswerteprogramm in der Software Labview von National Instruments entwickelt, das sehr gut auf die Zustandsüberwachungsaufgaben zugeschnitten ist, siehe [1]. Parallel dazu wurde ein Digitaler Zwilling der Testanlage entwickelt. Der Abgleich von Messungen mit Simulationen ist ein wichtiger Baustein zu einem grundlegenden qualitativen und quantitativen Verständnis der Problematik. Am Digitalen Zwilling können problemlos unterschiedliche Schädigungen eingebracht und analysiert werden. Die Korrelation mit zugehörigen Messungen erlaubt einen Rückschluss auf den Zustand der Maschine und der Trend in der Schadensentwicklung kann am digitalen Ersatzmodell verfolgt werden.

Im Maschinenlabor hat sich eine Arbeitsgruppe von Professoren gebildet, deren Ziel die gemeinsame Weiterentwicklung von Lehre und Forschung ist. Das Maschinenlabor ist in den Räumlichkeiten des Kraft- und Arbeitsmaschinen und Verbrennungskraftmaschinen Labors angesiedelt und wird kollegial von den Professoren Jörg Ettrich, Claus Fleig, Peter Treffinger, Günther Waibel, Bernd Waltersberger und Christian Wetzel geführt.

Referenzen/References:

- [1] S.H. Varghese: Vibration based condition monitoring of various bearing defects based on virtual instrument, Scientific Project, HSO, 2018
- [2] J. Kolerus, J. Wassermann: Zustandsüberwachung von Maschinen, ISBN 978-3-8169-3080-8, 2008
- [3] Experiment Instructions from GUNT PT 500 Machinery Diagnostic System Base Unit, G.U.N.T. Gerätebau GmbH
- [4] T. Doguer, Simulation von Wälzlagerschäden unter Berücksichtigung variable Betriebsbedingungen, Dissertation Univ. Magdeburg, 2013
- [5] M.S.S. Darmi, Validation of condition monitoring techniques of a rotor system regarding its unbalance and bearing defects, Seminararbeit MME, HSO, 2018



Abb. 1

Versuchsablauf und Testanlage

Die Testanlage besteht aus einem Rotordynamik-Prüfstand der Firma GUNT [3], der durch die neu entwickelte Labview-Umgebung softwaretechnisch universell aufgerüstet wurde (siehe Abbildung 1). Vom Aufbau her entspricht es einem sogenannten Lavalläufer, der aus einem starren Rotor mit elastischer Welle besteht und in zwei frei verkippbaren Pendelkugellagern gelagert ist. Die in diesem Artikel dargestellten Untersuchungen beschränken sich auf Schädigungen in den verbauten Pendelkugellagern vom Typ 1204 TV. In diesem Testfall wurde nur das Lager im rechten Lagerbock durch Lager mit unterschiedlichen Schädigungen ersetzt. Getestet wurden die Fälle: gesundes Lager (healthy), Schädigung am Außenring (outer), Schädigung am Innenring (inner), Schädigungen am Wälzkörper (ball), Schädigung an Außen-, Innenring und Wälzkörper (all) und ein vollständig verschlissenes Lager (worn). In diesem Artikel erfolgt eine Beschränkung auf die Schädigungen am Außenring. Gemessen wurden jeweils die Beschleunigungen auf dem Lagerbock in horizontaler und vertikaler Richtung, wie in Abbildung 1 oben gut zu sehen ist.

Messergebnisse

In Abbildung 2 linke Seite sind die gemessenen vertikalen Beschleunigungssignale für gesundes Lager (healthy) und Schädigung am Außenring (outer) im Zeitbereich für $f_s=1800$ U/min dargestellt. Sehr gut sind der starke Anstieg des allgemeinen Beschleunigungsniveaus und der starke stochastische Charakter der Schwingungen zu erkennen. Ohne direkten Vergleich der beiden Beschleunigungssignale wäre im Zeitbereich eine Einteilung in gut oder schlecht nicht möglich, und somit ist die Darstellung der Beschleunigung über der Zeit von sehr geringer Aussagekraft. Der Zoom

(siehe Abbildung 2 rechts) lässt nun aber eindeutig die Impulshaftigkeit der Beschleunigung bei Schädigung erkennen.

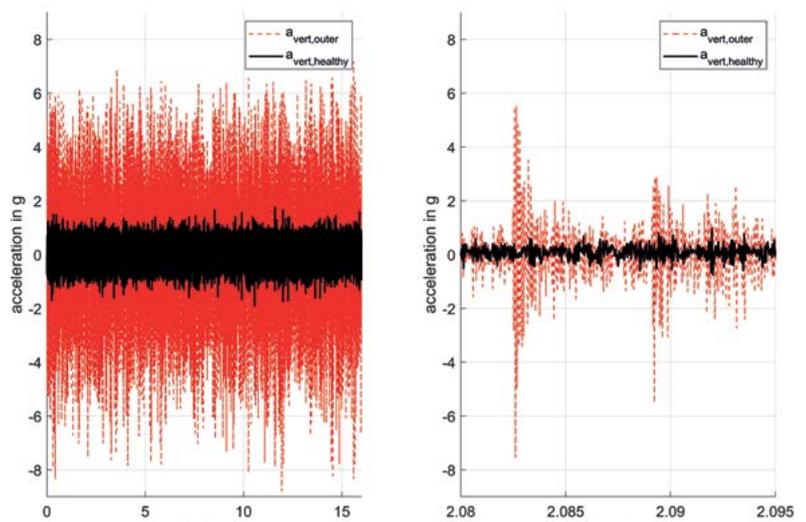


Abb. 2

Deutlich größere Aussagekraft haben die Fourieranalysen der Beschleunigungssignale (siehe Abbildung 3).

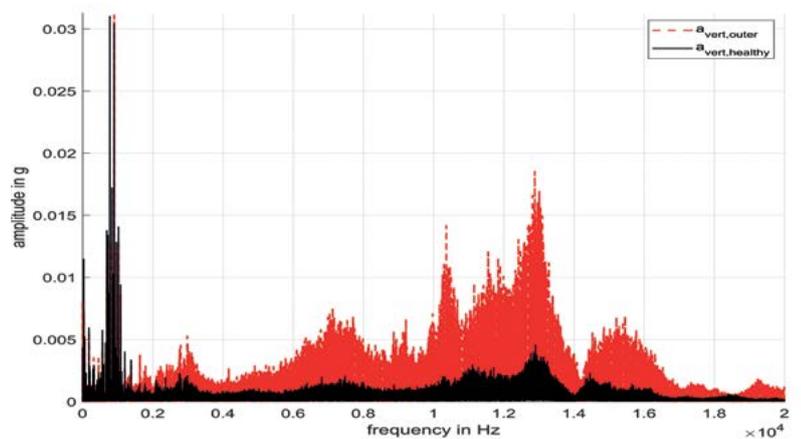


Abb. 3

Es ist sehr schön zu erkennen, wie die Schädigung im Wälzlager hohe Eigenfrequenzen der Lagerung (Wälzlager, Lagerbock, Aufstelltisch)

anregt, während im tieffrequenten Bereich nur geringe Änderungen auftreten. Die hochfrequenten Schwingungen der Lagerung liegen in der starken Impulshaftigkeit der stoßartigen Anregung aufgrund des Überrollens einer Schädigung am Außenring durch die Wälzkörper. Es ist bekannt, dass eine Stoßanregung insbesondere hohe Eigenfrequenzen anregen kann. In Abbildung 4 ist das Beschleunigungs-Terzspektrum als Pegel aufgezeigt, da hier deutlich zu erkennen ist, wie eine Schädigung hochfrequente Energie ab etwa 1000 Hz in das System einbringt. Basierend auf kinematischen Beziehungen im Wälzlager, kann die Überrollfrequenz der Schädigung am Außenring zu

$$BPFO = f_s \cdot 0.415 \cdot 12 = 30 \text{ Hz} \cdot 0.415 \cdot 12 = 148.4 \text{ Hz}$$

berechnet werden (Drehfrequenz f_s). Diese Überrollfrequenz ist auch im Amplitudenspektrum bei entsprechendem Zoom erkennbar; ist aber bei weitem nicht so dominant, wie es zu vermuten wäre. Somit ist auch die einfache Fourieranalyse kein sicheres, aussagekräftiges Werkzeug zur Erkennung von Schädigungen im Lager.

Bei Wälzlagerungen hat sich daher die Hüllkurven-Fourieranalyse als probates Mittel zur Detektion von Schädigungen bewährt. Das Zeitsignal wird über eine Hilbert-Transformation mit seiner Einhüllenden versehen, und anschließend wird von dieser Hüllkurve eine Fourieranalyse durchgeführt. In Abbildung 5 ist die Hüllkurven-Fourieranalyse bezüglich der Schädigung am Außenring aufgezeigt. Die Überrollfrequenz und die zugehörigen höher Harmonischen sind sehr gut zu erkennen und somit kann eine direkte Zuordnung zum Wälzlagerfehler erfolgen.

Zur Trendanalyse und Prädiktion der Schädigungen im Lager werden zum Beispiel die Faktoren Effektivwert, Crest-Faktor, Kurtosis-Faktor und Spektrale Kurtosis angewendet. Besonders der Crest-Faktor und die Kurtosis-Faktoren bewerten die Impulshaftigkeit und Instationarität der Lagerbeschleunigungen und sind daher aussagekräftige Bewertungsmethoden, siehe [1] und [2]. In Abbildung 6 ist die Spektrale Kurtosis über der Frequenz aufgetragen. Hohe Spektrale Kurtosis-Werte weisen auf Instationaritäten hin, die durch die stoßhafte Anregung der Lagerschädigungen erzeugt werden. Sehr gut ist der Unterschied zwischen dem ungeschädigten und dem geschädigten Lager zu erkennen.

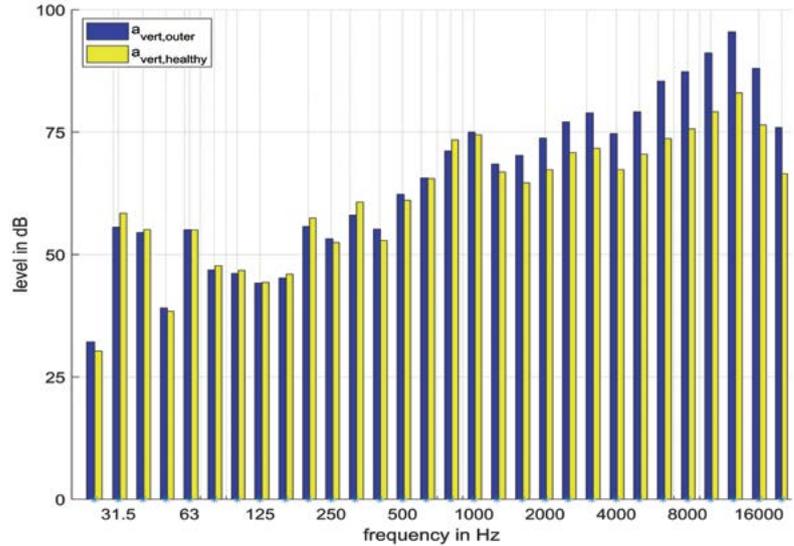


Abb. 4

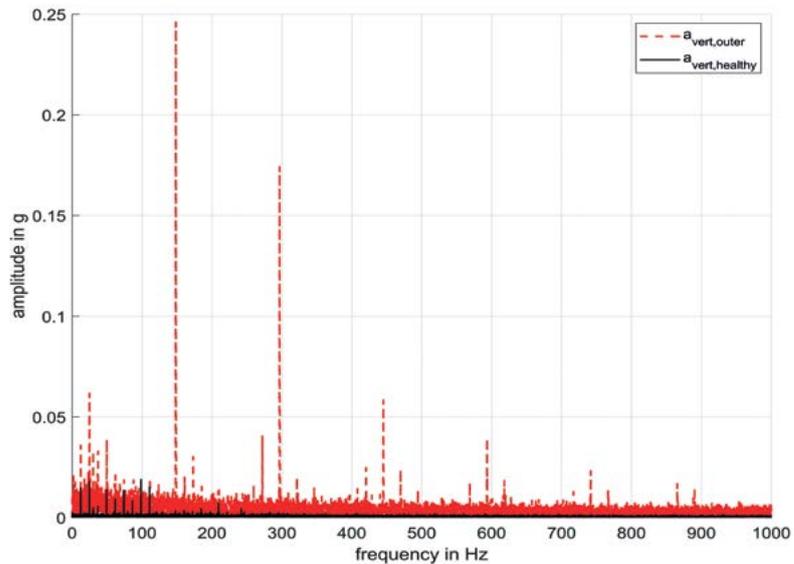


Abb. 5

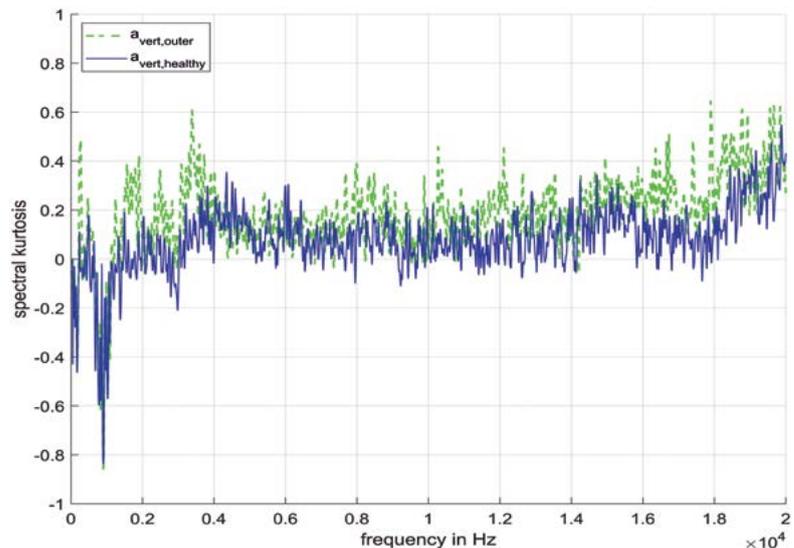


Abb. 6

Digitaler Zwilling

Parallel zum Aufbau der Testumgebung wurde ein Digitaler Zwilling auf mehreren Skalen entwickelt. Vom komplexen FE-Modell bis zum einfachen 2-Freiheitsgrad-Minimalmodell in Matlab kann die Dynamik und damit auch der Einflüsse unterschiedlicher Schädigungen des Rotorsystems untersucht und mit den Versuchsergebnissen verglichen werden, siehe Abbildung 7. Das in dem Minimalmodell implementierte Schädigungsmodell beinhaltet als wichtigen Parameter die Breite s_B und damit die Größe der Schädigung im Lager, siehe [4]. Die Größe s_B wurde systematisch variiert, und der Einfluss auf die Beschleunigungen am Lager konnten aufgezeigt werden.

In Abbildung 8 ist die Hüllkurven-Fourieranalyse für unterschiedliche Größen s_B des Schadens am Außenring dargestellt. Wie es prinzipiell zu erwarten war, ist sehr gut das nichtlineare Anwachsen der Amplituden für linear ansteigende Schadensbreiten zu erkennen. Hierbei ist auch das relativ hohe Rauschniveau zu beachten, das zu einer starken Maskierung kleiner Wälzlagerfehler führt.

Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine kurze Zusammenfassung der experimentellen und simulativen Ergebnisse am Beispiel von Wälzlagerschädigungen aufgezeigt. Die Schädigungen konnten in der Messung und auch in der Simulation aufgrund der Verwendung speziell angepasster Zeitreihenanalysen sehr gut detektiert und zugeordnet werden. Im Simulationsmodell konnte der Einfluss unterschiedlicher Größen der Schädigung am Lageraußenring untersucht werden.

Weiterführende Untersuchungen beschäftigen sich unter anderen mit der Klassifizierung der Schädigungen durch Maschinelles Lernen, mit dem Einfluss von Schädigungen anderer Maschinenelemente und Maschinensystemen und der Anwendung des Digitalen Zwillings in der Zustandsüberwachung und Trendanalyse von Maschinen und einzelnen Maschinenkomponenten.

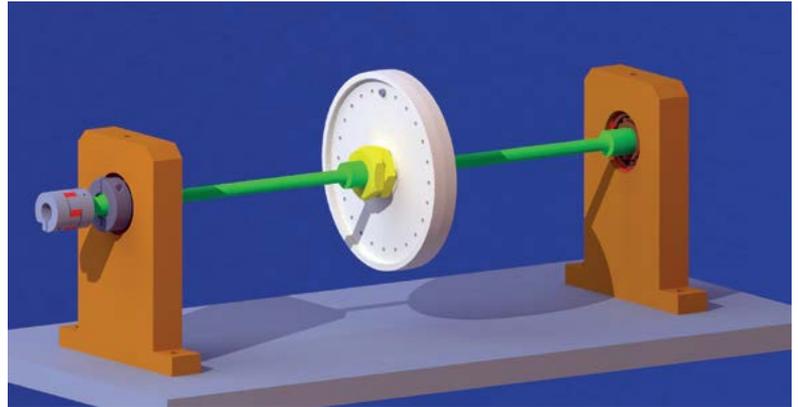


Abb. 7

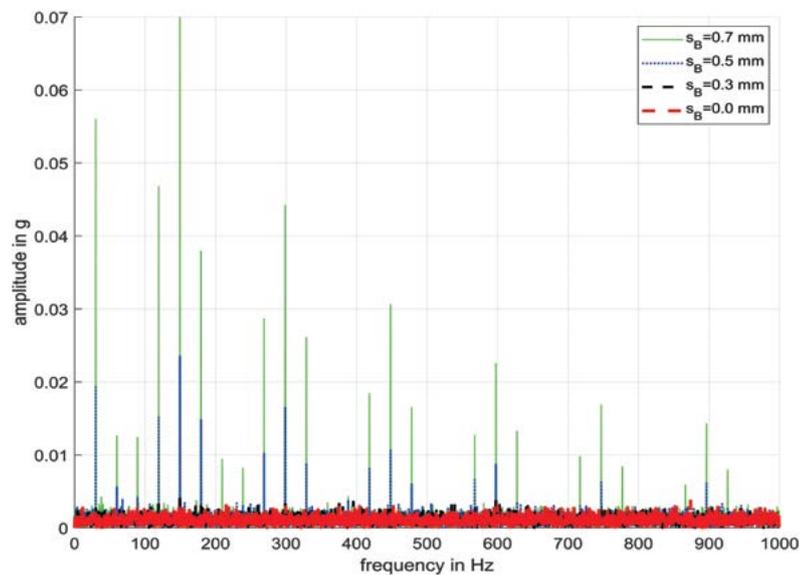


Abb. 8

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Bernd Waltersberger
Fakultät M+V, Maschinenelemente,
Maschinendynamik und CAE
bernd.waltersberger@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Christian Wetzel
Fakultät M+V, Konstruktionslehre insbesondere CAD/CAE, Technische Mechanik und Technische Akustik
christian.wetzel@hs-offenburg.de



Sheby John Varghese B.Eng.
Master-Student Energy Conversion and Management
svarghes@stud.hs-offenburg.de

Aluminiumlegierungen – auch sie kennen das Altern

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert

Aluminiumlegierungen sind häufig gern gesehene Werkstoffe: Sie gehören zu den Leichtbauwerkstoffen und haben gute thermische und mechanische Eigenschaften. Allerdings kennen Aluminiumlegierungen auch das Altern und können dabei beim Einsatz bei erhöhten Temperaturen deutlich an Festigkeit verlieren. Ingenieure benötigen daher Berechnungsmodelle, die es ihnen erlauben, den Einfluss der Alterung auf die Sicherheit und Zuverlässigkeit eines Maschinenbauteils zu bewerten.

Aluminium alloys are materials that are often welcome: they are lightweight construction materials and have good thermal and mechanical properties. To obtain these properties, the alloys are heat-treated for a certain time at a certain temperature. For this reason, however, the heat-treated aluminium alloys also know how to age and can lose considerably their strength when used at elevated temperatures. Engineers therefore need computational methods that allow them to assess the effect of aging on the safety and reliability of a machine or plant component in simulations. These methods can reduce development times and costs, as time-consuming prototype tests can be saved.

Einleitung

Aufgrund ihrer geringen Dichte und guter thermischer und mechanischer Eigenschaften werden heute Aluminiumlegierungen in Verbrennungsmotoren als Werkstoffe für Zylinderköpfe und Kolben eingesetzt. Die für Zylinderköpfe verwendeten Aluminiumlegierungen müssen dabei im Bereich der Ventilstege-Temperaturen bis fast 300 °C (siehe Abbildung 1) und die für Kolben verwendeten Legierungen im Kolbenmuldenrand sogar Temperaturen über 400 °C ertragen.

Für die Aluminiumlegierungen bedeutet dies ein Leben hart an der Belastungsgrenze. Trotz deren Fähigkeit, die eingebrachte Wärme schnell abzuleiten, machen den Legierungen insbesondere die Temperaturwechsel zwischen Minusgraden nach längerem Stehen im Winter bis zu den Spitzentemperaturen bei Vollgas zu schaffen. Beim Starten und Aufheizen des Motors möchte sich der Werkstoff in den heißen Bauteilbereichen thermisch ausdehnen. Allerdings wird diese Ausdehnung durch die kälteren umgebenden Bauteilbereiche verhindert. Es bauen sich somit Spannungen im Werkstoff auf, weil nun über den Werkstoff Kräfte übertragen werden, während gleichzeitig jedoch die Festigkeit des Werkstoffs mit zunehmender Temperatur abnimmt. Eine denkbar ungünstige Kombination: Sie führt dazu, dass die Spannungen im Werkstoff in der Lage sind, den Werkstoff bleibend zu verformen, ähnlich einer

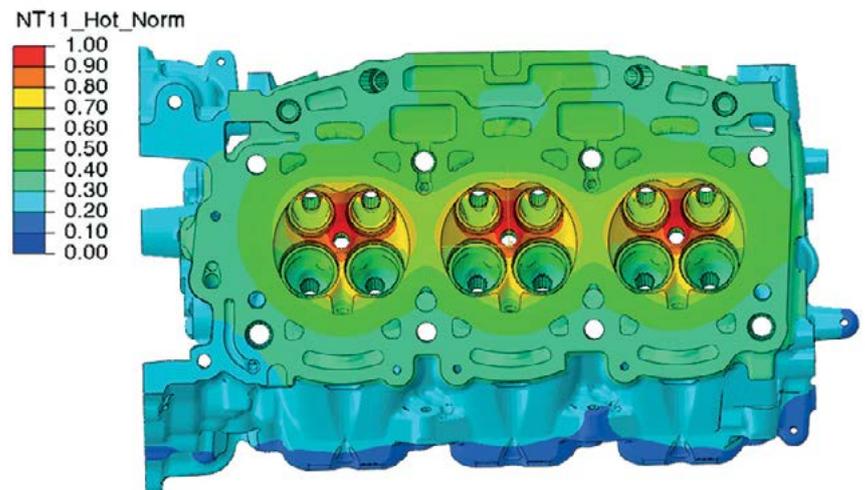


Abb. 1: Temperaturverteilung in einem Zylinderkopf mit hohen Temperaturen im Bereich der Ventilstege (Temperatur ist auf maximale Temperatur normiert dargestellt)

metallischen Büroklammer, die einen zu großen Stapel Papier klammern soll und dadurch mit zu hoher Kraft aufgebogen wird. Beim Abkühlen des Bauteils, wo sich der Werkstoff wieder zusammenziehen möchte, wird die beim Aufheizen eingebrachte plastische Verformung wieder rückgängig gemacht. Die Aluminiumlegierungen in Zylinderkopf und Kolben erfahren demnach bei jedem Motorstart und -stopp, d. h. bei jedem Aufheiz-Abkühl-Zyklus des Motors, ein plastisches Hin- und Herverformen. Interessant ist bei den hohen Temperaturen zudem, dass Aluminiumlegierungen „kriechen“ und die eingebrachten Spannungen „relaxieren“

können. Dadurch würde die Büroklammer bei hohen Temperaturen mit der Zeit ihre Spannkraft verlieren und die Blätter nicht mehr zusammenhalten können.

Damit Aluminiumlegierungen hohe Festigkeiten und eine vergleichsweise gute Kriechbeständigkeit bekommen, werden diese wärmebehandelt. Ähnlich wie beim Härten von Stählen, wie es beispielsweise bereits die Ritter bei ihren Schwertern durchgeführt haben, wird dabei der Werkstoff zunächst stark erwärmt und dann schnell wieder abkühlt. Allerdings sind die bei Aluminiumlegierungen ablaufenden werkstofftechnischen Vorgänge andere: Beim Aufwärmen der Aluminiumlegierungen auf Temperaturen um 500 °C gehen die Legierungselemente wie Kupfer in Lösung: Die Legierungselemente sind im Aluminium verteilt, wie Zucker in heißem Kaffee gelöst werden kann. Beim Abkühlen kann das Aluminium jedoch das Legierungselement nicht mehr in Lösung halten, wie auch kalter Kaffee nicht so viel Zucker lösen kann wie heißer Kaffee. Der Zucker scheidet sich aus dem Kaffee aus und bildet einen Zuckersatz am Boden der Kaffeetasse. Durch das schnelle Abkühlen der Aluminiumlegierung nach dem starken Erwärmen wird jedoch verhindert, dass sich die Legierungselemente ausscheiden, und so bleiben sie zwangsgelöst („eingeklemmt“) im Aluminium. Durch eine nun folgende Auslagerung des Werkstoffs bei Temperaturen um 200 °C befreien sich die zwangsgelösten Legierungselemente und bilden sehr fein verteilte kleinste Verbindungen, die die plastische Verformung des Werkstoffs deutlich erschweren und die Festigkeit und Härte der Legierung erhöhen: Die Aluminiumlegierung wurde ausgehärtet.

Ausgehärtete Aluminiumlegierungen können jedoch altern, wenn sie bei höheren Temperaturen wie bei Zylinderköpfen und Kolben eingesetzt werden. Was dabei passiert ist Folgendes: Die fein verteilten kleinsten Verbindungen beginnen zu wachsen und die größeren Verbindungen „fressen“ die kleineren auf. Somit gibt es weniger, aber größere Verbindungen, die jedoch einen geringeren Widerstand gegen plastische Verformung liefern: Der Werkstoff verliert über die Lebensdauer beim Endkunden wieder an Härte. Daher ist es für Ingenieure wichtig, die Alterung, d. h. den in Abhängigkeit der Temperatur und Zeit stattfindenden Festigkeitsabfall, bei Entwicklung und Konstruktion von Aluminiumkomponenten, zu berücksichtigen. Nur so können sichere und zuverlässige Bauteile über deren gesamte Lebenszeit sichergestellt werden. Im Rahmen

einer Kooperation mit ADACS und General Motors wurden hierzu neue Simulationsmodelle entwickelt [1], die von Entwicklungsingenieuren bei der computergestützten Bauteilbewertung eingesetzt werden können.

Methodik und Ergebnisse

Für die computergestützte Bauteilbewertung werden sogenannte Finite-Elemente Programme von den Entwicklungsingenieuren eingesetzt. In einem Finite-Elemente-Programm kann das dreidimensional konstruierte Bauteil mit seinen thermischen und mechanischen Belastungssituationen beim Aufheizen und Abkühlen im Computer abgebildet werden, und es können die dabei im Werkstoff auftretenden Spannungen und Verformungen berechnet und visualisiert werden. Hierzu muss jedoch das Werkstoffverhalten der Aluminiumlegierung im Computermodell realitätsnah abgebildet werden, wobei die Phänomene, wie plastische Verformung, Kriechen, Relaxation und Alterung, berücksichtigt werden müssen. Standardmäßig stellen die kommerziellen Finite-Elemente-Programme hierfür keine angemessenen Werkstoffmodelle dem Anwender zur Verfügung, sodass über entsprechende Funktionalitäten des Finite-Elemente-Programms ABAQUS eigene Modelle für Aluminiumlegierungen implementiert wurden. Diese Modelle werden dabei so formuliert, dass sie die tatsächlich im Werkstoff ablaufenden Mechanismen in einem mathematischen Modell abbilden. Die Grundlage hierfür bilden metallphysikalische und werkstoffmechanische Ansätze zur Beschreibung des plastischen Werkstoffverhaltens bei höheren Temperaturen und der Alterung durch das Wachstum der kleinen Verbindungen in den Aluminiumlegierungen. Die Basis für die Entwicklung der mathematischen Modelle bilden experimentelle Ergebnisse aus Werkstoffversuchen an einer Aluminiumlegierung, die für Zylinderköpfe eingesetzt wird. Die Versuchsdatenbasis beinhaltet dabei Informationen über den gesamten Temperaturbereich von Raumtemperatur bis zur maximalen Anwendungstemperatur im Zylinderkopf.

Zur Beschreibung der Alterung wurde das Alterungsmodell von Shercliff & Ashby [2,3] an vorliegende Versuchsergebnisse angepasst. Das Modell berücksichtigt explizit, dass es einen Festigkeitsbeitrag durch die fein verteilten kleinsten Verbindungen im Werkstoff in Abhängigkeit deren Größe gibt und dass sich die Konzentration der noch im Aluminium gelösten Legierungselemente verändert.

Referenzen/References:

- [1] T. Seifert, R. Hazime, C.-C. Chang, C. Hu, Constitutive Modeling and Thermomechanical Fatigue Life Predictions of A356-T6 Aluminum Cylinder Heads Considering Ageing Effects, SAE Technical Paper 2019-01-0534, 2019
- [2] H.R. Shercliff, M.F. Ashby, A process model for age hardening of aluminium alloys-I. The model, Acta Metallurgica et Materialia 38, 1789-1802, 1990
- [3] H.R. Shercliff, M.F. Ashby, A process model for age hardening of aluminium alloys-II. Applications of the model, Acta Metallurgica et Materialia 38, 1803-1812, 1990

Abbildung 2 zeigt, wie die ausgehärtete Aluminiumlegierung ihre Festigkeit in Abhängigkeit der Auslagerungszeit und -temperatur verliert. Dabei stellen die Linien die vom Alterungsmodell berechneten Festigkeiten dar, während die Symbole experimentelle Ergebnisse darstellen. Ausgehend von der Festigkeit nach der Aushärtung (Symbol ganz links), ist eine gute Beschreibung der Alterung möglich. Damit das Alterungsmodell nun in einer Berechnung des Bauteils verwendet werden kann, wurde es für die Anwendung mit dem Finite-Elemente-Programm ABAQUS programmiert.

Das plastische Werkstoffverhalten wird mit einem Plastizitätsmodell im Finite-Elemente Programm ABAQUS beschrieben, das es erlaubt, plastische Verformung, Kriechen und Spannungsrelaxation sowie die Verfestigung des Werkstoffs unter zyklischer Belastung zu berücksichtigen. Die dafür notwendigen Werkstoffkennwerte wurden auf Basis von vorliegenden Versuchsdaten aus der Werkstoffprüfung im gesamten Temperaturbereich bestimmt. Da das plastische Werkstoffverhalten jedoch unmittelbar mit der Festigkeit des Werkstoffs verknüpft ist, greift das Alterungsmodell direkt in das plastische Werkstoffverhalten in der Finite-Elemente-Berechnung ein und verändert die Festigkeit des Werkstoffs, je nachdem welche Temperaturgeschichte der Werkstoff erfahren hat. Im Ventilstegbereich wird beispielsweise eine starke Alterung auftreten, da dort hohe Temperaturen vorliegen. Entfernt vom Ventilstegbereich sind die Temperaturen deutlich niedriger, sodass dort kaum Alterung auftritt und der Werkstoff seine Festigkeit beibehält. Die Alterung des Werkstoffs hat damit einen direkten Einfluss auf die im Werkstoff auftretenden Spannungen und plastischen Dehnungen. In Abbildung 3 sind die in einem Aufheiz-Abkühlzyklus im Ventilstegbereich berechneten plastischen Dehnungen beispielhaft dargestellt. Dabei wurde in einer Finite-Elemente-Berechnung die Alterung des Werkstoffs nicht berücksichtigt (linke Abbildung) und in einer weiteren Berechnung das Alterungsmodell verwendet. Bei der Berücksichtigung der Alterung treten deutlich stärkere plastische Verformungen aufgrund des Festigkeitsverlusts auf, wodurch die Lebensdauer des Bauteils geringer eingeschätzt würde, als wenn die Alterung vernachlässigt würde. Mit den entwickelten Modellen können die Entwicklungsingenieure nun präzisere Lebensdauervorhersagen von ausgehärteten Aluminiumbauteilen treffen, die bei höheren Temperaturen eingesetzt werden.

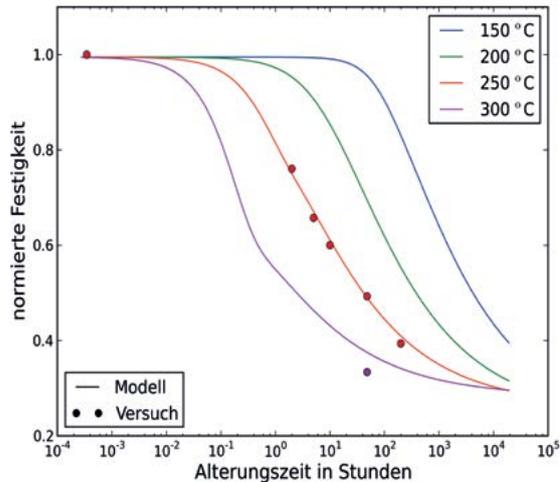


Abb. 2: Abfall der Festigkeit einer ausgehärteten Aluminiumlegierung für Zylinderköpfe in Abhängigkeit der Alterungszeit und -temperatur

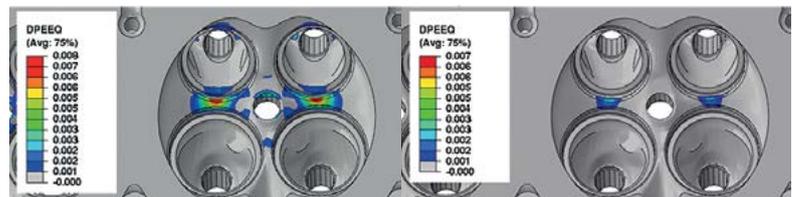


Abb. 3: Berechnete plastische Verformung in einem Aufheiz-Abkühlzyklus im Ventilstegbereich ohne Berücksichtigung der Alterung (links) und unter Verwendung des Alterungsmodells (rechts)

Zusammenfassung und Ausblick

Es wurden Berechnungsmodelle für Aluminiumlegierungen entwickelt, die neben den plastischen Werkstoffeigenschaften insbesondere den Einfluss der Alterung berücksichtigen. Die Modelle wurden in ein Finite-Elemente-Programm implementiert, sodass sie von Entwicklungsingenieuren bei der computer-gestützten Bauteilentwicklung mit Finite-Elemente-Programmen eingesetzt werden können. Durch die Berücksichtigung der Alterung können sich höhere plastische Verformungen in kritischen Bauteilbereichen ergeben, so dass für die computergestützte Lebensdauerbewertung ein deutlicher Einfluss vorliegt.

AUTOR



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

Betriebsstrategie für ein Leichtbaufahrzeug

Jonas Braun B.Eng., Prof. Dipl.-Ing. Claus Fleig

Für einen möglichst geringen Energieverbrauch müssen Fahrzeuge mit einer idealen Betriebsstrategie betrieben werden. Für das Fahrzeug „Schluckspecht V“ wurde diese bisher experimentell über aufwendige Fahrversuche ermittelt. Für eine schnellere, reproduzierbarere und besser analysierbare Vorgehensweise wurde ein einfach zu bedienendes Simulationsmodell aufgebaut und für Grundsatzuntersuchungen verwendet.

For the lowest possible energy consumption, vehicles must be operated with an ideal operating strategy. For the vehicle „Schluckspecht V“ this strategy was previously determined experimentally by elaborate road tests. For a faster, more reproducible and more analyzable method, an easy-to-use simulation model was developed and used for fundamental investigations.

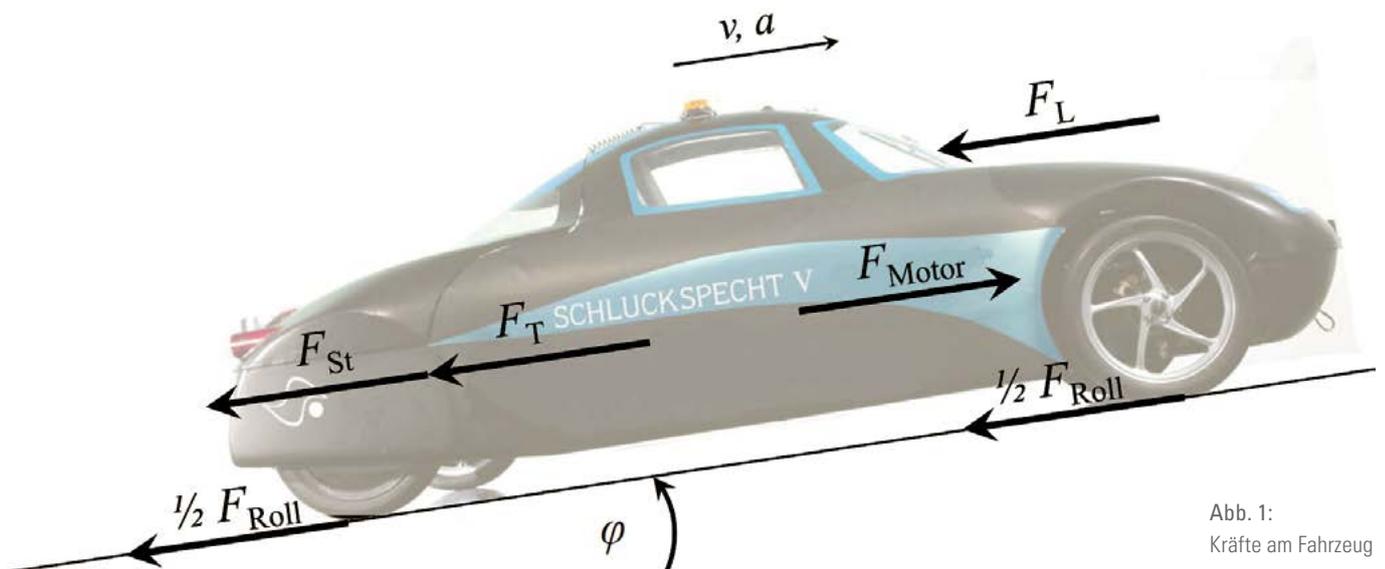


Abb. 1:
Kräfte am Fahrzeug

Einleitung, Motivation

Das Projekt „Schluckspecht“ der Hochschule Offenburg nimmt seit 1998 sehr erfolgreich an einem der weltweit größten Effizienzwettbewerbe für individuelle Mobilität dem „Shell Eco-marathon“ teil. 2018 konnte in London der 4. Platz in der Kategorie „Urban Concept“ mit Verbrennungsmotor erreicht werden. Bei diesem Wettbewerb treiben die Motoren aus Effizienzgründen die Fahrzeuge nicht kontinuierlich an, sondern werden nur zeitweise eingeschaltet, d. h., die Fahrzeuge werden kurzzeitig beschleunigt und anschließend ausgeschaltet – sie sind dann im „Segel-Modus“. Für einen möglichst niedrigen Energieverbrauch ist eine optimale Betriebsstrategie entscheidend. Die Betriebsstrategie umfasst insbesondere den Zeitpunkt, die Dauer und die Anzahl der Antriebsphasen.

Methodik und Ergebnisse

Zur Auslegung der Betriebsstrategie wurde ein einfach bedienbares Simulationsmodell in MATLAB aufgebaut. Die Simulation umfasst dabei neben der Motorantriebskraft F_{Motor} folgende Fahrwiderstandskräfte (s. Abb. 1 oben):

- Luftwiderstandskraft $F_L = \frac{1}{2} \rho c_W A v^2$
- Rollwiderstandskraft $F_{\text{Roll}} = \mu_{\text{roll}} m_{\text{FzG}} g$
- Steigungswiderstand $F_{\text{St}} = \tan \varphi m_{\text{FzG}} g$
- Trägheitswiderstand $F_T = m_{\text{ers}} a$

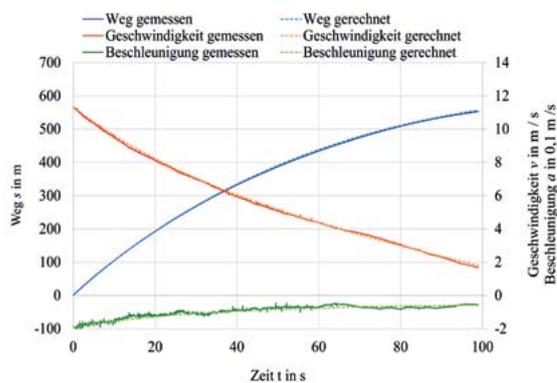
Für die Berechnung der idealen Fahrzeuggeschwindigkeit v und der Beschleunigung a sind neben dem Höhenprofil der Strecke für den Steigungswinkel φ die fahrzeugspezifischen Parameter Fahrzeugmasse m , die Projektionsfläche A , der Luftwiderstandsbeiwert c_W und der Rollwiderstandsbeiwert μ_{roll} relevant. Die

Masse m und die Fläche A konnten einfach über Messungen am Fahrzeug bzw. am CAD-Modell ermittelt werden. Für die Bestimmung der Ersatzmasse $m_{\text{Ersatz}} = m_{\text{Fzg}} + J_{\text{Räder}} / r_{\text{Rad}}^2$ mussten zudem experimentell die Massenträgheitsmomente aller Räder $J_{\text{Räder}}$ ermittelt werden. Die fahrzeugspezifischen Werte für c_W und μ_{roll} wurden am realen Fahrzeug über Ausrollversuche ermittelt. Mithilfe des Arbeitssatzes $W = \int F ds$ und der kinetischen Energie des Fahrzeugs $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_{\text{ers}} v^2$ können die benötigten Werte einfach über folgende Gleichungen bestimmt werden:

$$\int_1^2 (F_{\text{Roll}} + F_L) ds = E_{\text{kin1}} - E_{\text{kin2}}$$

$$\int_1^2 (\mu_{\text{roll}} m_{\text{Fzg}} g + \frac{1}{2} c_W A v^2) ds = \frac{1}{2} m_{\text{ers}} (v_1^2 - v_2^2).$$

Die Ausrollversuche wurden in der Ebene bei Windstille durchgeführt. Für die Bestimmung der Luftdichte ρ wurden die Temperatur und der Luftdruck gemessen und die Weg-Zeit-Verläufe des Fahrzeugs mehrfach aufgenommen. Aus diesen Ergebnissen konnte man dann die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverläufe ableiten (s. Abb. 2).



Gut zu erkennen ist, dass ab Geschwindigkeiten unter 4 m/s (14,4 km/h) sich die Beschleunigung kaum mehr verändert. Dies liegt daran, dass ab hier der geschwindigkeitsunabhängige Rollwiderstand dominiert und der Luftwiderstand weniger als 20 % der Gesamtverluste ausmacht. In der Darstellung sind auch die für die Simulation verwendeten berechneten Kurven dargestellt. Die Abweichungen zu den gemessenen Werten sind auf Messungenauigkeiten zurückzuführen. Mit diesen ermittelten Werten konnte nun die Gesamtfahrzeugsimulation aufgebaut werden. Für die reale Simulation des Rennens wurde zudem Folgendes eingearbeitet:

- reales Höhenprofil der Rennstrecke
- maximal zulässige Rundenzeit
- maximal zulässige Kurvengeschwindigkeiten
- Stillstand (Abbremsen) nach jeder Runde
- Kinetisch gespeicherte Energie im Schwungrad des Motors

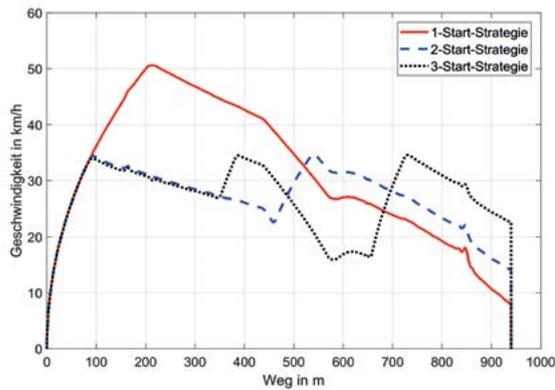
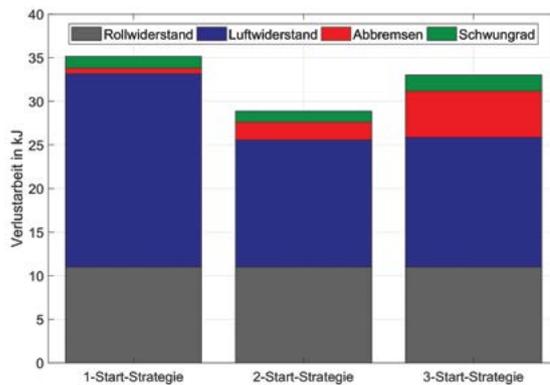


Abb. 3: simulierte Geschwindigkeitsverläufe bei einer Wettbewerbsrunde

Mit dieser Simulation konnte schnell die optimale Betriebsstrategie für den Shell Eco-marathon 2018 in London ermittelt werden. In Abbildung 3 sind für drei verschiedene Betriebsstrategien (1-, 2- oder 3-Start) die Geschwindigkeitsverläufe über dem Weg aufgetragen und in Abbildung 4 die dazugehörigen Verlustarbeiten:



Bei einer 1-Start-Strategie verursacht wegen der höchsten Spitzengeschwindigkeit der Luftwiderstand große Verluste. Bei einer 3-Start-Strategie kann der dritte Motorstart erst bei 650 m vorgenommen werden, da sonst eine zu hohe Kurvengeschwindigkeit in der vorausgehenden Kurve erreicht wird. Die damit verbundene hohe Geschwindigkeit am Rundenende führt zu hohen Abbremsverlusten. Die gespeicherten kinetischen Energien im Schwungrad des Motors, die nach dem Abstellen des Motors nicht mehr genutzt werden können, spielen eine untergeordnete Rolle. Interessant ist, dass bei der optimalen 2-Start-Strategie Luft- und Rollwiderstandsverluste nahezu gleich groß sind. Für eine weitere Verbesserung des Fahrzeugs lohnt es sich demnach, sowohl die Aerodynamik als auch die Fahrzeugmasse im gleichen Maß weiter zu optimieren.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit dieser neu entwickelten Simulation konnten wichtige Größen für die Betriebsstrategie 2018 festgelegt werden. Durch eine weitere Detaillierung der Simulation können zukünftig weitere Potenziale ausgeschöpft und Optimierungen zielgerichtet vorgenommen werden.

Aerodynamische Optimierung eines Leichtbaufahrzeugs

Yannik Elmenthaler B.Eng., Christophe Gerling M.Eng., Prof. Dipl.-Ing. Claus Fleig

Für die Neuentwicklung eines Niedrigenergiefahrzeugs ist die Aerodynamik von großer Bedeutung. Für den Nachfolger des Leichtbaufahrzeugs „Schluckspecht III“ wurden intensive Studien zur Karosseriegestaltung durchgeführt. Neben Versuchen im Windkanal wurde ein großer Teil der Auslegung über Strömungsberechnungen durchgeführt. Diese machten es möglich, die bereits gute aerodynamische Form des Fahrzeugs nochmals zu verbessern.

Aerodynamics are crucial for the development of a low-energy vehicle. In-depth studies on body design were carried out for the successor to the lightweight vehicle “Schluckspecht III”. In addition to measurements in the wind tunnel, a large part of the studies were carried out using flow calculations. Due to that, it was possible to improve the already good aerodynamic shape of the vehicle.



Abb. 1:
Schluckspecht III

Einleitung, Motivation

Das Team „Schluckspecht“ verfügt neben dem vierradrigen „Schluckspecht V“, der in der Urban-Concept-Klasse startet, auch über ein Fahrzeug für die Prototypklasse – den „Schluckspecht III“. Die Karosseriegestaltung ist in der Fahrzeugklasse „Prototype“ im Gegensatz zur „Urban-Concept“-Klasse mit nur wenigen reglementbedingten Beschränkungen verbunden. Daher können in dieser Klasse die Fahrzeugkarosserien hinsichtlich Aerodynamik sehr frei gestaltet werden. Für den zurzeit in der Entwicklung befindlichen Nachfolger des „Schluckspecht III“ ist eine weitere Optimierung der Aerodynamik von großem Interesse, da rund 50 % der Antriebsenergie beim Rennen zur Überwindung des Luftwiderstandes aufgebracht werden müssen.

Methodik und Ergebnisse

Zu Beginn der Entwicklung wurden mehrere Karosseriekonzepte untersucht und mit der bestehenden Karosserieform rechnerisch verglichen [1]. Die Beibehaltung des bestehenden Konzepts aus einem Hauptkörper und zwei freistehenden Rädern erwies sich dabei als vorteilhaft. So sind durch diese Gestaltung, neben einer Verbesserung der Aerodynamik, folgende weitere wichtige Aspekte gut umsetzbar:

- Tiefer Fahrzeugschwerpunkt, große Spur- und Sturzweite für gute Fahrdynamik
- Ausreichendes Sichtfeld
- Ergonomische Gestaltung des Fahrzeuginnenraums

Referenzen/References:

- [[1] Teufel, Raphael. „Neukonzeptionierung des Schluckspecht III“, Seminararbeit HSO, 2016
[2] Schütz, Thomas: „Hucho – Aerodynamik des Automobils“, ISBN 978-3-8348-2316-8., Wiesbaden 2013

Verbesserungspotenzial in der Aerodynamik zeigte sich insbesondere in folgenden Bereichen:

- Gestaltung des Fahrzeughecks
- Radkästen an den freistehenden vorderen Rädern

Basierend auf diesen konzeptentscheidenden Kriterien wurde eine neue Fahrzeugkarosserie entwickelt. Ein Vergleich der Umströmung ist in Abb. 2 rechts dargestellt.

Durch eine spitzere Gestaltung des Bugs folgt die Strömung von Beginn an besser der Fahrzeugkontur. Im Heckbereich wurde sowohl der Unterboden als auch die Fahrzeugoberkante modifiziert. Bei dem Fahrzeugunterboden wurde großen Wert auf eine bessere Umströmung der Radaussparung gelegt. Im oberen Bereich des Hecks erwiesen sich ein konstanter Winkel von 7° und eine senkrechte Abrisskante als guter Kompromiss zwischen der Fahrzeuglänge, die um 115 mm vergrößert wurde, und dem Luftwiderstand. Allein durch diese Änderungen konnte eine rechnerische Verbesserung des Luftwiderstandes von 4 % erreicht werden.

Bei der aerodynamischen Verkleidung der vorderen gelenkten Räder gibt es grundlegend verschiedene Ausführungsmöglichkeiten. Diese unterscheiden sich darin, ob der Radkasten seitlich offen oder geschlossen ist und ob der Radkasten der Lenkbewegung der Räder folgt und unbeweglich ist. In Abb. 3 rechts sind die relevanten Varianten dargestellt. Gut zu erkennen ist, dass die offene Variante (ORS) und die mitbewegte Variante (GRM) schmal ausfallen können. Dies hat Vorteile im Luftwiderstand, der sich wie folgt berechnet:

$$F_L = \frac{1}{2} \rho c_W A v^2$$

mit ρ : Dichte der Luft, c_W : Widerstandsbeiwert, A : Projektionsfläche, v Geschwindigkeit.

Durch die schmalere Gestaltung beim ORS wird die Projektionsfläche kleiner als bei dem geschlossenen, starren Radkasten (GRS) aber größer als bei dem unverkleideten Rad. Neben der Projektionsfläche ist der c_W -Wert noch von großer Bedeutung. Dieser beschreibt, wie strömungsgünstig die Form unabhängig von ihrer Größe ist. Beim Radkasten sind zwei Strömungsbereiche zu betrachten: die Innen- und die Außenströmung. Da sich das Rad im Innern des Radkastens bewegt, entsteht auch hier eine Luftströmung, die insbesondere beim offenen Radkasten mit der Außenumströmung interagiert.

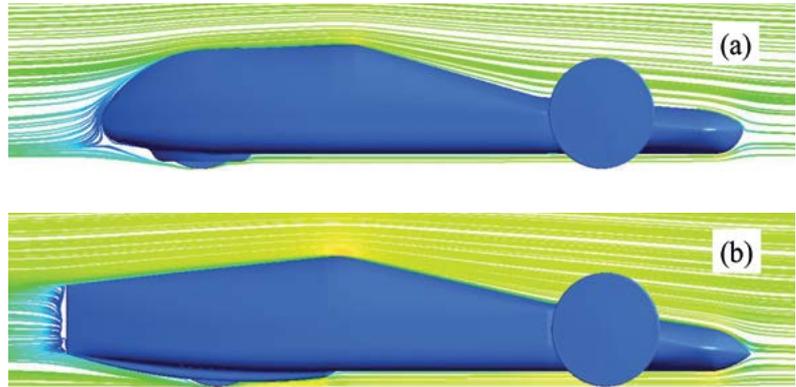


Abb. 2: Stromlinienbild des Schluckspecht III (a) und des optimierten Modells (b)

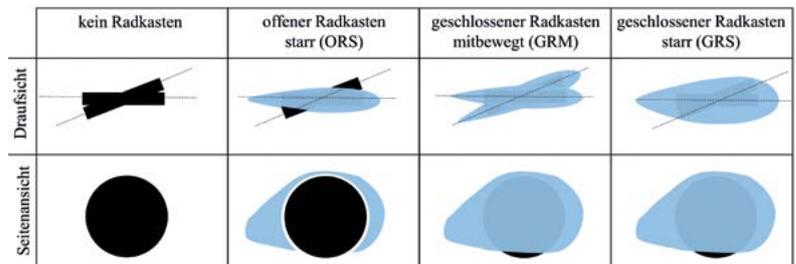


Abb. 3: schematische Darstellung der Radkastenvarianten bei Geradeaus- und Kurvenfahrt

Für die Bewertung der unterschiedlichen Radkastenkonzepte wurden zunächst grundlegende Berechnungen durchgeführt. Diese zeigten einen klaren Vorteil des GRM-Konzepts. In Abbildung 4 sind die entsprechenden Berechnungsergebnisse in Form von Stromlinienbildern dargestellt. Die Varianten mit Radkasten ermöglichen eine bessere Zusammenführung der Luftströmung hinter dem Rad. Bei den geschlossenen Varianten ist zudem eine nahezu störungsfreie Strömung im Innenraum des Radkastens zu sehen. Durch die Kombination aus guter Umströmung, störungsarmer Innenströmung und geringer Projektionsfläche hat die GRM-Variante den geringsten Luftwiderstand.

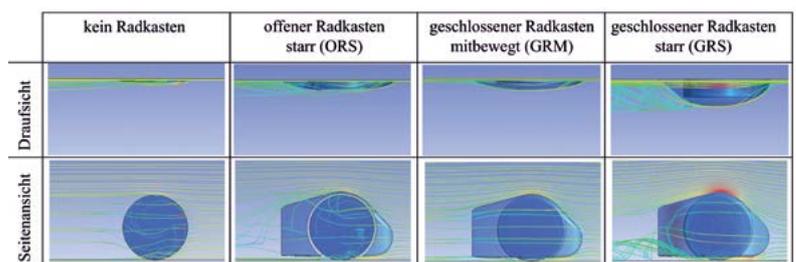


Abb. 4: Stromlinien bei den verschiedenen Radkastenvarianten bei Geradeausfahrt

Für die Detailoptimierung ist die Variation der Radkastengeometrie notwendig. Ziel dabei ist es, einen möglichst kleinen Widerstandsbeiwert bei gleichzeitig geringen Abmessungen zu erhalten. Des Weiteren ist ein kurzer Radkasten notwendig, um bei maximalem Lenkeinschlag ein Touchieren des Radkastens am Monocoque zu vermeiden. Außerdem ist ein schnelles Absenken der Oberkante des Radkastens wichtig, da dieser sonst das Sichtfeld der Fahrerin zusätzlich einschränkt.

Für eine schnelle und einfache Geometrievariation wurde mit der CAD-Software „Creo“ ein parametrisches Modell aufgebaut, das 17 Parameter umfasst. Dabei sind die in Abb. 5 gezeigten zehn Parameter ausreichend für die Definition der Seitenkontur des Radkastens. Somit können mit wenig Aufwand Parameterstudien schnell erstellt werden. Dadurch, dass die einzelnen definierten Parameter nur einen sehr lokalen Einfluss auf die Gesamtform des Radkastens haben, konnte deren Einfluss auf die Aerodynamik des Körpers Stück für Stück untersucht werden. Wie dabei nachgewiesen werden konnte, gelten viele der Empfehlungen für einen aerodynamischen Körper auch für die Ausformung eines Radkastens. So sollte sich beispielsweise die Spitze des Radkastens auf circa einem Drittel der Gesamthöhe befinden und die Gesamtkontur möglichst weit auslaufend gestaltet werden [2]. Durch Kombination der gefundenen Optimalwerte für die einzelnen Parameter konnte eine Radkastengeometrie definiert werden, die lediglich 56 % der Luftwiderstandskraft eines nicht ummantelten Rads aufweist. Durch Anpassung des Radkastens für ein freies Sichtfeld der Fahrerin erhöht sich dieser Wert geringfügig auf 64 %.

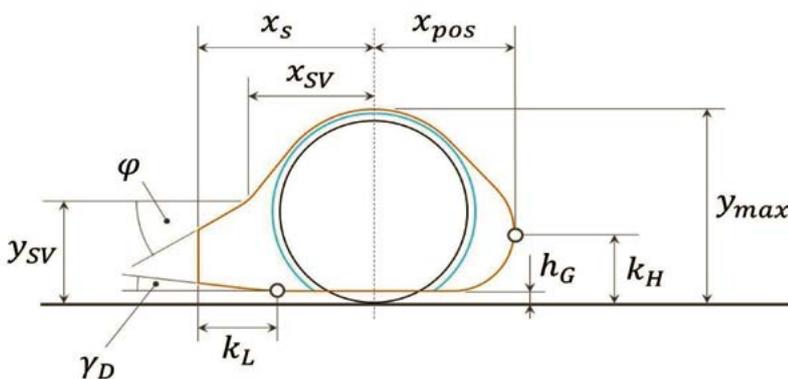


Abb. 5: Skizze des parametrischen Modells mit den zehn wichtigsten Parametern

Zusammenfassung und Ausblick

Durch intensive und detaillierte Strömungssimulationen konnte der Nachfolger von „Schluckspecht III“ aerodynamisch weiter verbessert werden. Insbesondere der Einsatz von Radkästen zeigt erhebliches Potenzial in der Verringerung des Luftwiderstands.

Beim Shell Eco-marathon 2020 wird das neue Fahrzeug erstmals im Rennen eingesetzt. Durch die Optimierungen ist ein um mindestens 10 % geringerer Luftwiderstand zu erwarten. Neben den aerodynamischen Maßnahmen wird das neue Fahrzeug zudem noch leichter und erhält einen verbesserten Antriebsstrang. Ziel des Teams ist es, mit dem neuen Schluckspecht den bisherigen Rekord von 640 km/kWh klar zu überbieten und weiterhin beste Platzierungen bei den Rennen zu erreichen.

Autoren der Artikel „Betriebsstrategie für ein Leichtbaufahrzeug“ und „Aerodynamische Optimierung eines Leichtbaufahrzeugs“ (S. 37–41):

AUTOREN	
	Jonas Braun B.Eng. Student M+V jbraun1@stud.hs-offenburg.de
	Yannik Elmenthaler B.Eng. Student M+V yelmenth@stud.hs-offenburg.de
	Christophe Gerling M.Eng. Doktorand bei der Robert Bosch GmbH christophe.gerling@de.bosch.com
	Prof. Dipl.-Ing. Claus Fleig Gesamtprojektleiter „Schluckspecht“, Fakultät M+V claus.fleig@hs-offenburg.de

Konstruktionsausbildung – Fallstudien mit Augenbewegungsanalysen

Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi, Prof. Dr.-Ing. Grit Köhler

In den hier vorliegenden Fallstudien wurden mehrere Studierende des Studiengangs Maschinenbau an der Hochschule Offenburg im Alter von 18 bis 28 Jahren bei der Lösungsfindung für Konstruktionsaufgaben mit der Eye-Tracking-Technologie und einer Videokamera beobachtet. Ziel der empirischen Untersuchung war es, die praktische Fähigkeit von Studierenden beim Lesen, Verstehen und Analysieren von technischen Darstellungen zu fördern. Die Auswertung der Augenbewegungen zeigt, dass die zunehmende Digitalisierung der Gesellschaft und der Umgang mit elektronischen Kleinstgeräten im Alltag zu einem punktuellen und flüchtigen Wahrnehmungsverhalten führen und dass sich die Studierenden im Umgang mit technischen Zeichnungen unsicher fühlen. Die Analyse der Videos zeigt eine meist nicht-technische und ungenaue Ausdrucksweise und eine schlechte Verwendung von Fachbegriffen.

In these case studies, numerous students of mechanical engineering at the University of Applied Sciences Offenburg, aged 18 to 28, with different educational backgrounds and attending different semesters, were observed finding solutions for technical tasks in the field of construction using the eye-tracking technology and a video camera. The aim of this work is to enhance the practical ability of students to read, understand and analyse complex engineering drawings. The evaluation of the eye movements shows that the increasing digitalisation of society and the use of electronic devices in everyday life lead to fast and only selective perceptual behavior. Students feel increasingly insecure when dealing with technical drawings. The analysis of the videos shows a mostly non-technical and inaccurate manner of expression and a poor use of technical terms.

Motivation und Zielsetzung

Die Ergebnisse der Studierenden des Studiengangs Maschinenbau an der Hochschule Offenburg beim Präsentieren, Lesen und Verstehen von technischen Darstellungen lassen immer weiter nach. Heutige Produkte werden zunehmend vielschichtiger. Gleichzeitig nehmen infolge der Globalisierung die Schnittstellen innerhalb des Gesamtentwicklungsprozesses immer mehr zu. Dabei werden komplexe Darstellungen zur Repräsentation der Produktdaten in Form von Freihandskizzen, technischen Zeichnungen, CAD- und FEM-Modellen angefertigt. Außerdem gehört das Halten von Präsentationen, in denen komplizierte Sachverhalte in kurzer Zeit zusammengefasst werden müssen, heutzutage zum Berufsalltag von IngenieurInnen. Im Rahmen der Konstruktionsausbildung wird die Lehre in den Fächern Technische Dokumentation und CAx-Techniken fortlaufend optimiert. Um diesen Prozess effizient und zielgerichtet zu gestalten, werden empirische Laboruntersuchungen zu den Schlüsselkompetenzen Präsentieren, Raumvorstellungskraft, Lese- und

Verstehfähigkeit von technischen Zeichnungen durchgeführt. Da diese grundlegenden Qualifikationen sowohl für das Studium als auch das spätere Berufsleben elementar sind, müssen sie im Studium intensiv eingeübt werden [1].

Ziel dieser Arbeit ist es, mit verschiedenen empirischen Methoden herauszufinden, warum die Studierenden in technischen Studiengängen zunehmend Schwächen in den oben genannten praktischen Schlüsselkompetenzen aufweisen und daraus abzuleiten, wie diese Mängel gemindert bzw. vorhandene Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Lehre gefördert werden können.

Untersuchung der Raumvorstellungsfähigkeit

Getestet wurden 148 Maschinenbaustudierende aus dem ersten, zweiten und sechsten Semester. Ihr Durchschnittsalter betrug 21,4 Jahre. Mit den Studierenden wurden Schlauchfigurentests nach Stumpf und Fay [2] zur Erfas-

sung ihrer Kompetenz der mentalen Rotation durchgeführt. Dieser Test besteht aus zwei Teilen: A und B, wobei der Schwierigkeitsgrad des Teils B deutlich höher ist. Fast die Hälfte aller ProbandInnen wurde bezüglich ihres Raumvorstellungsvermögens als durchschnittlich im Teil A und als weit unterdurchschnittlich im Teil B eingestuft [3]. Die Testpersonen zeigten bei der Lösungsfindung der deutlich schwereren Figuren im Teil B Ungeduld und Konzentrationsschwächen. Folgerichtig wurden nur etwa zwei Drittel aller Aufgaben überhaupt bearbeitet und davon ca. 50 % fehlerhaft [3].

Konzept der Mikropräsentationen

Bei einer Mikropräsentation handelt es sich um einen Vortrag mit einer Dauer von maximal 100 s, in dem die erarbeiteten Untersuchungsergebnisse einer technisch orientierten Aufgabe präsentiert und in einer klaren Ausdrucksweise vor Publikum gehalten werden [4]. Vortragende und Publikum sind auf demselben Wissensstand. Die Studierenden bewerten sich gegenseitig. Die Studierenden sollen die Vortragsituation als notwendige Kommunikationssituation begreifen lernen. Sie sollen einerseits in den Vorträgen ihre rhetorischen Kompetenzen vorzeigen und andererseits die Aneignung von Grundwissen nachweisen.

Eye-Tracking bei der Mikropräsentation

Die Studierenden aus dem Hauptstudium sollen ihre aus einer einzigen Folie bestehenden Mikropräsentationen in vier Quadranten Q1 (Bereich der Aufgabenstellung), Q2 (FEM-Ergebnis), Q3 (technisches Diagramm) und Q4 (textliche Zusammenfassung) aufteilen. Zur detaillierten Erfassung der Ergebnisse werden diese Quadranten mit sogenannten Areas of Interest (AOIs) versehen. Q1 zeigt die Aufgabenstellung in bildlicher Form. Daher sollte die Verweildauer hier ein Drittel oder mehr der Ge-

samtzeit betragen. Ohne eine Identifizierung der Aufgabenstellung kann die Aufgabe nicht erfolgreich gelöst werden. Um den Zusammenhang zwischen Aufgabenstellung und FEM-Ergebnis zu erkennen, müssten bei der Erläuterung der Darstellung der Spannungsverteilung in Q2 Sakkaden zwischen Q1 und Q2 vorhanden sein. Aus den vorhandenen Sakkaden zwischen Q1 und Q2 kann auf ein Grundverständnis geschlossen werden. Die Blickpfade zwischen Q1 und Q3, dem technischen Diagramm, sollten ausgeprägt sein. Die Betrachtung von Q3 als Zusammenfassung des Ergebnisses in verdichteter grafischer Form sollte ein weiteres Drittel der Gesamtzeit in Anspruch nehmen. Für die Betrachtung von Q4, der verbalen Zusammenfassung, sollte nicht viel mehr als 10 % der Gesamtzeit verwendet werden.

Die durchschnittliche Verweildauer in Q1 ist mit 24 % deutlich kürzer als für die vollumfängliche Interpretation der Aufgabenstellung erforderlich gewesen wäre. Dafür ist die Verweildauer in Q4 mit 27 % der Gesamtzeit deutlich größer als gewünscht. Das ist ein Anzeichen dafür, dass die Fähigkeit, die wesentlichen Ergebnisse einer Untersuchung zu erkennen, noch nicht ausgeprägt ist. Für die Auseinandersetzung mit dem eigentlichen Ergebnis verwenden die Studierenden weniger als die Hälfte der zur Verfügung stehenden Zeit (Q2 = 21 %, Q3 = 28 %, Q2+Q3 = 49 %). Diese Tendenz zum „Schnell, schnell“, die eine sorgfältige und gewissenhafte Auseinandersetzung mit einer Aufgabe verhindert, ist heutzutage nicht nur bei Studierenden zu beobachten.

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Heatmaps eines Experten (links) und eines überdurchschnittlich guten Probanden (rechts). Das Bild zeigt, dass sich der Proband mit allen vier Quadranten befasst hat und die Zeiteinteilung dabei vorbildlich war. Damit kam er der Vorgabe des Experten sehr nahe.

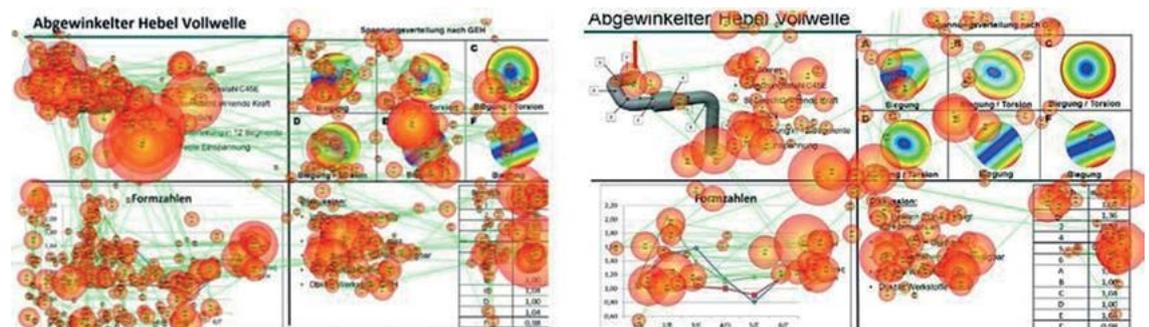


Abb. 1: Heatmaps Q1-Q4 des Experten (li) und eines überdurchschnittlich guten Probanden (re)

Eye-Tracking beim Betrachten technischer Diagramme

Technische Diagramme sind eine Repräsentationsform, die in wissenschaftlichen Untersuchungen ungenügend gewürdigt wird. Die Auswertung der Eye-Tracking-Analyse für das Ansehen des technischen Diagramms (Q3) ergab folgende durchschnittliche Zeitanteile der Testpersonen: 48 % für die Kurvenverläufe, 31 % für die Legende, 11 % für den Titel, 6 % für die x-Achse und 4 % für die y-Achse. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 1, in dem Q3 vergrößert dargestellt wird. Hier wird die höhere Wertschätzung des Diagramms seitens des Experten eindeutig sichtbar.

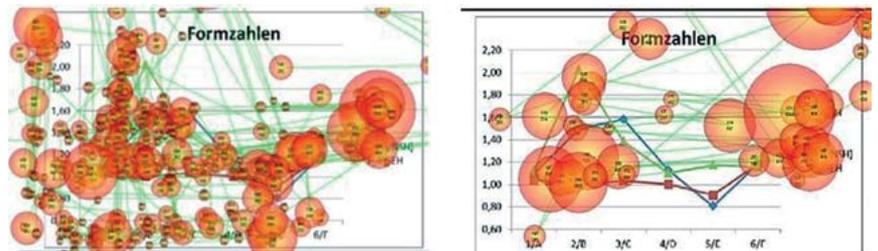


Abb. 2: Heatmaps Q3 des Experten (li) und eines überdurchschnittlich guten Probanden (re)

Eye-Tracking beim Lesen und Verstehen technischer Zeichnungen

Für diesen Versuch wurden die Studierenden bei der Lösungsfindung für eine typische Aufgabenstellung aus dem Bereich „Technisches Zeichnen“ beobachtet. Die Aufgabe, wie in Abbildung 3 ersichtlich, beinhaltet ein winkelförmiges Bauteil mit zwei Fasen und zwei Absätzen. Auf jedem Absatz ist auf entgegengesetzter Seite jeweils ein Zylinder angebracht. In der Mitte des Winkels auf der Außenseite befindet sich ein weiterer Absatz mit einer durchgehenden Bohrung. Die Testpersonen erhalten die Vorderansicht und Draufsicht des Werkstücks. Sie müssen entscheiden, welche der vier vorgelegten Seitensichten die richtige ist.

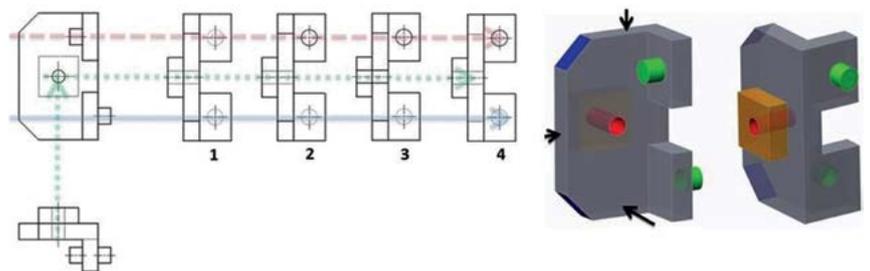


Abb. 3: Mögliche Vorgehensweise und Darstellung von Vorderansicht und Draufsicht des Bauteils sowie der vier Seitensichten von links zur Auswahl

Eine mögliche Vorgehensweise ist: Auf dem rot gestrichelten ersten Blickpfad kann die Versuchsperson die Fase und den zylindrischen Absatz, in den vier Seitensichten auf eine durchgezogene Linie kontrollieren. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass Ansicht 1 und 4 fehlerhafte Darstellungen sind. Auf dem grün gepunkteten zweiten Blickpfad ist unter Berücksichtigung der Draufsicht zu erkennen, dass die Bohrung durchgehend ist. Daher muss sie gestrichelt dargestellt werden. Deshalb kann Ansicht 3 als fehlerhaft ausgeschlossen werden. Daraus folgt, dass Ansicht 2 korrekt ist.

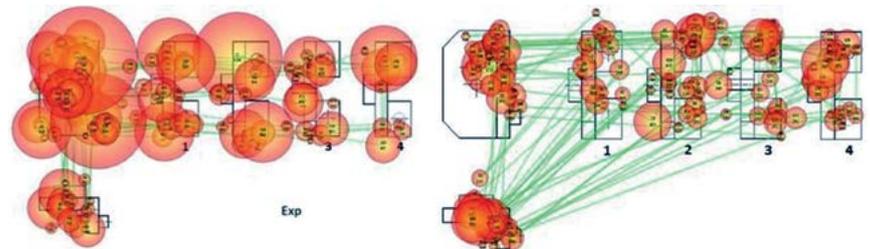


Abb. 4: Heatmaps des Experten (li) und einer Probandin (re) beim Betrachten einer technischen Zeichnung

Die Trefferquote bei allen Studierenden lag bei durchschnittlich 47 %. Da alle Studierenden die Regeln zur Lösungsfindung kennen müssten, müssen andere fehlende Kompetenzen (z. B. Raumvorstellungsvermögen, heuristische Kompetenz) die Ursachen für das schlechte Abschneiden sein. Die Auswertung der Eye-Tracking-Daten zeigt, dass ein Drittel der Probanden sich Zeit für eine ausführliche Betrachtung von Vorderansicht und Draufsicht nimmt. Ein weiteres

Drittel beginnt zu schnell mit der Lösungsfindung. Das letzte Drittel hat die Entscheidungskriterien für die Lösungsfindung nicht erkannt. Ein Indiz hierfür ist die hohe Zahl an Fixationen und/oder viele Sakkaden. Abbildung 4 zeigt beispielhaft die Heatmaps des Experten (links) und einer Probandin (rechts). Die Sakkaden der Probandin wirken wirr und unüberlegt. Die große Zahl der Sakkaden lässt auf eine vorhandene Unsicherheit schließen. Die Person nahm sich nicht ausreichend Zeit, um die zylindrischen Absätze in der Seitenansicht zu untersuchen. Die Draufsicht wurde ausführlich betrachtet, was nicht erwünscht war.

Eye-Tracking bei der Analyse einer Baugruppenzeichnung

In einer weiteren Untersuchung wurden die Studierenden mit der Eye-Tracking-Technologie und einer Videokamera bei der Analyse einer Baugruppenzeichnung beobachtet. Die vorliegende Zeichnung besteht aus verschiedenen Ansichten und Schnitten. Anhand dieser sollten sie im ersten Aufgabenteil die Funktion eines Parallelgreifers (Abbildung 5) beschreiben. Im zweiten Aufgabenteil sollten sie die Schritte der Demontage benennen. Dabei war anzunehmen, dass ein bestimmtes verschlissenes Bauteil (Zylinderstift) ausgewechselt werden muss. Die Ergebnisse der Videoaufzeichnung sollten mit den Heatmaps in Bezug gesetzt werden, um mögliche Zusammenhänge zwischen Gesehenem und Gesprochenem zu erkennen. Außerdem sollte untersucht werden, wie viele technische Substantive und Verben die ProbandInnen verwenden.

Nach Ansicht der Autoren kann die Funktion der mechanischen Baugruppe verbal unter der Verwendung von fünfzehn verschiedenen technischen Substantiven und sechs verschiedenen technischen Verben in einer Zeit von 150 s erklärt und die Demontage der Bauteile gedanklich mit neun Fachbegriffen und fünf technischen Verben in einer Zeit von 120 s überprüft werden [5].

Dieses Experiment ist die Fortführung der 100-s-Mikropräsentationen. Die Studierenden waren aufgefordert, ein Verständnis, das sie sich während der Lösung einer vorausgehenden Konstruktionaufgabe erarbeitet hatten, einer anderen Person darzulegen. Dadurch,

dass die Testpersonen dabei nicht nur mithilfe des Eye-Tracking-Verfahrens, sondern zusätzlich mit einer Videokamera aufgezeichnet wurden, war es möglich, die Verknüpfung von Augenbewegung und „lautem Denken“ zu analysieren. Die aufgestellte Arbeitsthese, dass die Augenbewegungen dem Denkprozess folgen, konnte so stark unterstützt werden.

Die Ergebnisse der vorausgegangenen Konstruktionaufgabe hatten gezeigt, dass nahezu alle Testpersonen in der Lage waren, diese zu lösen. Das Defizit lag hier nicht im Verständnis. Dafür zeigte sich bei vielen Probanden eine mangelnde Fähigkeit, ihr eigenes Verständnis einer dritten Person strukturiert und verständlich darzulegen. Ebenso wurden von den meisten Probanden kaum Fachtermini verwendet. Die Videoaufnahmen zeigen eine durchschnittliche Verwendung von fünf technischen Substantiven und drei technischen Verben pro Lösung. Das galt sowohl für die Funktions- als auch für die Demontagebeschreibung. Häufig wurden anstelle eines korrekten Fachbegriffs die Positionsnummern genannt. Anstatt eines zutreffenden technischen Verbs wurde wiederholt ein umgangssprachlicher Begriff benutzt. Weiterhin wurde aus den vorausgehenden Versuchen bestätigt, dass die verfügbare Zeit bei Weitem (Funktionsbeschreibung: ca. 66 s, Demontagebeschreibung: ca. 77 s) nicht ausgeschöpft wurde und dass sich eine fehlende Strukturiertheit in den gesprochenen Sätzen in unruhigen und „wirren“ Blickpfaden widerspiegelte.

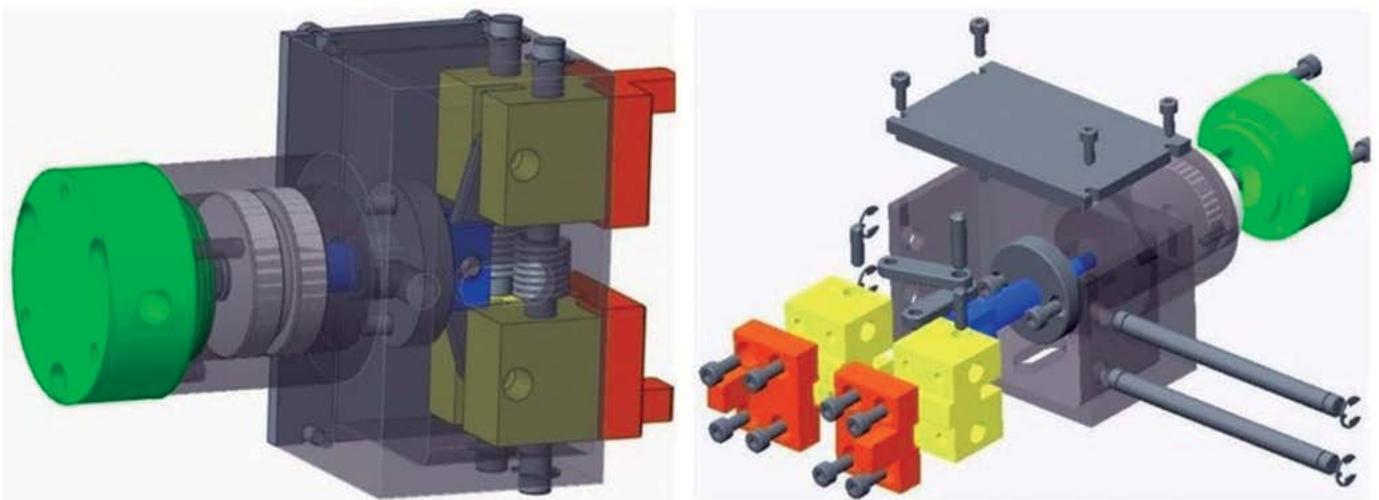


Abb. 5:
CAD-Modell der Baugruppe des Parallelgreifers

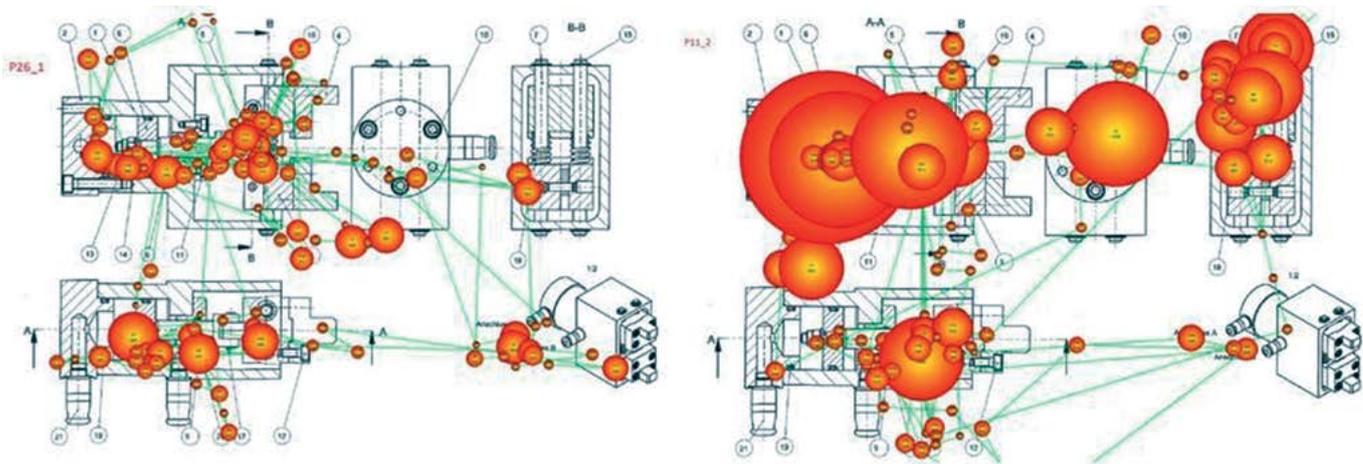


Abb. 6:
Heatmaps der Baugruppenzeichnung von zwei Probanden: Funktionsbeschreibung (li.), Demontagebeschreibung (re.)

Abbildung 6 (li.) zeigt beispielhaft die Heatmap eines Probanden bei der Funktionsbeschreibung. Viele kurze Fixationen und Sakkaden deuten auf ein kaum vorhandenes Fachwissen hin. Dies bestätigt die Videoaufnahme, die die Verwendung nur eines technischen Substantivs und eines technischen Verbs zeigt. Abbildung 6 (re.) zeigt beispielhaft die Heatmap einer anderen Versuchsperson bei der Demontagebeschreibung. Sie zeigt lange Fixationen in den AOl, vor allem auf der Vorderansicht. Die Person nimmt sich viel Zeit, um die Ansichten ausführlich zu betrachten. Die Videoaufzeichnung zeigt eine strukturierte Vorgehensweise und eine Verwendung vieler technischer Begriffe.

Schlussfolgerungen

Aus den hier vorliegenden empirischen Untersuchungen ergaben sich Rückschlüsse über das visuelle Vorgehen von Studierenden bei der Analyse, Interpretation und Präsentation technischer Darstellungen in bildlicher und textlicher Form. Folgende grundlegende Aussagen können getroffen werden:

- Die Fähigkeit der Studierenden, sich aus technischen Darstellungen selbstständig Wissen zu erarbeiten, ist unzureichend vorhanden. Es wurden Defizite im Konzentrations- und Abstraktionsvermögen, beim logischen Denken und Schlussfolgern und bei der Fähigkeit zu strukturiertem Vorgehen beobachtet.
- Weiterhin schöpfen die Studierenden die zur Verfügung stehende Zeit bei der Bewältigung theoretischer Aufgabenstellungen selten aus und setzen sich oft unzulänglich mit einer Aufgabenstellung auseinander.

- Die Bedeutung einer korrekten technischen Ausdrucksweise unter Verwendung von Fachbegriffen wird von ihnen deutlich unterschätzt, ebenso die Verwendung von Abbildungen, insbesondere von technischen Diagrammen.
- Demgegenüber wurden gute Fertigkeiten und eine Beharrlichkeit bei der Lösung praktischer Aufgabenstellungen nachgewiesen.

Aus Sicht der Autoren sind deshalb zwei Aufgaben in der Lehre vorrangig zu lösen:

- Durch einen starken Praxisbezug mit interessanten Projekten und durch den Einsatz von IT-Tools, die von den meisten Studierenden intuitiv richtig eingesetzt werden, Motivation und „Erfindergeist“ zu wecken und zu fördern und frühe Erfolgserlebnisse zu schaffen, um so „Durchhaltevermögen“ für das Trainieren der erforderlichen Schlüsselkompetenzen zu bewirken.
- Die Förderung praktischer und personenbezogener Kompetenzen muss stetig vorangetrieben werden, deren Vermittlung parallel zu den Fach- und Methodenkompetenzen in ausgewogener Weise erfolgen muss.

Referenzen/References:
 [1] Daryusi, A.; Köhler, G.: Empirische Untersuchungen zum visuellen Wahrnehmen beim Lesen und Verstehen Rostock, Shaker Verlag Aachen, S. 47-58, ISBN 978-3-8440-4732-5
 [2] Stumpf, H.; Fay, E.: Schlauchfiguren. Ein Test zur Beurteilung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Göttingen u. a.; Hogrefe 1983 techn. Zeichnungen. 14. Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2016, 06. – 07. Okt., 2016
 [3] Daryusi, A.: Förderung der Raumvorstellung in der Konstruktion. HSO IAF, Forschungsbericht: fif, Ausgabe Nr. 20, S. 18–20, 2017
 [4] Daryusi, A.; Schröder, N.: Neue Wege zur Stärkung der Präsentationskompetenz u. Teamfähigkeit in der Technikausbildung. In: lernen & lehren, 28. Jahrg. (2013), Heft 111 (3/2013), S. 127-132, ISSN 0940-7340
 [5] Daryusi, A.: Blickbasierte Analyse einer Baugruppenzeichnung. Im Tagungsband: Digitalisierung in der Techniklehre. Wege zu techn. Bildg. 12. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2017, 11.–13. Mai an der 2017 TU Ilmenau, Druck: Uni. Siegen – UniPrint, S. 157–164, ISBN 978-3-9818728-1-1

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi
 Leiter CAD/CAE- Labor, Fakultät M+V,
 Professur für Maschinenelemente und
 CAD/CAE
 ali.daryusi@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Grit Köhler
 Prodekanin der Fakultät M+V,
 Professur für elektrische Netze und Anlagen
 grit.koehler@hs-offenburg.de

MEDIEN UND INFORMATIONSWESEN

In Lehre und Forschung zeichnet sich die Fakultät Medien und Informationswesen durch ihren besonderen interdisziplinären Charakter aus, der durch verschiedene Schwerpunkte in den Disziplinen der Mediengestaltung, Medienwirtschaft, Medieninformatik und Medientechnik inhaltlich geprägt wird.

2018 wurden in nahezu allen Mediendisziplinen Drittmittelprojekte verschiedenster Art bearbeitet. Im Bereich der IT-Sicherheit sind neben schon länger andauernden Projekten, wie „PAL SAAA“ (Building Triangular Trust for Secure Cloud Auditing) zwei neu entstandene Projekte zu nennen. Dabei beschäftigt sich das Projekt namens „CB-Sec“ zum Beispiel mit der Adaptation von Cloud und Blockchain-Sicherheit in der Industrie 4.0, während im Rahmen von „CloudProtect“ neue Ansätze für den Cloud-basierten Schutz und das Lizenzmanagement bei industriellen Softwarelösungen und Infrastrukturen erforscht werden.

Darüber hinaus wurde ein spannendes Verbundprojekt mit der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und der Humboldt-Universität zu Berlin gestartet, das sich unter dem Titel „Gendering MINT digital – Open Science aktiv gestalten“ die Stärkung von Genderkompetenzen in den MINT-Fächern zum Ziel setzt. Außerdem ist die Gestaltung von User Interfaces und

die Analyse der damit eng verbundenen User Experience ein typisches Forschungsfeld der Fakultät, mit dem sich zahlreiche Kolleginnen und Kollegen aus unterschiedlichen Blickwinkeln beschäftigen.

Ideenwettbewerbe, kulturelle Veranstaltungen, künstlerische Ausstellungen und Performances sind zudem eine weitere Besonderheit der Fakultät M+I. Dabei sind die SHORTS als mittlerweile trinationales Filmfestival seit fast 20 Jahren eine zentrale Plattform, um die mediale und filmgestalterische Kompetenz der M+I-Studierenden öffentlichkeitswirksam zu präsentieren.

Gleichzeitig spiegelt sich die interdisziplinäre Vielfalt auch in den Veröffentlichungen der Fakultät wider. In diesem Zusammenhang steht beispielsweise das Thema „Digital Leadership“ im Zentrum, wobei aktuelle Anforderungen an den Nonprofit-Sektor im Bereich von Schulen und Kommunalverwaltungen diskutiert werden.

Beispielhafte Einblicke in die Forschungsarbeit der Fakultät M+I werden in den folgenden Beiträgen gegeben.

Dekanin Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock



CloudProtect – Ein hochverfügbares Softwareschutz- und Lizenzierungssystem für die Industrie 4.0

Prof. Dr. phil. Andreas Schaad M.Sc.

Der Schutz von Software, digitalen Artefakten und geistigem Eigentum ist in Zeiten der zunehmenden Vernetzung von industriellen Komponenten eine immer größere Herausforderung. Traditionelle Ansätze schützen Software u.a. in Verbindung mit einem lokalen, hardwarebasierten Dongle, der zur Laufzeit kryptografisches Material bereitstellt. Dieser Ansatz skaliert nicht mehr in verteilten Umgebungen. Wir beschreiben daher die Anforderungen, das resultierende Design und unsere Erfahrungen in der Implementierung eines Systems, das das für Softwareschutz benötigte kryptografische Material und aufwendige Berechnungen ausschließlich über einen hochverfügbaren Cloud-Dienst in Echtzeit bereitstellt. Vertrauenstechnologien wie Intel SGX sollen eingebunden werden. Dieses System wird im Rahmen des BMBF-KMU-Innovativprojekts „CloudProtect“ zusammen mit der Firma Wibu-Systems AG in Karlsruhe und TU Darmstadt (Prof. Sadeghi) erforscht und entwickelt (FKZ 16KIS0850).

The protection of software, digital artefacts and intellectual property becomes continuously more challenging with the increasing interconnection of industrial components. Traditional approaches to protect software are the combination of encryption, code obfuscation and locally attached hardware trust anchors (often called “dongle”). This dongle provides required cryptographic material to en- and decrypt application code and data at runtime of a system. At the same time access to protected functionality of the software can be controlled to implement commercial licensing models. However, this approach does not necessarily scale (technically and economically) in physically and logically distributed systems. The question is whether it is possible to provide dongle functionality as a set of cloud-based services using state of the art trust technology such as Intel SGX. This research question is adressed together with Wibu-Systems AG and The University of Darmstadt (Prof. Sadeghi) in the BMBF funded project „CloudProtect“.

Einleitung

Die fortschreitende Automatisierung im industriellen Bereich erfordert den Schutz (Vertraulichkeit und Integrität) von Maschinensteuerungssoftware, Konfigurationsdaten oder digitalen Designvorlagen. Insbesondere dort, wo Exporte von Maschinen und Software in Länder erfolgen, in denen andere gesetzliche Rahmenbedingungen im Umgang mit geistigem Eigentum gelten, benötigen deren Hersteller zusätzliche Lösungen. Existierende Konzepte, um Programme zu verschlüsseln (Softwareschutz), und erst zur eigentlichen Laufzeit unverschlüsselt und in Verbindung mit vereinbarten Nutzungsbedingungen (Lizenzmanagement) auszuführen, sind mittlerweile in traditionellen Client-Server bzw. „on-premise“ Umgebungen technisch etabliert. Diese Technologien erfordern jedoch in der Regel einen

zusätzlichen administrativen bzw. technischen Aufwand auf Seiten der Softwarehersteller sowie des Endkunden.

Gegenwärtiger Ansatz

Ein Hersteller von Software (ISV – Independent Software Vendor) verschlüsselt seine Produkte vor der Auslieferung an den Endkunden und definiert kommerzielle Nutzungsbedingungen (z. B. Standard- und Expertenfunktionalität). Der Endanwender erwirbt die geschützte Software. Mithilfe eines kryptografischen Protokolls ist der Endanwender nun in der Lage, seine Software beim ISV zu aktivieren. Während der eigentlichen Nutzung der Software überprüft eine lokale Komponente, ob diese aufgrund der vereinbarten Nutzungsbedingun-

gen und eines Systemprofils legitimiert ist. Oft erfordert das eingesetzte Verfahren auch, dass der Endanwender einen proprietären Software- oder Hardware-basierten Vertrauensanker (z. B. Dongle) benutzt, durch den zum Teil auch kryptografische Operationen bereitgestellt werden, um die geschützte Software zur Laufzeit zu entschlüsseln. Auf diese Weise lässt sich nicht nur Software verlässlich vor „reverse engineering“-Angriffen schützen, sondern es können auch komplexe Lizenzbedingungen definiert werden, die die Nutzung der Software steuert [7]. Die technische Grundlage bildet eine Kombination von Code-Obfuskiertechniken [1–3] kryptographischen Protokollen (bzw. Schlüsseln) und betriebswirtschaftlichen Lizenzmodellen. Jede nicht-autorisierte Änderung oder unerlaubter Funktionsaufruf kann so erkannt werden. Jedoch gibt es Anforderungen an zukünftige komplementierende Lösungen, die die folgenden möglichen Hindernisse überwinden sollen:

- Rein software-basierte Vertrauensanker sind angreifbar, und kryptografische Schlüssel liegen möglicherweise auf einem nicht-vertrauenswürdigen Zielsystem.
- An Endgeräte gebundene Lizenzen (z. B. durch Dongle) können verloren gehen.
- Traditionelle dreistufige Lizenzserver (z. B. XAMPP/LAMPP) sind nicht ohne Weiteres skalierbar, und meist nur für den lokalen Betrieb on-premise optimiert.
- Cloud-Dienste (SaaS) benötigen in der Regel auch eine cloudbasierte Lizenzierung.

- Gängige Abrechnungsmodelle sind meist nicht differenziert genug und lassen sich nicht beliebig und fein-granular („auf die Sekunde“ genau) anpassen.

Zukünftige Anforderungen

Es sollen die für die Laufzeitentschlüsselung benötigten kryptografischen Schlüssel und dafür benötigten Berechnungen ausschließlich über einen Clouddienst bereitgestellt werden. Geschützte Programme erfragen somit bei diesem Clouddienst, ob sie genutzt werden dürfen und ob definierte Rahmenbedingungen dieses zulassen. Um solch eine cloudbasierte Lizenzplattform anzubieten, gilt es die folgenden vier Felder zu bearbeiten:

1. Infrastruktur: Es existieren noch keine belastbaren technischen Konzepte und Implementierungen, um Softwareschutz und Lizenzmanagement durch und in Verbindung mit hochverfügbaren Cloudanwendungen zu ermöglichen.
2. Sicherheit: Software auf den Endgeräten, die Anbindung an die Cloud sowie die eigentlichen cloudbasierten Lizenzdienste müssen geschützt werden.
3. Effizienz: Die zu erwartende hohe massiv parallele Frequenzen an Anfrage an den Lizenzierungsdienst erfordert einen entsprechenden Designansatz.
4. Rentabilität: Betriebswirtschaftliche Modelle werden benötigt, die zeigen, wie solche cloudbasierten Lizenzlösungen rentabel betrieben werden können.

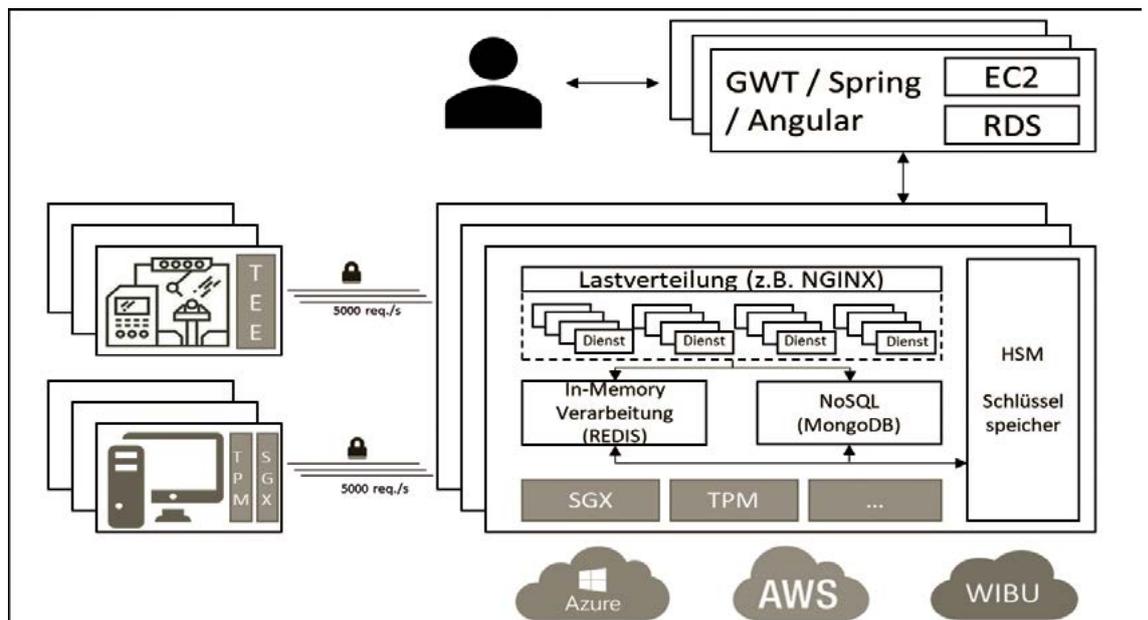


Abb. 1: Architektur-CloudProtect

Design und Implementierung

CloudProtect (Abb. 1) beinhaltet einen hochverfügbaren Load Balancer, um parallel eingehende Lizenzanfragen auf parallel-verarbeitende Dienste zu verteilen. Die Lizenzanfragen werden in einem Cluster von In-Memory-Datenbankstrukturen verarbeitet. Generelle Persistenz erfolgt durch ein NoSQL-Datenbankcluster. Auf dem anfragenden Endgerät ist ein proprietärer Systemdienst installiert, der in Verbindung mit der zuvor geschützten Anwendung letztendlich die Entschlüsselung von Teilen eines Programms kontrolliert und in regelmäßigen Abständen Lizenzanfragen absetzt. Letztere werden in der Regel durch die Cloud derart beantwortet, sodass der lokale Programmpfad weiter ausgeführt bzw. im Fehlerfall unterbrochen wird. Die Zeitspanne zwischen zwei Anfragen des Endgeräts ist durch den ISV sekundengenau und frei definierbar. Im Fall einer Nichtverfügbarkeit des Kommunikationskanals oder eines Dienstes existieren kompensierende Maßnahmen, um einen unterbrechungsfreien Betrieb innerhalb erlaubter Parameter zu ermöglichen. Dieser Ansatz setzt eine sichere Verbindung zwischen Endgerät und der Cloud voraus. Diese ist durch eine Punkt-zu-Punkt-Verschlüsselung zwischen den Hosts sowie Ende-zu-Ende Verschlüsselung der Prozesse gesichert, der sich an der gegenwärtigen TLS1.3-Spezifikation orientiert. Als zukünftige Alternative kann aber auch das geschützte Programm die gesamte erforderliche Logik als Teil seines „call-stacks“ enthalten, um ohne eine erforderliche proprietäre Komponente Lizenzanfragen an die Cloud zu stellen.

CloudProtect kann als vorkonfiguriertes Cluster virtueller Maschinen auf Basis von Plattformen wie beispielsweise AWS, Azure, Telekom Cloud oder in-house-Clouds größerer Kunden betrieben werden. Für den begleitenden administrativen Betrieb (Nutzerverwaltung, Monitoring etc.) werden Dienste und web-basierte UIs über einen skalierbaren Dienst wie AWS Beanstalk angeboten.

Erfahrungen, Zusammenfassung und Ausblick

In der Vergangenheit wurden die erforderlichen Berechnungen lokal bei dem Kunden ausgeführt – der Kunde „zahlte den Strom“. Diese CPU Zyklen werden nun durch den Clouddienst verbraucht. Es galt daher, benötigten Code zu optimieren, um die resultierenden Hostingkosten soweit es geht zu reduzieren. Denn letztendlich muss sich das neue Produkt in seiner Preispolitik in die existierende Produktpalette einfügen lassen.

CloudProtect als „Software-as-a-Service“ bedeutet also unter Umständen ein völlig neues Preis- und Absatzmodell, das in einer möglichen anschließende Verstetigung durch die Firma Wibu-Systems entwickelt werden muss.

CloudProtect bietet einen hoch verfügbaren Dienst, um geschützte Software auf industriellen Endgeräten zu betreiben. Das für Softwareschutz benötigte kryptographische Material und aufwendige Berechnungen werden ausschließlich in der Cloud in Echtzeit bereitstellt. Wir sehen dies als eine natürliche Weiterentwicklung, die bewährte traditionelle Softwareschutzlösungen komplementiert.

Die zukünftigen Arbeiten beinhalten des Weiteren die Analyse und Integration von zusätzlichen Vertrauenselementen auf Seiten der Cloud sowie des Endgeräts. Insbesondere sollen Intels TPM [6] und SGX [4] Technologien sowie TEE Implementierungen (Linaro) der ARM TrustZone [5] für IoT Endgeräte genauer untersucht und evaluiert werden.

Zusammen mit der Firma Wibu-Systems AG wird dieses Jahr auf der ACM SACMAT 2019 ein erster Demonstrator vorgestellt, der das hier vorgestellte Design in ersten Ansätzen realisiert [8].

Referenzen/References:

- [1] Banescu, S. u. Pretschner, A.: A Tutorial on Software Obfuscation <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1367533/file.pdf>
- [2] WIBU-SYSTEMS Blurry-Box®: <https://blurrybox.com>
- [3] Collberg, C.; Thomborson, C.; Low D. A Taxonomy of Obfuscating Transformations. Dept. Computer Science, Univ. of Auckland, 1997
- [4] <https://software.intel.com/en-us/sgx>
- [5] <https://www.arm.com/products/security-on-arm/trustzone>
- [6] <https://trustedcomputinggroup.org/>
- [7] <http://www.wibu.com/de/digital-content-protection.html>
- [8] Schaad et al. „CloudProtect – A cloud-based software protection service“ ACM SACMAT, Toronto, 2019

AUTOR



Prof. Dr. phil. Andreas Schaad M.Sc.
Fakultät M+I, Professor für IT Sicherheit
andreas.schaad@hs-offenburg.de

Data Aggregation – using Peer to Peer Networks

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

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Strategien zur autonomen und dezentralen Verwaltung von Peer-to-Peer-Netzwerken entwickelt. Unter den zahlreichen Managementprotokollen findet man Kategorien wie den baumbasierten Ansatz und den „gerüchte“-basierten (rumor-based) Ansatz. Unser Fokus liegt auf der Aggregation von Datenströmen und die wachsende Anzahl von Berichtsknoten – insbesondere die Skalierbarkeit kann hierbei ein Problem sein. Dazu untersuchen wir den Trade-off zwischen Präzision und Nachrichtenkomplexität in solchen dezentralen Overlay-Netzwerken.

Over the past years, numerous autonomic and decentralized strategies have been designed to manage peer-to-peer networks. Among many management protocols one can find categories like the tree-based approach and the rumor-based approach. Our focus is the aggregation of data streams and the growing number of reporting nodes scalability may become an issue. For this, we investigate the trade-off between precision and message complexity in such decentralized overlay-networks.

Aggregation queries play an important role in obtaining global system statistics. In peer-to-peer networks, every sensor and every machine represented by a node can communicate with each other at any time. Information provided by messages from nodes may be combined into a single representative messages using an aggregation function. The target aggregation functions may be MAX, MIN, SUM, AVERAGE, and COUNT. The tree-based approach and the rumor-based approach have been designed to manage the peer to peer networks and perform the aggregation process. Some protocols combine the previous approaches to improve the performance of the aggregation process [1].

Related Works

For tree-based aggregation, a tree is constructed to perform the aggregation process. The messages can be propagated through many different paths using spanning trees approach [2]. The approximation number of distinct messages and the size of the network in Propagate2All are estimated using the Flajolet and Martin algorithm [3] and the BirthdayParadox algorithm [4] respectively. Data aggregation technique using the tree-based approach needs additional mechanisms to overcome the nodes which fail to contribute the messages during the aggregation process.

In the rumor-based approach, every node exchanges the messages with its neighbors chosen randomly using push and pull sche-

mes in every round [5]. The communication graph $G_t = (V, E_t \subseteq V \times V)$ of round $t \geq 1$ is obtained by the randomized process. Each node u chooses node v independently and uniformly at random from V [5]. Node communicates with a randomly selected communication partner in parallel rounds to exchange the message. The sender node sends the message to its neighbors by applying the push algorithm and the receiver nodes receive the messages using the pull algorithm. Furthermore, Ruud van de Bovenkamp et al. [6] proposed Gossipico, a rumor protocol providing a continuous estimation of data aggregation in the churn network. In the Gossipico algorithm [6], the messages from every node are combined using the COUNT algorithm, while the BEACON algorithm is used to speed up the counting process and choose a beacon node through a competitive process. A further study performed by David Kempe et al. [7] shows that the computing aggregation with gossip-style protocols converge exponentially to the result of aggregation target functions. According to the study performed by Devavrat Shah [8], the spectral properties of underlying network topologies can affect the performance of the aggregation process using the rumor-based approach [8].

Problem Statement

To date, however, the use of peer to peer networks in the aggregation process still has the challenge to reduce the network traffic congestion that leads to the extravagant energy

consumption of sensors hardware while the messages of nodes are updated frequently. As the number of sensors in the network increases continuously, the need to compute an approximation of aggregate values is considered because the aggregation process involving all nodes in the network can be too expensive. A good approximation result of an aggregation process is sufficient for some applications. The aggregation process involving only a few nodes in a peer to peer network can affect the accuracy of the result of a target function.

Our goal of the research is to present a novel scheme for performing the concept of data aggregation using peer to peer networks by reducing the number of messages exchanged whereas guaranteeing a certain precision of the approximated result of the aggregation target function. The important challenge is to design a technique for the decision process for determining whether a node will send the updated messages to its neighbors and increasing the efficiency of processing while sacrificing result precision in a churn network. In this scheme, the designed algorithm will be analyzed and the approximation error resulted from aggregation calculation will be estimated.

Future Work

We are currently working on designing grouping the message using the logarithmic operation. The nodes in the network are illustrated in Figure 1. Each node has a bitmap message $M = \{R, N_j, N_L, X_G\}$ that consists of a flag of rumormonger $R \in \{0, 1\}$, a cardinality of node join the network $N_j \in \mathbb{Z}$ a cardinality of node leave the network $N_L \in \mathbb{Z}$, and a group messages $X_G \in \mathbb{N}$. A rumormonger flag indicates whether a node can send the updated message ($R=1$) or a node will not send the updated message ($R=0$). The initial value for a rumormonger flag of a node that joins the network is 1. Suppose the node u and choose the node v randomly to send the message M_u . The underlying communication network is a complete graph. If the node v receives the message M_u , the node v will send back the message M_v to node u . Both of the nodes have the rumormonger flag of 1. The rumormonger flag of the node u will be changed from 1 to 0 during communication with the node v if the message value of the node u is lower than that of the node v . If the rumormonger flag of the node u is 0 and the rumormonger flag of the node v is 1, then the partner node's bitmap message M_v will be copied from the node v to the node u and vice versa.

A sensor represented by the node u in a network has a message of time $t \geq 1$ series input value $x_u(t) \in \mathbb{N}^+$ retrieved from the measurement process. The message value of the node u is mapped to a group message X_G using a logarithmic function of $\log_b x_u(t)$. Each group of the message X_G has both the cardinality of a node joining N_j and the cardinality of a node leaving N_L the group of the message. The value of N_j will be incremented by one if a node joins the new group of the message. If a node leaves for the current group of the message, then the value of N_L will be incremented. If the values of $x_u(t)$ and X_G are changed, then the node's rumormonger flag R will be changed from 0 to 1. We plan to investigate the complexity of this grouping the message algorithm and report on these results in detail in future work.

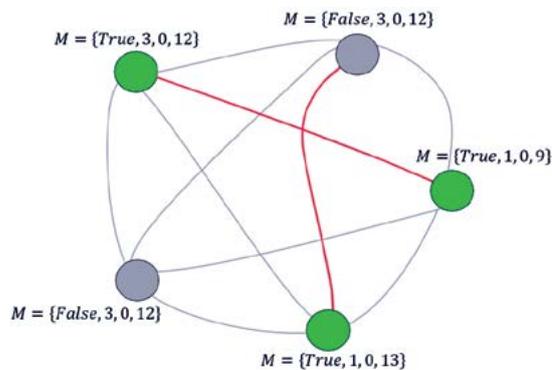


Fig. 1: The nodes in the network

Referenzen/References:
 [1] R Makhloufi, G Doyen, G Bonnet and D Gaiti: "A survey and performance evaluation of decentralized aggregation schemes for autonomous management", International Journal of Network Management, Vol.24, No.6, pp.469-498, 2014
 [2] Mayank Bawa, Hector Garcia-Molina, Aristides Gionis, and Rajeev Motwani: "Estimating aggregates on a peer-to-peer network", Technical Report TR-2003-24, Stanford University, 2003
 [3] P. Flajolet and G. N. Martin: "Probabilistic Counting", In Proc 24. Annual Symposium on Theory of Computing (STOC'96). ACM, 1996
 [4] R. Motwani and P. Raghavan: "Randomized Algorithms", Cambridge Univ. Press, June, 1995
 [5] R. Karp, C. Schindelhauer, S. Shenker, B. Vöcking: "Randomized Rumor Spreading", Proceedings 41st Annual Symposium on Foundations of Computer Science, IEEE, pp. 565-574, 2000
 [6] R. van de Bovenkamp, F. A. Kuipers, and P. Van Mieghem: "Gossip-based counting in dynamic networks", in Proc. of IFIP Networking 2012, 2012
 [7] D. Kempe, A. Dobra, and J. Gehrke, "Gossip-based computation of aggregate information", in FOCS '03: Proceedings of the 44th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, p. 482, Washington, DC, USA, IEEE Computer Society, 2003
 [8] D. Shah, "Gossip algorithms", Foundation and Trends in Networking, vol. 3, no. 1, pp. 1-125, 2009

AUTOREN	
	<p>Saptadi Nugroho M.Sc. PhD Student, Department Media and Information, Forschungsgruppe: Decentralized Sustainable Energy Systems (DENE) saptadi.nugroho@hs-offenburg.de</p>
	<p>Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ Prorektor, Wiss. Leiter Labor Mobile Kommunikation und Wellen, Fakultät M+I, Lehrgebiete: Mikrowellentechnik, Mobilkommunikation christ@hs-offenburg.de</p>
	<p>Prof. Dr. rer. nat. Christian Schindelhauer Institut für Informatik, Rechnernetze und Telematik, Lehrgebiete: Rechnernetze und Verteilte Algorithmen schindel@tf.uni-freiburg.de</p>

Digital Leadership – neue Anforderungen im Nonprofit-Sektor vor Ort

Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer

Die Auswirkungen der digitalen Transformation werden meist im Kontext von Wirtschaftsunternehmen diskutiert und auf die Blickwinkel Wirtschaft und Technologie fokussiert. Der digitale Wandel hat jedoch auch die Führungsaufgaben in vielen gesellschaftlichen Bereichen verändert, wie am Beispiel Schule und Kommunalverwaltung aufgezeigt wird.

Digital transformation is affecting the whole society including organizations and institutions which are in their main activities located in the non-profit-sector. According to schools we have not only a significant change in the way teaching could be organized and supported but also new fields of competencies necessary for both, teachers and students. Therefore digital leadership in schools is a way of empowering the school management to cope with the new challenges. A similar situation can be analyzed in the public administration body of cities. Here we have new definitions of customer roles and the necessity to strengthen the employer brand of administrative employers.

Die Auswirkungen der digitalen Transformation lassen sich nicht auf die Segmente Technologie und Wirtschaft begrenzen. Aus Sicht der Organisations- und Kommunikationswissenschaften sind neben den Veränderungen im Unternehmenssektor vor allem die Folgen für die Führungsaufgaben im gesellschaftlichen Bereich, die gerade nicht der digitalen Disruption aus Marktperspektive unterliegen, von besonderem Interesse. Hier kann eine Analyse von Aufgabenbereichen hilfreich sein, bei denen „Digital Leadership“ buchstäblich „vor Ort“ stattfindet.

„Digital Leadership“ an Schulen

Die Diskussion über den richtigen Weg zu einer digital kompetenten Schule hat sich bei den unterschiedlichen Akteuren aus Politik, Schulverwaltung, Schulträgern, Wissenschaft und den schulischen Anspruchsgruppen von Schulleitungen, Lehrerschaft bis hin zu Schülerinnen und Schülern sowie Eltern verstärkt. Manche Stimmen sehen im Trendthema Digitalisierung eine übertriebene Fokussierung auf Technologien, aber es geht dabei um mehr als nur neue technische Möglichkeiten des Lehrens und Lernens, es geht vor allem um eine Anpassung der Lehrinhalte, der Kompetenzen und der Kooperationsformen. Da alle gesellschaftlichen Bereiche von der digitalen Transformation betroffen sind und auch künftig betroffen sein werden, kommt der Bildungssektor an diesem Thema, das die Anforderungen der Arbeitswelt, die Kommunikationsbeziehungen und damit das soziale Gefüge verändert, nicht vorbei (vgl. [1]).

Mit dem Beschluss des Strategiepapiers „Bildung in der digitalen Welt“ der Kultusministerkonferenz (KMK) vom Dezember 2016 ist für die Schulen in Deutschland Digitalisierung ein offizielles Entwicklungsthema. Dabei wurden auch einige Aktionsräume definiert und differenziert:

1. Bildungspläne benötigen digitale Medienkompetenzen der Schülerinnen und Schüler als Bildungsziele.
2. Schulen sowie Schülerinnen und Schüler benötigen eine funktionssichere und leistungsfähige digitale Infrastruktur.
3. Lehrerinnen und Lehrer benötigen Aus- und Fortbildungsprogramme.
4. Zahlreiche rechtliche Fragen des Datenschutzes und des Urheberrechtes sind zu klären.
5. Software und Lehr- sowie Lernmittel sind inklusive digitaler Lernplattformen und digitaler Schulverwaltungssoftware weiterzuentwickeln.

War die Verständigung auf der KMK-Ebene zunächst eine politische Absichtserklärung im Geflecht der Politik- und Verwaltungsebenen von Bund, Ländern und Kommunen, so hat sich daraus zugleich ein Aufgabenkatalog für die Schulen selbst und damit für die Schulleitungen und das Führungshandeln ergeben:

1. Schulleitungen müssen in Bezug auf die veränderten Bildungspläne im Rahmen der pädagogischen Schulentwicklung ein pädagogisches Konzept zur digitalen Medienkompetenz erarbeiten.

2. Schulleitungen müssen zusammen mit den Schulträgern für die digitale Infrastruktur sorgen und deren Funktionsweise sicherstellen.
3. Schulleitungen müssen das Lehrerkollegium im Bereich der Digitalisierung befähigen.
4. Die Schule muss einen rechtssicheren Umgang mit digitalen Medien gewährleisten.
5. Schulleitungen müssen mit den Fachleitungen einen ressourcenschonenden und pädagogisch zielgerichteten Einsatz neuer digitaler Tools gewährleisten.

Diese Aufgaben erfordern nicht nur eine klare Definition der Kompetenzfelder, sondern haben auch Konsequenzen für die Führungsarbeit von Schulleitungen, bei denen „Digital Leadership“ nunmehr als Forderung im Raum steht [2]. Da im Vergleich zu anderen Themen, die Eingang in den pädagogischen Alltag von Schulen gefunden haben, der Themenkomplex Digitalisierung sowohl mit neuen, z. B. rechtlichen Herausforderungen, verbunden ist als auch eine höhere Entwicklungsdynamik aufweist, müssen Schulleitungen in der Lage sein, Veränderungen im Rahmen der Entwicklungsprozesse schneller umzusetzen. Dies erfordert mehr dezentrale Verantwortung und eine bessere Anpassungsfähigkeit von Strukturen und Prozessen. Auch wenn höhere Ziele, wie eine erhöhte Finanz- und Personalautonomie von Schulleitungen in vielen Bundesländern an enge Grenzen stoßen, zeigt doch die Praxis, dass im organisatorischen Umfeld auch eine engere Abstimmung mit den (oftmals kommunalen) Schulträgern erforderlich ist, um auch im investiven Bereich den Anforderungen an eine digitale Schule mit pädagogischer Ausrichtung gerecht zu werden.

Auf praktischer Ebene haben sich angesichts der gestiegenen Anforderungen unterschiedliche regionale Initiativen zur Verbesserung der Führungs- und Handlungsfähigkeit von Schulen und Schulleitungen entwickelt. Beispielsweise hat die Bildungsregion Ortenau (BRO) im Rahmen des Projekts DigiNOW (Netzwerk Ortenauer Weg) bereits erste Maßnahmen gestartet, um Schulleitungen auf diesem Transformationsprozess zu begleiten. Ein eigenes Schulungskonzept zum Thema „Digitalisierung als Führungsaufgabe“ unter Leitung von Martin Fugmann und Veronika Schönstein in Kooperation mit der Deutschen Akademie für Pädagogische Führungskräfte (DAFP) der TU Dortmund soll die Schulleitungen gezielt unterstützen.

Parallel zu den veränderten Entscheidungskompetenzen und Führungsstrukturen an Schulen sind auf Ebene der einzelnen Schulen drei pädagogische Bereiche im Rahmen der Digitalisierung zu entwickeln (vgl. Abbildung 1). „Digital Leadership“ in Schulen beinhaltet die Kompetenz der Führungsteams, diese elementaren pädagogischen Themenfelder zu entwickeln und zu begleiten. Die in der Praxis oft begrenzten Möglichkeiten des IT-Managements in der Institution Schule sind ebenfalls in Planungen (im Rahmen des Medienentwicklungsplans, der vor allem die Mediendidaktik betrifft) mit zu berücksichtigen.

Die Verantwortung für die technische und wirtschaftliche Durchführung liegt jedoch beim Schulträger, in vielen Fällen also bei den Kommunen, was uns zum zweiten Einsatzfeld von „Digital Leadership“ vor Ort führt.

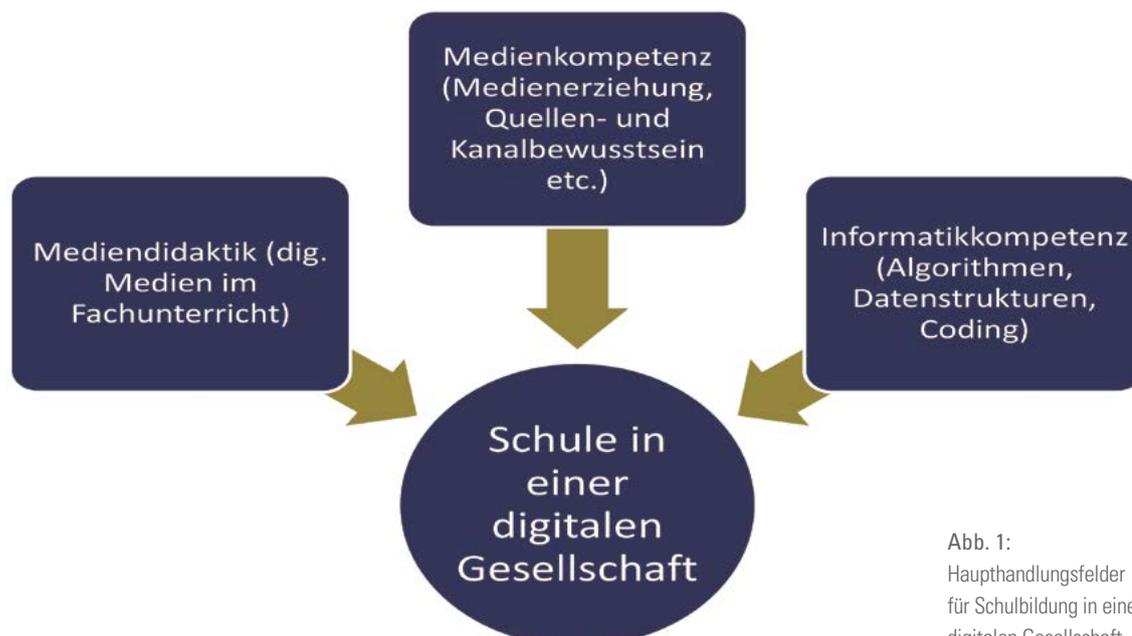


Abb. 1:
Haupthandlungsfelder
für Schulbildung in einer
digitalen Gesellschaft

„Digital Leadership“ in Kommunen

Die Herausforderungen und Chancen der Digitalisierung sind bei den Kommunen auf zwei unterschiedlichen Ebenen zu sehen: Im Rahmen der unterschiedlichen Digitalisierungsprojekte (Stichwort „Smart City“) geht es um die digitale Ausgestaltung und Unterstützung kommunaler Lebensbereiche. Das umfasst unter anderem den Mobilitätssektor (neue Konzepte für den ruhenden und rollenden Verkehr durch Sharing-Angebote etc.), den Bereich der Infrastruktur (Breitbandversorgung aller Stadt- und Ortsteile etc.), das Gebäudemanagement (WLAN-Infrastruktur bei kommunalen Gebäuden, wie z. B. Schulen, smartes Energiemanagement etc.) und auch die Ebene der digitalen Verwaltung mit den Teilbereichen der Prozesse, Strukturen sowie der Kommunikation und Teilhabe. Dieser Teil ist eng mit der Frage der Organisations- und Führungskultur verbunden, der zweiten Ebene, auf der die Digitalisierung für Kommunen Chancen und Veränderungen beinhaltet. Eine zentrale Herausforderung besteht darin, die Verwaltungsarbeit so zu organisieren und zu strukturieren, dass sie den Erwartungen der Generation der Digital Natives entspricht, die es als potenzieller Fach- und Führungsnachwuchs der Kommunalverwaltung zu überzeugen gilt (vgl. [3]). In Situationen der Vollbeschäftigung ist es für eine erfolgreiche Rekrutierung der Generation X und Y als künftige Mitarbeitende notwendig, ein attraktives „Produkt“ im Sinn einer guten Arbeitsperspektive anbieten zu können. Da das Image von Verwaltung und der damit verbundenen „Bürokratie“ nicht per se in allen Zielgruppen positiv ist, geht es zunächst um Orga-

nisationsprinzipien, die sicherstellen, dass die Bürgerinnen und Bürger zufrieden sind. Die Zufriedenheit als Basis für das grundsätzliche Image der Arbeit von und bei Kommunen ist wiederum die Voraussetzung für eine positive Identifikation der Mitarbeitenden. An dieser Stelle ist eine Weiterentwicklung der Führungskultur und -praxis notwendig. Wenn eine Verwaltung die Zufriedenheit steigern möchte und in diesem Zusammenhang den Sprung in eine agile Kommunalverwaltung mit digitalen Prozessen plant, können Zufriedenheitsmessungen der Ausgangspunkt von Entwicklungen und Veränderungen sein und integriert werden.

Prinzipien aus der agilen Softwareentwicklung lassen sich gerade für die Kundenorientierung in der Verwaltung direkt nutzen. Sie sorgen dafür, dass der einzige, wirklich für den Erfolg maßgebliche Maßstab, nämlich die Akzeptanz durch die Bürgerinnen und Bürger in der realen Situation, Gültigkeit hat. Um die Anforderungen zu definieren, gibt es die Möglichkeit, diese der Bürgerinnen und Bürger mithilfe von „User Stories“ zu beschreiben. Dies sind knapp formulierte Beschreibungen, die auch die wesentlichen Motivationselemente der Bürger als Kunden beinhalten und auf den Punkt bringen. Dabei kann nach einzelnen typischen Anwendern in Form sogenannter „Persona“ (beispielhafte Festlegung der Bürgerinnen und Bürger, für die dieses Produkt gedacht ist) differenziert werden. Dabei ist klar, dass es an dieser Stelle nicht um eine simple Gleichsetzung der Bürgerinnen und Bürger mit einer sogenannten klassischen Kundschaft geht.

Rolle der Bürger gegenüber der Verwaltung

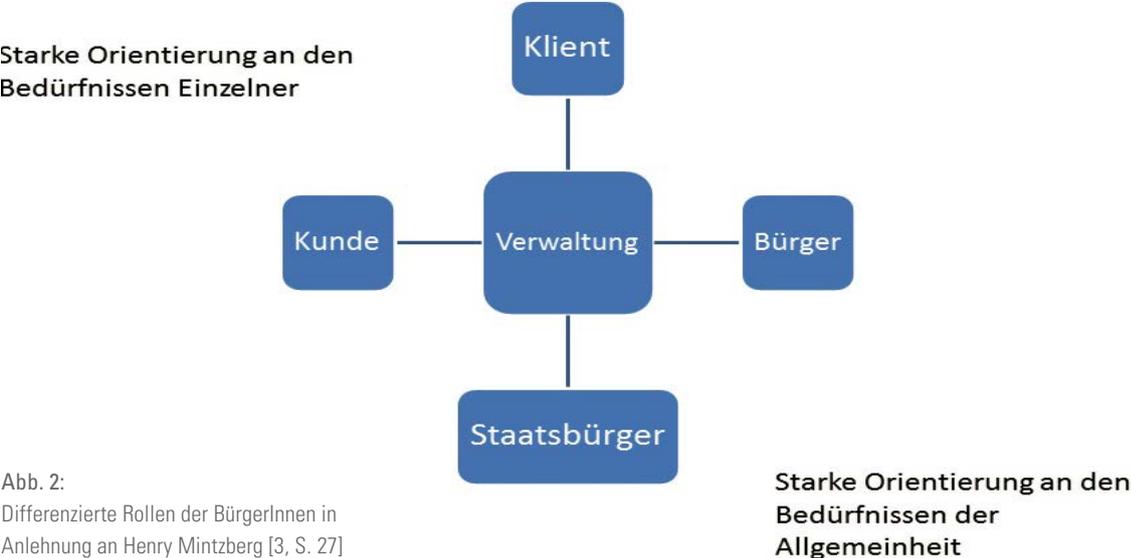


Abb. 2: Differenzierte Rollen der BürgerInnen in Anlehnung an Henry Mintzberg [3, S. 27]

Wenn man Kommunalverwaltungen als Dienstleistungsorganisationen begreift, schließt das mit ein, dass der Erfolg einer Kommunalverwaltung und auch die Voraussetzungen für Image und Akzeptanz in hohem Maß von den beteiligten Personen und damit vom Erfolg des Personalmarketings abhängig sind. Daher kommt dem Personalsektor und der Führungsstruktur der Kommunalverwaltung für unsere Fragestellung in zweierlei Hinsicht eine zentrale Rolle zu: Die Frage, wie mit der Ressource Personal intern umgegangen wird, ist einer der entscheidenden Faktoren, wenn es um die Beurteilung des Beschäftigungsfelds Kommunalverwaltung und damit um die Frage der Wahrnehmung einer Kommune als Arbeitgebermarke (Employer Brand) geht.

Der zweite Blickwinkel beschreibt den Umstand, dass gute Personalführung eine zentrale Voraussetzung dafür ist, dass das Verwaltungshandeln der Kommune so gelingt, dass es auch bei entsprechender Kommunikation positiv wahrgenommen wird. Wenn es um die Kommunikationsmaßnahmen geht, mit denen man die Verwaltung in Kommunen positionieren kann, dann muss zu Beginn die Frage geklärt werden, wie die Marke einer Stadt mit ihren spezifischen Profilattributen des Stadt- und Standortmarketings sich auf die Markendimensionen der Verwaltung vor Ort auswirken kann. Wie kann im Rahmen der Markenführung die Stadt als Marke und Arbeitgebermarke wahrgenommen werden? An dieser Stelle lohnt sich ein Blick auf die zentralen Botschaften, mit denen im Rahmen des Personalmarketings für die Kommunalverwaltung geworben werden kann.

Hier ist gerade im Wettbewerb mit Angeboten aus der freien Wirtschaft und der Erwartungshaltung der Generation Y die Sinnhaftigkeit der Arbeit entscheidend. Dies lässt sich u. a. sehr gut über Testimonials von Mitarbeitenden darstellen. Diese werden vor Ort im Regelfall nicht nur abstrakt für das Thema stehen, denn gerade in kleineren Gemeinden und Mittelstädten werden die Personen auch direkt mit ihrem Aufgabenfeld und damit mit dem Themenspektrum der Kommune identifiziert (vgl. [3], S. 34). Durch die durch den digitalen Wandel veränderten Mediennutzungsgewohnheiten stellt sich die Frage, wie man denn im Jahr 2019 noch Menschen gezielt erreichen kann. Die Adressierbarkeit spezifischer Zielgruppen, insbesondere im Hinblick auf jüngere Altersgruppen ist dabei grundsätzlich im Wandel begriffen. Die in vielen Fällen lokalen und engmaschigen Social Media-Kontakte gut vernetzter Kommunikatoren und Multiplikatoren können auch für Kommunen eine gute Ausgangsbasis für die erweiterte Kommunikation sein. Diese digitalen Kanäle können durch klassische lokale Medien und eigene kommunale Kommunikationskanäle, wie den amtlichen Schriftverkehr oder Außenwerbung an kommunalen Liegenschaften, ergänzt werden.

AUTOR

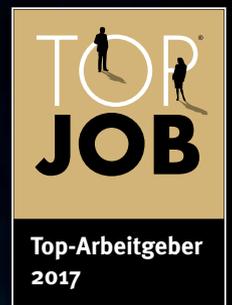


Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer
 Professor für Medienmanagement,
 Forschungsgebiete: Medienmanagement,
 Führung, Digitale Transformation,
 Bildungsmanagement
 breyer-maylaender@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Breyer-Mayländer, Thomas (2018): Digitale Bildungsprojekte als Bestandteil der Schulentwicklung als Chance und Gestaltungsfeld für Ganztagesangebote, in: Die Ganztageschule 2018, S. 28-47, ISSN: 0344-2101
- [2] Breyer-Mayländer, Thomas (2019): Digital Leadership an Schulen erfordert klare Führung und Strategie, in: SchulVerwaltung Spezial 1/2019, S. 8-12, ISSN: 1438-1907
- [3] Breyer-Mayländer, Thomas (2019): Marketing für Kommunalverwaltung und Kommunalpolitik - Kommunikations- und Partizipationsstrategien für das Gemeinwohl vor Ort, Springer Essential, Springer Gabler, Wiesbaden, ISBN 978-3-658-24560-3

#heimat #Technologieführer



Sina Tiziana Huber, 23
(Foto: Sebastian Wehrle)

Inspired by **temperature**

Sie suchen Freiräume für Ihre Ideen und gute Karrierechancen? Dann heißen wir Sie herzlich willkommen in der Tangofabrik in Offenburg – dem kältesten Punkt der Ortenau. Hier ist unsere Heimat und hier entwickeln und produzieren wir seit 50 Jahren hochgenaue Temperierlösungen für Forschung und Industrie von -125 bis +425 °C.

huber

www.huber-online.com/jobs





www.klocke.com

Wir suchen:

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

1. die Qualitätskontrolle
2. das Qualitätsmanagement

QUALIFIKATION:

Student/in des Studiengangs
Verfahrenstechnik, Biotechnologie
oder ähnlicher Studiengang



Klocke Pharma-Service GmbH, Personalabteilung, Straßburger Str. 7, 77767 Appenweier
susanne.bruder@klocke-pharma.de

**Seit 1996 betreuen wir
Studenten in diesen Bereichen:**

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

GeneSys
Sensor & Navigation Solutions

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

Solution Partner
PLM

SIEMENS

Platinum Smart Expert
Channel

BCT

Lust auf Digitalisierung?

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

- Praktika
- Abschlussarbeiten
- Werkstudententätigkeiten
- Jobs für Berufseinsteiger

www.bct-technology.com

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

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 Handel als auch Wirtschaftsinformatik und Lean-Production umfassen. Auch im letzten Jahr konnten einige Labore neu eingerichtet bzw. erweitert werden. So wurde das Labor Multi-Channel-Management eingerichtet, in dem eine reale Ladenumgebung des Einzelhandels simuliert und optimiert werden kann. Das Labor Mensch-Roboter-Kollaboration wurde ausgebaut, und im Labor Rapid Prototyping wurde ein neuer 3D-Drucker zur Herstellung von faserverstärkten Bauteilen in Betrieb genommen. Diese gute Ausstattung der Labore und ihre stetige Forschungsarbeit schlagen sich auch in der steigenden Zahl ihrer kooperativen Promotionen in Zusammenarbeit mit renommierten Hochschulen, wie z. B. der Universität Freiburg oder dem Karlsruhe Institute of Technology KIT, nieder.

Ein weiteres Indiz für erfolgreiche Forschung an der Fakultät B+W ist die Einwerbung von Drittmitteln, wie z. B. für verschiedene Projekte zur Optimierung der Robotik und Energieeffizienz in Zusammenarbeit mit regionalen Unternehmen. Bei bundesweiten Ausschreibungen war die Fakultät bei der Einwerbung von Drittmitteln ebenfalls erfolgreich. So fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG aktuell ein Projekt, in dem zusammen mit Kollegen aus dem Bereich Maschinenbau die Steigerung der Effizienz von Verbrennungsmotoren erforscht wird.

Die Fakultät konnte aber auch internationale Projekte einwerben, wie z. B. das trinationale Kompetenznetzwerk Industrie 4.0, das fakultätsübergreifend im Rahmen des „INTERREG-UpperRhine 4.0“-Programms bearbeitet wird. Einen wichtigen Beitrag zu den Forschungsaktivitäten der Fakultät B+W liefert auch das neu gegründete Institute for Trade and Innovation (IfTI), das 2018 eine international hochkarätig besetzte Konferenz am Hochschulstandort Gengenbach organisierte und eine Vielzahl an internationalen Forschungsprojekten durchführt.

Dekan Prof. Dr. Philipp Eudelle



Projektmanagement – (k)eine Toolfrage für projektorientierte Unternehmen

Recommendation for Schedule Management (edition 2)

Prof. Dr.-Ing. Steffen Rietz

Der Einsatz IT-gestützter Methoden und Tools macht das Arbeiten schneller und sicherer. Auch für Projektmanagement-Software haben sich diverse Anbieter etabliert. Die Termin-, Ressourcen- und Budgetplanung und -steuerung ganzer Projektprogramme oder -portfolios kann IT-basiert erfolgen. Für Bedarfsträger bedeutet dies ein Tool „von der Stange“ zu kaufen oder sehr genau zu spezifizieren, was gebraucht wird. Die Erstellung dieser Spezifikation kann durch die Recommendation for Schedule Management deutlich verkürzt werden.

The use of IT-supported methods and tools makes working faster and safer. Various vendors have also established themselves for project management software. The scheduling, resource and budget planning and control of entire project programs or portfolios can be IT-based. For users, this means buying a tool „off the peg“ or specifying exactly what is needed. The creation of this specification may be significantly shortened by the Recommendation for Schedule Management.

Projektarbeit ist die Arbeitsform der Zukunft. Schon heute werden fast 40 % der Wertschöpfung in deutschen Unternehmen in Projekten erbracht; der Trend weiter steigend. [1] Dabei stellt das Projektmanagement höchste Anforderungen an die Akteure, an ihr Methodenwissen, an ihre Fachkenntnis in verschiedenen Disziplinen sowie an ihre Sozialkompetenz und ihre Soft Skills. Während einige Bau- und Infrastrukturprojekte (Hauptstadtflughafen BER, Elbphilharmonie Hamburg, Stuttgart 21, ...) die Bedeutung professionellen Projektmanagements in das Bewusstsein der interessierten Öffentlichkeit holen, verfolgen projektorientierte Unternehmen eine Vielzahl von Ansätzen zur Weiterentwicklung ihres Projektmanagements:

- Definition standardisierter Projektprozesse (zahlreiche Vorgehensmodelle inzwischen frei verfügbar)
- Qualifizierung und Zertifizierung des Projektpersonals (z. B. über international anerkannte IPMA-Zertifizierung als Basis berufsbegleitenden Lernens)
- Schaffung eines projektspezifischen strukturellen Überbaus (Einführung von Programm- und Portfoliomanagement)
- Bündelung der Kompetenz in der Organisation (oft in Form eines PMO, Project Management Office)
- Einführung und Verzahnung IT-gestützter Planungshilfen (Einführung von Projektmanagement-Software u/o Collaboration- Plattformen)

- Digitalisierung (Daten und Informationen schneller erarbeiten, sicherer speichern, weltweit verfügbar halten und vor allem: Lessons Learned automatisch aus digitalisierten Erfahrungen generieren)
- Antizipation der Marktanforderung nach Kundenorientierung und gestiegenen Änderungsanfragen in Qualität und Quantität (Einsatz agiler Entwicklungsmethoden, Übertragung der KANBAN-Idee aus der Fertigung in die Entwicklung, ...)

Einige dieser Maßnahmen sind mit unangenehmen Nebeneffekten (Implementierungs- und Roll-out-Aufwände, punktuelle oder temporäre Mehrarbeit, administrativer Zusatzaufwand, ...) verbunden. Ein ganz wesentlicher Aspekt dabei sind Projekte zur Auswahl und Einführung einer Projektmanagement-Software. Organisationen erwerben dabei entweder eine standardisierte Software, damit auch die im Back-end liegenden Methoden und müssen deshalb ihre Arbeitsweise auf diese umstellen. (Dies bedeutet ein umfassendes Change-Management inkl. aller damit verbundenen Reibungsverluste in der Organisation, teilweise über einen sehr langen Zeitraum mit dem Ergebnis, dass ein Implementierungsgrad von 75–85 % selten übertroffen wird.) Oder die Bedarfsträger formulieren ein Lastenheft und drücken darin sehr konkret, detailliert und umfassend aus, wie ihre Anforderungen an eine komplexe Projekt-, Programm-

und Portfolioplanung und -steuerung im Detail IT-seitig umgesetzt werden sollen. (Das Wechselspiel aus Lasten- und Pflichtenheft kostet aber viel Zeit, bindet hochqualifizierte Experten und bewegt sich trotzdem oft in den engen Grenzen des Tailorings und Customizings etablierter Toolanbieter.)

Die Idee der Recommendation for Schedule Management

- In enger Kooperation mit Fachverbänden
- Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement; GPM e.V. (Methodenspezialist für Projektmanagement)
 - ProSTEP iViP e.V. (IT-Spezialist für Daten- und Dokumentenmanagement)

- und Branchenverbänden
- VDA, Verband der Automobilindustrie e.V.
 - BWE, Bundesverband Windenergie e.V.

- sowie mit aktiver Unterstützung zahlreicher Erfahrungsträger aus projektorientierten Unternehmen
- aus der Automobilindustrie (Audi, BMW, Daimler, Porsche, Volkswagen) und
 - aus dem Windenergiesektor (adwen Offshore GmbH, Senvion S.A., UKA Gruppe, Vattenfall, WKN AG)

wird eine Recommendation for Schedule Management erstellt. Projektmanagement ist selten unternehmensspezifisch, oft aber branchen- oder produktspezifisch ausgeprägt und folgt der einen oder anderen Norm oder einem Projektmanagementstandard. Das Hauptziel besteht darin, einen konkreten Kriterienkatalog im Rahmen der Recommendation zu entwickeln. Toolanbieter können sich unternehmensunabhängig an standardisierten Branchenforderungen orientieren. Und jeder Lösungssuchende kann in seinem Lastenheft entlang des Kriterienkatalogs in extrem kurzer Zeit die meisten Anforderungen abbilden. Ergänzend profitieren alle von den Erfahrungen anderer Player; auch aus anderen Branchen.

So werden insgesamt 185 Anforderungen in vierzehn Anforderungsgruppen in vier Anforderungskategorien systematisiert (siehe Abb. 1). Für die unternehmensspezifische Anpassung werden bereits über 100 Ergänzungsanforderungen und fast 50 Anforderungsvarianten aufgenommen. So kann die Individualisierung für die Bedarfsträger durch Parametrierung des Kriterienkatalogs erfolgen (siehe Abb. 1 und 2).

		Anford.
1.	Allgemeine Anforderungen	13
1.1	Systemphilosophie und Systemeigenschaften	7
1.2	Stammdaten	6
2.	Fachkonzept; inhaltliche Anforderungen	99
2.1	Normenkonformität; Schaffung und Einhaltung von Standards	11
2.2	Vorgänge, Vorgangslisten, planinterne Verknüpfungen und Terminierung	24
2.3	Terminplanstruktur, -darstellung, planübergreifende Verknüpfung	18
2.4	Terminsteuerung und planübergreifende Zusammenarbeit	11
2.5	Useability, Handling und Menüführung	20
2.6	Datenausgaben, Reports und Druckfunktionen	15
3.	IT-Konzept, Tool- und Schnittstellenanforderungen	56
3.1	System-/ Toolphilosophie und Systemarchitektur	12
3.2	Last- und Performance-Anforderungen	9
3.3	Methoden- und Datenschnittstellen	16
3.4	Datenlöschung, Datensicherheit und Systemsicherheit	19
4.	sonstige Anforderungen	17
4.1	Toolpflege, -wartung und -weiterentwicklung	11
4.2	Anforderungen an den Toolanbieter	6
vorkonfigurierte Anforderungen; Summe:		185
zzgl. Ergänzungsanforderungen		101
inkl. Möglichkeiten der Anforderungsindividualisierung		47

Abb. 1: Struktur des Kriterienkatalogs zur branchenspezifischen Systematisierung möglicher Anforderungen an eine Projektmanagement-Software

2. Fachkonzept: Inhaltliche Anforderungen an das Terminmgmt.
2.4. Terminsteuerung und planübergreifende Zusammenarbeit

Prio.	Stat.	ID	Anforderung
		2-4-4	Werden Meilensteine oder als relevant gekennzeichnete Vorgänge verschoben, werden alle betroffenen Teammitglieder <i>automatisch informiert</i> . Betroffene Teammitglieder sind ... <input type="checkbox"/> ... alle für diesen Plan zugelassenen Personen <input type="checkbox"/> ... alle für den verschobenen Termin und direkt verknüpfte Vorgänge angegebenen Personalressourcen.
		2-4-8	Jeder Vorgang und jeder Meilenstein sind mit einem Statusnetzwerk in Form einer Ampellogik (grün/ gelb/ rot) verknüpft. • Der Ampelstatus von Vorgängen und Meilensteinen wird wie ein Vorgangparameter bzw. eine Reportingkennzahl verwaltet.

Definition nach DIN 0815

Abb. 2: Beispielhafte Darstellung einer Anforderung aus dem Kriterienkatalog

Die Integration von Check-Boxen für Priorität und Status ermöglicht zahlreiche Nutzungsszenarien für den Kriterienkatalog. Folgende Anwendungsszenarien werden – zeit- und kostensparend für die Nutzer der Recommendation – unterstützt:

1. Interne Evaluierung einer bestehenden Lösung (schnelle Beurteilung der Leistungs- und Zukunftsfähigkeit der vorhandenen Lösung auf Basis von Best Practices)
2. Nutzung des Kriterienkatalogs als Lastenheft-Template für eigene Ausschreibungen (unternehmensspezifische Parametrierung der branchenspezifischen Vorgaben, um aufwandsarm ein Lastenheft zu erstellen)
3. Benchmark von Lösungsanbietern (um Softwareanbieter mit höchst unterschiedlichem Stärken-/Schwächen-Profil bewerten und vergleichen zu können, kann der Kriterienkatalog ganz oder auszugsweise als Bewertungsmaßstab genutzt werden)
4. Orientierung für Lösungsanbieter (wenn diese sich spezialisieren und Branchenlösungen schaffen wollen)

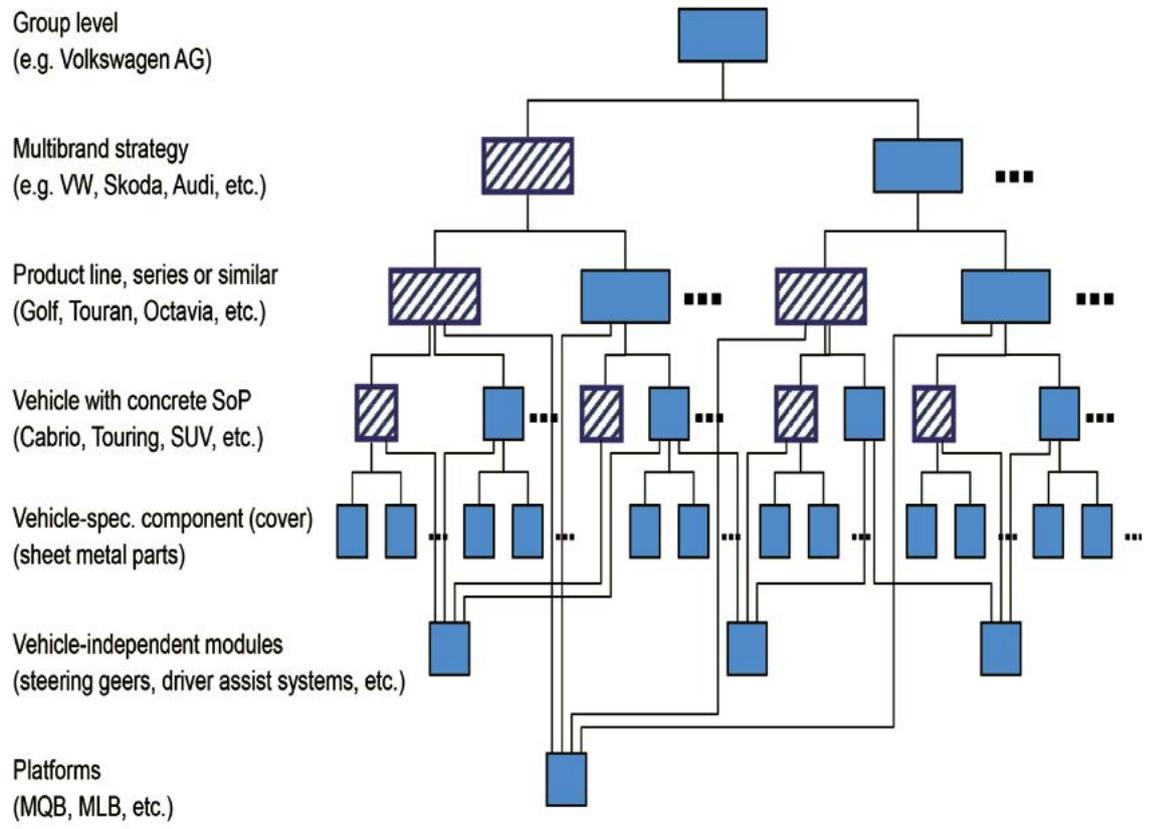
So steht nach der Version 1 (2012/13) nun eine umfangreichere und verbesserte Version 2 (2017/18) zur Verfügung. Neben dem ursprünglichen branchenspezifischen Fokus (Produktentwicklung im Automobilbereich) wird ein zweiter Schwerpunkt (Entwicklung und Errichtung von Windenergieanlagen und Windparks) aufgebaut. Damit wird der branchenübergreifende Erfahrungsaustausch deutlich beschleunigt. Es ist auch der Beweis erbracht, dass eine branchenübergreifende Konsolidierung der Anforderungen an das Projektmanagement und dessen Toolunterstützung möglich ist, ohne die detaillierte Beschreibungsebene der operativen Unterstützung zu verlassen. Der operative Anwendungsfall wird darüber hinaus unterstützt durch:

- MS-Office-basierte Umsetzung (verleiht der Recommendation for Schedule Management neben dem Charakter eines Standards auch den eines sofort einsetzbaren Templates)
- Zweisprachigkeit (D/E für Unternehmen mit international verteilten Standorten und Projekten)
- Aufzeigen konkreter methodischer Schnittstellen (direkt zum Prozessmanagement, zur Ressourcen- und Budgetplanung, zum Anforderungs- und Risikomanagement und indirekt über die Abbildung mehrerer Use Cases)

Trägerstruktur für branchenspezifische Lösungen

Parallel zur Erstellung der Recommendation für Schedule-Management stellt sich heraus, dass neben den Anforderungsstellern auch die Lösungsanbieter mit dem Standard eine signifikante Unterstützung erhalten. Toolanbieter sind keine IT-Spezialisten, sondern i.d.R. Prozess- und/oder Methodenspezialisten. Die Grundlagen der Projektterminplanung (Netzplan, Gantt Chart, Ermittlung des kritischen Pfads, Verknüpfung mit der Ressourcenplanung und Ausweisung von Ressourcenengpässen, ...) sind seit Jahrzehnten bekannt. Heute muss zusätzlich eine deutlich gestiegene Komplexität verknüpfter Projektpläne beherrscht werden. Der Umgang mit produkt- und branchenspezifischen Anforderungen muss vertraut sein.

Es gibt nicht DEN Projektterminplan in der Fahrzeugentwicklung. Automobilhersteller in Konzernstrukturen betreiben ein abgestimmtes Portfolio von Fahrzeugentwicklungsprojekten – genau aufeinander und auf den Markt abgestimmt. Das beinhaltet auch das ausbalancieren von Markenstrategien (Vermeidung von Kanibalisierungseffekten) und Fahrzeugklassen (Fokussierung von Käuferschichten). Betrachtet man noch die Fahrzeugvarianz (Differenzierung der Zielgruppen und zeitlich gestaffelte Markteintritte für harmonisch abgestimmte Produktionsstarts) sowie die fahrzeugübergreifende Gleichteilstrategie (Bündelung von Einkaufsvolumina) und deren Zusammenfassung in einer kaskadischen Modulstrategie (Entwicklungs-, Fertigungs-, Lagerungs- und Logistiksynergien), so entstehen hunderte horizontaler und vertikaler Abhängigkeiten der Projektterminpläne in der Automobilindustrie (siehe Abb. 3); die harmonisch darauf abgestimmten Terminpläne der Zulieferer noch nicht mitgerechnet. Die Wirkungsweise solcher vernetzten Terminpläne muss verstanden werden, um sie berücksichtigen zu können.



Identifies first users for standards (in particular scheduling dependencies)

Simplified representation, i.e. - non-dynamic (change of model, model maintenance projects, facelift, etc. with or without transferred parts ignored)
- Supplier parts for component and module development ignored

Abb. 3:
Horizontale und vertikale Abhängigkeiten von Projektterminplänen in der Automobilindustrie am Beispiel der Volkswagen AG [2]

Im Windenergiesektor sind die Herausforderungen kaum kleiner, aber deutlich anders. Die Stakeholder eines Windparkprojektes sind an Vielzahl, Vielfalt und Eigendynamik kaum zu überbieten. Dies ist ein erheblicher Risikofaktor für terminierte Meilensteine, wenn nicht für die gesamte Projektrealisierung. Andere Faktoren wie eine systemimmanente starke Wetterabhängigkeit und regelmäßige Gesetzesänderungen in der noch jungen Branche erzeugen eine deutlich überdurchschnittliche Wechselwirkung der Terminplanung mit dem Risikomanagement. Neben dem „normalen“ Risikomanagement, das Bestandteil jedes professionellen Projektmanagements sein sollte, ist eine weitere Besonderheit zu beobachten.

Nach dem Ausrufen der Energiewende verzeichnete die Branche einen sprunghaften Anstieg der Projekte und Akteure, die ohne nennenswerte Historie und ohne angemessenen finanziellen Background Millionenprojekte (onshore) und Milliardenprojekte (offshore) stemmen wollen. Die regelmäßig sehr hohe Fremdkapitalquote befördert sowohl das Risikomanagement selbst als auch dessen Verzahnung mit der Terminplanung (siehe Abb. 4) nochmals in eine neue Dimension. Die enge Rückkopplung, die Arbeit mit Wahrscheinlichkeiten und den Wechsel von Zeitpunkten und Zeitspannen muss eine IT-basierte Terminplanungslösung bieten, um branchenspezifischen Herausforderungen gewachsen zu sein.

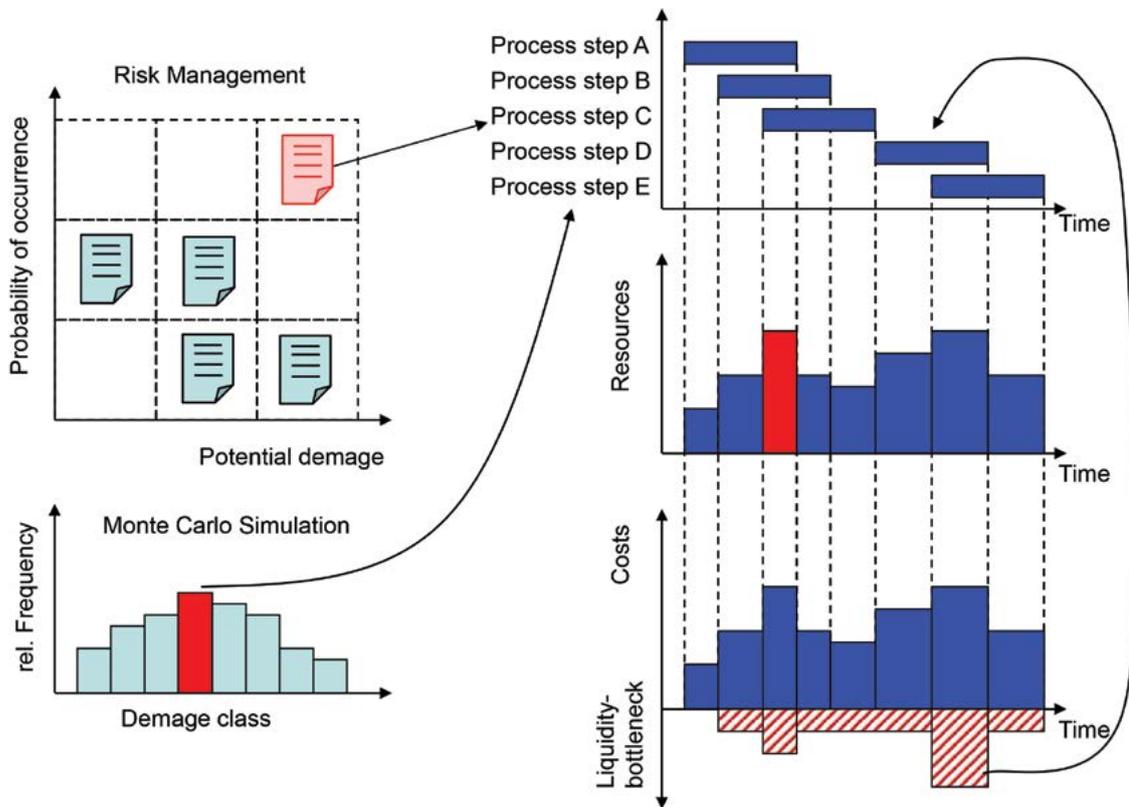


Abb. 4: Verzahnung von Projektterminplanung und Risikomanagement im Windenergiesektor [2]

Fazit

Projektmanagement ist keine Toolfrage. Leistungswilligkeit und -fähigkeit des Projektteams, eine Reihe von technischen, strukturellen, organisatorischen, rechtlichen und sozialen Aspekten in dem Multidisziplinenthema lassen sich mit IT-Unterstützung kaum verbessern oder beschleunigen.

Und doch ist es eine Toolfrage, ob die Akteure sich auf das Wesentliche – auf die kreative Lösungsfindung und Steuerungsaspekte im dynamischen Umfeld – konzentrieren können und von zeitraubenden Routinetätigkeiten bei der Kalkulation, Dimensionierung, Steuerung und Überwachung von Terminen, Ressourcen und Budgets maßgeblich unterstützt werden können.

Referenzen/References:

- [1] GPM/ EBS-Studie „Makroökonomische Vermessung der Projektstätigkeit in Deutschland“ (10/2015)
- [2] GPM 09-04:2017 / VDA 4959 / PSI 10 „Recommendation for Schedule Management“ ed. 2 (automotive industry & wind energy sector)

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

Begründung von Innovationsentscheidungen

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

Innovationsentscheidungen sind riskant und bedürfen daher einer überzeugenden Begründung. Die Begründung hat vor allem zu zeigen, welche Auswirkungen die erwogene Maßnahme auf die spezifischen Ziele des Unternehmens voraussichtlich haben wird. Darüber hinaus sollte aber auch deutlich werden, wie gut die Qualität derjenigen Informationen ist, auf denen die Prognosen dieser Zielbeeinflussungen basieren. Dieser Aspekt ist wichtig, weil Innovationsentscheidungen regelmäßig von anderen als den eigentlichen Entscheidern vorbereitet werden, etwa von Arbeitsgruppen, Stabsabteilungen oder Unternehmensberatern.

Innovation decisions are risky. Therefore, they need to be based on a sound reasoning. The reasoning has to show the predicted consequences the innovation will have for the objectives of the decision. Furthermore, the reasoning should indicate how good the information is on which the predictions are based. This is important because innovation decisions are usually prepared by other people than the actual decision makers.

Im Februar 2018 meldet das Manager Magazin, dass sich immer mehr Top-Entscheider von fragwürdigen Digitalisierungsexperten beraten lassen und viel Geld damit verbrennen. Geht es um das große Zukunftsthema, sitzt das Portemonnaie augenscheinlich locker. „Wenn Sie ein Budget durchdrücken wollen, schreiben Sie einfach ‚digital‘ an Ihr Projekt“, wird Bayer-Vorstandschef Werner Baumann im Manager Magazin zitiert und macht damit indirekt deutlich, dass solche Entscheidungen einer sorgfältigen Begründung bedürfen. Immerhin sind Innovationsentscheidungen riskant.

Bei Innovationsentscheidungen lassen sich die erwarteten Kosten der zu beurteilenden Maßnahmen vergleichsweise sicher abschätzen, die erhofften Vorteile hingegen sind stets recht unsicher. Daher müssen Entscheidungsbegründungen stets Prognosen enthalten, wie die Maßnahme auf die Entscheidungsziele wirken wird. Wünschenswert wäre es nun, wenn die Begründung darüber hinaus auch erkennen lassen würde, welche Qualität die Informationsgrundlage hat, auf der die prognostizierten Zielbeeinflussungen basieren. Wie gestaltet man eine Entscheidungsbegründung, sodass beide Anforderungen erfüllt werden?

Um diese Frage zu beantworten, wird im Forschungsprojekt auf Erkenntnisse der betriebswirtschaftlichen Entscheidungslehre zurückgegriffen. Danach soll die Anfertigung

einer Innovationsentscheidung in der Form eines Prozesses erfolgen, dessen Phasen unterschiedliche Anforderungen an die Informationsbeschaffung und -verarbeitung der Entscheider stellen:

- Im ersten Schritt ist festzulegen, worum es bei der Entscheidung überhaupt geht. Gesucht ist an dieser Stelle ein Thema, das allen Folgeaktivitäten Orientierung gibt und das man als Entscheidungsinhalt, Entscheidungsproblem oder Entscheidungsgelegenheit bezeichnen kann.
- Im Anschluss daran sollten Entscheider wünschenswerte Zielzustände – „Ziele“ – setzen, die bestmöglich erreicht oder vermeiden werden sollen und anhand deren Beeinflussungen man alternative Handlungsmöglichkeiten bewerten kann.
- Danach werden diejenigen Handlungsmöglichkeiten bestimmt, aus denen später die beste ausgewählt wird. An dieser Stelle des Entscheidungsprozesses müssen Entscheider eine Vorauswahl treffen, da regelmäßig nicht alle denkbaren Handlungsmöglichkeiten analysiert werden können.
- Liegen Ziele und Handlungsmöglichkeiten vor, können Prognosen erfolgen, welche Auswirkungen die Handlungsmöglichkeiten auf die gesetzten Ziele vermutlich haben werden.
- Auf der Grundlage der für jede Handlungsmöglichkeit prognostizierten Zielbeeinflussungen

sungen wird dann beurteilt, welches Risiko eine jede Handlungsmöglichkeit hat und welchen Nutzen jede Handlungsmöglichkeit unter Beachtung ihres Risikos stiften würde.

- Schließlich ist diejenige Handlungsmöglichkeit auszuwählen, die unter Beachtung des Risikos den höchsten Nutzen erwarten lässt.

Das Konzept der zeitlichen Zerlegung eines Entscheidungsprozesses in sechs idealtypische Phasen wird durch die Erkenntnis ergänzt, dass in den ersten fünf Phasen zusätzliche Informationsentscheidungen zu treffen sind. Dabei muss z. B. bestimmt werden, wie man sich über die relevanten Ziele Klarheit verschafft und mit welcher Methode die alternativen Handlungsmöglichkeiten erzeugt werden. Des Weiteren ist festzulegen, auf welcher Informationsgrundlage die Prognosen der Zielbeeinflussungen erfolgen sollen und wie das Risiko gemessen wird, das damit verbunden ist. Die Informationsgrundlage der Prognosen steht im Mittelpunkt des Forschungsprojekts, das zu einer Publikation führen soll.

In dieser Publikation soll zunächst gezeigt werden, dass Zuverlässigkeit und Vollständigkeit die wichtigsten Qualitätsmerkmale prognosebezogener Informationen sind. Hierfür kann auf Überlegungen zurückgegriffen werden, die unter Mitwirkung des Autors bereits in den Zeitschriften „Die Betriebswirtschaft“, „Der Aufsichtsrat“ und „Zeitschrift für Corporate Governance“ publiziert worden sind. Dort wurde insbesondere auch deutlich gemacht, dass wichtige Entscheidungen regelmäßig durch Dritte vorbereitet werden. Arbeitsgruppen, Stabsabteilungen und Unternehmensberater bestimmen in diesen Fällen also die Informationen, auf deren Grundlage die Entscheider dann der vorgeschlagenen Innovationsmaßnahme zustimmen oder sie ablehnen. Da dies primär von den prognostizierten Zielbeeinflussungen abhängen wird, benötigen die eigentlichen Entscheider handhabbare Maßstäbe für die Beurteilung von Zuverlässigkeit und Vollständigkeit der Prognosen.

Was die Zuverlässigkeit anbelangt, so kann auch hier auf die bereits genannten Vorarbeiten zurückgegriffen werden. Danach dürfte eine ausreichend hohe Zuverlässigkeit etwa dann vorliegen, wenn zukünftige Kostenwirkungen auf der Grundlage abgeschlossener Verträge geschätzt oder die Auswirkungen technischer Maßnahmen auf der Grundlage von Naturgesetzen formuliert werden. Außerdem können Prognosen im Zeitalter von Big Data immer

öfter auf statistische Auswertungen umfangreicher Datenbestände zurückgreifen und lassen – sofern zeitstabile Wirkungszusammenhänge unterstellt werden dürfen – durchaus zuverlässige Aussagen über Zukünftiges zu. Schließlich ist auch der Fall denkbar, dass die Zuverlässigkeit einer Prognose mit der Reputation desjenigen begründet wird, der die Prognose erstellt hat – z. B. eine anerkannte Unternehmensberatung; die Juristen sprechen hier vom „fachkundigen Rat“.

Eine dezidiert geringe Zuverlässigkeit von Prognosen liegt demgegenüber vor, wenn die Datengrundlage nur aus wenigen Einzelbeispielen der Vergangenheit besteht. Als gering muss die Zuverlässigkeit auch gelten, wenn Entscheider eigene Plausibilitätsüberlegungen anstellen, ohne auf fachkundigen Rat zurückzugreifen oder wenn lediglich darauf verwiesen wird, dass die prognostizierte Wirkung zwar nicht wahrscheinlich, aber doch zumindest möglich ist.

Ergänzt man diese Zuverlässigkeitsabstufung um die Idee, dass Prognosen mit geringer Zuverlässigkeit einer argumentativen Stützung bedürfen, gelangt man zu einem schematischen Aufbau von Entscheidungsbegründungen wie er in Abbildung 1 gezeigt ist. In der rechten Spalte sind die Zuverlässigkeitsgrade ausgewiesen, die, sofern sie gering sind, nach einer Stützung verlangen. Sie sollte erst dann abgebrochen werden, wenn die Stützungsaussage eine ausreichend hohe Zuverlässigkeit aufweist.



Abb. 1: Stützung von Prognosen mit eingeschränkter Zuverlässigkeit

Im Forschungsprojekt ist nun näher zu untersuchen, ob und wie dieses Schema modifiziert werden muss, um den speziellen Anforderungen von Innovationsentscheidungen Rechnung zu tragen. Dabei wird u. a. auch zu klären sein, wie Entscheider in die Lage versetzt werden können, den Grad der Vollständigkeit der Prognosen aus der Entscheidungsbegründung abzulesen.

Ausgangspunkt hierfür ist die Überlegung, dass Vollständigkeit auf jeder Tiefenstufe der Entscheidungsbegründung anzustreben ist. Der Begriff der Vollständigkeit erfasst nicht nur die dem Stand des Wissens entsprechenden Pro-Argumente, sondern auch erwartbare Contra-Argumente, mit denen die Prognose Risiken thematisiert werden. Sind solche Contra-Argumente auf einer Tiefenstufe vorhanden, muss eine Konfliktauflösung erfolgen. Abbildung 2 zeigt den insoweit typischen Aufbau der zweiten Tiefenstufe zur Stützung einer Ausgangsprognose. Dieser Aufbau wiederholt sich auf jeder Tiefenstufe, die zur Stützung von Argumenten dient (vgl. auch Abb. 3).

Ziel des Projekts ist es, Entscheidern die Beurteilung der Informationsgrundlagen von Prognosen zu erleichtern und damit einen Beitrag zur Verbesserung der Entscheidungsqualität zu leisten. Das Erreichen dieses Ziels erfordert allerdings nicht nur konzeptionelle Überlegungen, sondern auch eine gute praktische Verwendbarkeit des vorgeschlagenen Begründungsschemas. Die Praktikabilität würde vermutlich dadurch erleichtert, dass das Schema den Mitarbeitern in Form eines Templates zur Verfügung gestellt wird. Textverarbeitungsprogramme, die regelmäßig auf das DIN-A4-Format ausgerichtet sind, bieten sich hierfür nicht an, weil die Prognosen von Innovationsentscheidungen aufgrund ihrer geringen Zuverlässigkeiten regelmäßig einer intensiven argumentativen Stützung bedürfen und sich mit jeder Tiefenstufe weiter „nach rechts“ ausdehnen. Zu erwägen wäre daher, das Template in einem Tabellenkalkulationsprogramm wie etwa Excel zu erstellen, da hier unendlich viel Raum zur Verfügung steht.

Referenzen/References:
 [1] Graumann, M./ Grundei, J.: Die Beurteilung der Informationsbasis zustimmungspflichtiger Geschäfte. In: Der Aufsichtsrat, 2014, Heft 2, S. 21-23
 [2] Graumann, M./ Grundei, J.: Wann entsprechen unternehmerische Entscheidungen der gesellschaftsrechtlichen Anforderung „angemessener Information“? In: Die Betriebswirtschaft (DBW), 71. Jg., 2011, S. 379-399
 [3] Graumann, M./ Engelsleben, T.: Warum Geschäftsleiter für die Beurteilung der Informationsgrundlage von Prognosen ein regelbasiertes Verfahren benötigen – Überlegungen zur Leitungsorganisation vor gesellschaftsrechtlichem Hintergrund. In: Zeitschrift für Corporate Governance, 6. Jg., 2011, S. 69-75

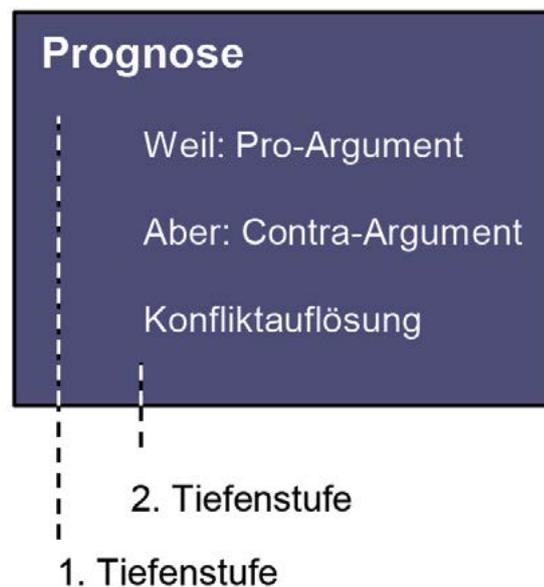


Abb. 2: Typischer Aufbau einer zweiten Tiefenstufe



Abb. 3: Argumentation mit mehr als zwei Tiefenstufen

AUTOR



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

ivesk – INSTITUT FÜR VERLÄSSLICHE EMBEDDED SYSTEMS UND KOMMUNIKATIONSELEKTRONIK



Das „Internet der Dinge“ (Internet of Things, IoT) durchdringt zunehmend industrielle und persönliche Anwendungen. 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 Systemefunktionskritische Aufgaben autonom übernehmen, gewinnen Zuverlässigkeit und Sicherheit immer mehr an Bedeutung. Entsprechend müssen die Aspekte der Datensicherheit und der Privatsphäre (Privacy) ebenfalls und von Anfang 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 und das sich seither außerordentlich positiv entwickelt hat. Es werden pro Jahr etwa 20 F&E-Projekte in enger Kooperation mit Unternehmen und anderen Forschungseinrichtungen bearbeitet, um das Internet der Dinge zuverlässiger und verlässlicher zu machen.

Am Institut arbeiten gegenwärtig 12 VollzeitmitarbeiterInnen sowie etwa ebenso viele Studierende. Aufgrund der sehr positiven Projektlage sind noch einige Projekt- und Promotionsstellen offen. Kandidaten für Tutorentätigkeiten und Abschlussarbeiten sind gern gesehen.



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

Institutsleitung

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

Unified Performance Analysis of LPWAN based SmartWaste Management System

Jubin E. Sebastian M.Tech, Dipl.-Infom. (FH) Manuel Schappacher, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Axel Sikora

Das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) setzt eine zuverlässige und flexible, oft drahtlose Kommunikation voraus. Der Test räumlich verteilter Funksystemen bringt hierbei besondere Anforderungen mit sich. Der Beitrag stellt eine am Institut der Autoren entwickelte durchgängige Testumgebung zur Durchführung systematischer Tests vor und berichtet über die Messergebnisse für Low-Power-Wide-Area-Netzwerke (LPWAN) für den Anwendungsfall intelligenter Müllbehälter.

To enable megatrends like Internet of Things (IoT) reliable wireless communication technologies play a major role. Spatially distributed wireless technologies introduce additional challenges in testing. This article describes the overall architecture of a unified test environment and provides an overview of the performance investigations of various Low-Power-Wide-Area network (LPWAN) technologies for a smart waste management use case.

Introduction

In the age of Internet of Things (IoT) and Industry 4.0, practically all industrial application fields are affected from the increasing trend of digitization and networking. With this “megatrend”, applications and devices are being digitized and integrated into the intelligent exchange of information. Many smart world use cases are addressed like home and building automation, industrial and process automation, vehicle and traffic engineering, logistics, safety technology, power engineering or medical technology (Telehealth, Telecare) and many more. The main motivation for this trend is that with the networked application the system efficiency can be increased, and costs can be saved. Also new applications, business or service models are possible. Many of these use cases are enabled by spatially distributed networking solutions which use wireless communication channels. To ensure reliable performance, testing and performance measurements need to be performed during the development, the installation and the deployment phases.

For the entire development process of wireless communication systems, the Institute of Reliable Embedded Systems and Communication Electronics (ivESK) at Offenburg University [1] follows a continuous test-driven design flow for distributed communication nodes. It includes various abstraction levels and is based on identical software or firmware implementations and identical test cases at these levels. These testing approaches range

from simulation over virtualization and emulation of the network to field tests. In a recent research project, ivESK together with Binando GmbH [2], a young enterprise developing a platform for intelligent waste collection, have performed a systematic performance analysis of innovative long-range low-power wireless communication technologies like Low-Power Wide-Area Networks (LPWAN) or Narrowband IoT (NB-IoT) using this test environment.

Smart Waste Management Use Case

With smart city use cases companies and government try to address efficient and intelligent utilization of resources and to overcome challenges of surging population growth and urbanization. The use case example of smart waste management system is considered in this article, which deal with the ever-increasing amount of garbage in cities and in the collection of recyclables. This area of application promises significant efficiency gains through the monitoring of collection points or containers and optimization in the route planning of collection vehicles. The Binando GmbH is a young enterprise, which in co-operation with the energy supplier EnBW developed the platform for intelligent waste collection. The platform offers basic solutions from hardware including maintenance through software to a cloud-based dashboard and already covers all the required elements of an overall system. A sensor was specially designed and developed for waste containers which measures the level in one garbage containers, such as a glass or



Fig. 1: Binando smart dustbin

a paper container, and sends the levels and other data like temperature or humidity regularly to the backend. One to the needs of waste management tailored route planning based on the current and predicted levels of the container, which allows an optimized route while preventing overfilled containers. A dashboard provides insights into the valuable information of containers and routes. It exists also the possibility to set up notifications for special events, to export the data or to be given specific recommendations for action [2].

The connection of the sensors in the spatially distributed waste containers has so far been carried out with the help of cellular mobile communication (GSM / GPRS, or UMTS). This approach is functional and simple, but the requirements to connect many spatially distributed low-power sensor devices at low cost, with low energy consumption are some of the challenges yet need to be addressed.

Low-Power Wide-Area Networks (LPWAN)

A low-power wide-area network (LPWAN) is a novel type of wireless communication wide area network designed to allow long range communication to interconnect low-bandwidth and battery-powered devices (connected objects), such as sensors. LPWANs promise a new level of link budgets at low output power and cost allowing a long range and stable local communication in IoT deployments. LPWAN is not a single technology, but it is the common name of various low-power, wide-area network technologies, with different building blocks.

In general, LPWANs may operate in unlicensed and licensed bands. The networks operate in unlicensed bands are kind of ad-hoc network and proprietary solutions are already available in the market such as LoRa/ LoRaWAN, SigFox, and MIOTY. LoRa/LoRaWAN [1] is based on

chirp spread spectrum (CSS) radio modulation technology, SigFox [2] is based on Ultra Narrow Band (UNB) modulation technology, and MIOTY [3] is empowered with telegram splitting technology. Licensed LPWANs are cellular network variants, being standardized by 3GPP under the umbrella term of cellular IoT (cIoT). The most suitable cIoT technology for LPWAN use case is Narrow Band IoT (NB-IoT). The narrowband versions of cellular technology approaches are with reduced bandwidth and simplified node and network management mechanisms [12].

We fundamentally know that for radios in long range we can either increase the transmission power or to decrease the bandwidth of the channel. LPWAN technologies combine low-energy operation of wireless systems with low data-rate and bandwidth. They enable excellent receiver sensitivities of as low as -150 to -160dBm to achieve link budgets of 160 to 170dB with output power of as low as 10dBm. Thus, they reach distances of several (typically around 10) kilometres. They are also very economic both in device cost (investment cost) and in complexity of network management (operational cost). Combining these features, they enable a new class of applications for the Internet of Things (IoT), which requires low data-rate, simple, long-range, low-energy for battery powered or energy-autarkic operation.

Since these LPWAN use cases come with various requirements in terms of RF coverage, energy, complexity, scalability, autonomy and cost, it is essential to perform a comparative analysis of competing technologies. In this project, we systematically compared the different available technology choices for spatially distributed connectivity, according to the radio scheme and other sensor device specific requirements of binando GmbH. The ivESK team conducted a systematic test campaign with identical test cases to measure and compare the performance of various technologies.

Challenges in testing of spatially distributed wireless communication technologies

Testing of spatially and functionally distributed wireless networking solutions can't be covered by conventional testing methods. These wireless networks introduce a multitude of different test scenarios. Testing such systems are always complex due to the short-lived nature of wireless signal propagation, irreproducible channel characteristics, various network topologies etc. Testing and validation of these technologies are essential before the deployment. Most of the existing testing solutions are platform specific. It is particularly important in such complex systems to test individual components that are as clear and independent as possible at an early stage, and only then, once their correct function has been verified, to test the entire system. This procedure considerably reduces the effort for troubleshooting and increases test coverage and thus reliability. Testing of wireless systems are performed in various abstraction levels such as network simulation, virtualization, emulation, and field tests in the state of the art. Until today, test cases are modelled differently at the different levels, even if they describe the same functions or processes [12].

Unified Testing Approach of ivESK

For performing the automated testing of wireless communication and to measure the network performance and stability of wireless networks, a unified testbench has been developed at ivESK. For the entire development process, ivESK follows a continuous test-driven design flow for the distributed communication nodes, which includes various abstraction levels with identical software or firmware implementations and identical test cases.

The basic idea of this universal testbench is to have a unified and seamless test environment for a broad variety of wireless technologies. The unified testbench is realized using three different levels such as test case descriptions and automated execution tools, in various abstraction levels using identical measurement, and analysis tools. An overview of our unified LPWAN and NB-IoT test environment is shown in Fig. 2.

Performance Measurements of LPWAN & NB-IoT

To systematically compare the competing technologies, identical test cases are used in the identical test environment. The test cases are RF coverage, signal quality, packet loss rate, payload flexibility, stability, interference tolerance etc. An Eclipse Titan TTCN-3 based test case de-

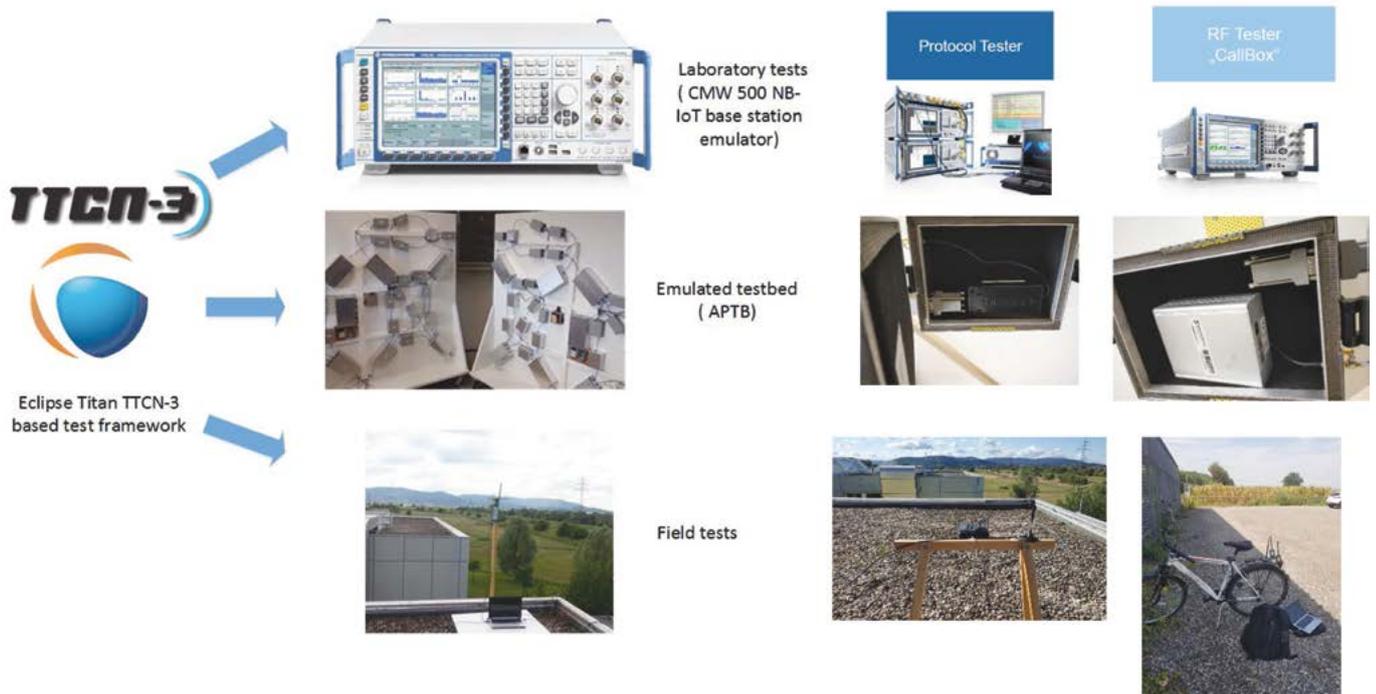


Fig. 2: Unified test environment overview

scription and automated execution framework are also integrated to our test environment [11].

Performance measurements are performed for various tests in laboratory and in field. For RF coverage, payload flexibility, stability and co-existence behavior test cases statistics such as the Received Signal Strength Indication (RSSI), Signal to Noise Ratio (SNR), number of sent and received packets and timing are measured. In this contribution, we provide an overview of performance measurement results from various test campaigns. A performance measurement example from our lab test and field test campaign is given in Fig. 3, on top is the comparison of packet loss from our field measurements and bottom is the throughput measurements in the lab tests.

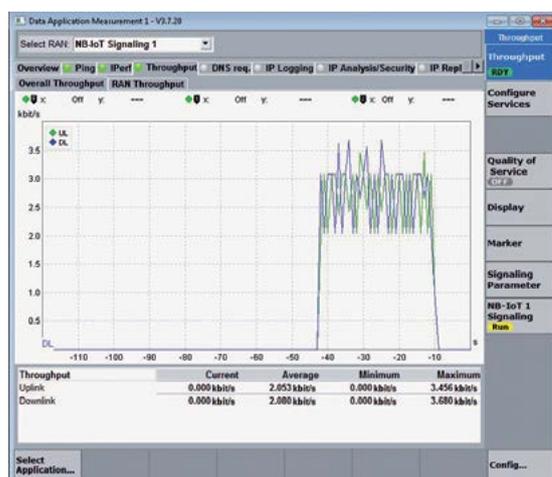
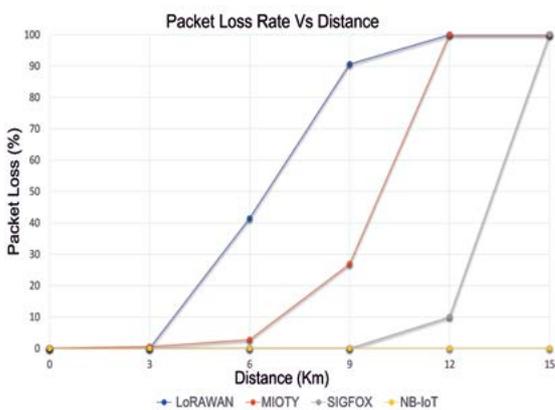


Fig. 3: Example performance measurements

Summary and Outlook

The tests and performance measurements performed on various technologies confirmed its applicability for smart waste management use case of Binando GmbH in our lab and field measurements with respect to its long range,

link budget, payload flexibility, data rate and interference tolerance of these technologies for the use cases considered. With regards to RF coverage the three unlicensed LPWAN technologies are performed well in distances of up to 10 km, with SigFox showing the best penetration in the LPWAN segment. But when it comes to payload flexibility, LoRaWAN was able to handle up to 256 bytes per message, where SigFox can support only 12 bytes and a maximum of 140 messages per day. With regard to the interference tolerance and coexistence issues LoRaWAN showed weaker performance in the field with more lost packets, whereas SigFox and MIOTY performed well. Regarding interference tolerance, MIOTY Telegram Splitting Multiple Access technology [3] proved its capability in our measurements. The NB-IoT technology is getting more attraction due to an attractive data rate (~ 100 kbps), low latencies (~ 1 s), new proposals for in 3GPP Rel.14 for reduced power consumption and upcoming world-wide deployment. When choosing the right technology, we need to also consider trade-off between payload flexibility, interference robustness, and energy consumption. Our systematic comparison using this unified test environment showed the value of such a unified and seamless test & performance measurement environment for comparison of competing spatially distributed wireless networking technologies. Further measurement campaign will follow.

Referenzen/References:

- [1] The Institute of Reliable Embedded Systems and Communication Electronics, <https://ivesk.hs-offenburg.de/>
- [2] Binando GmbH, <https://binando.com/>
- [3] LoRa Alliance, <https://www.lora-alliance.org/>
- [4] SigFox, <https://www.SIGFOX.com/en>
- [5] MIOTY, <https://www.iis.fraunhofer.de/de/ff/lv/net/tech/telemetry.html>
- [6] 3GPP release for Cellular IoT, <http://www.3gpp.org/specifications/releases>
- [7] A. Sikora, E. Jubin Sebastian, A. Yushev, E. Schmitt, M. Schappacher, „Automated Physical Testbeds for Emulation of Wireless Networks“, ICMIE 2016, 75, 06006 (2016), pp.1-5, <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20167506006>
- [8] R & S CMW 500, https://www.rohde-schwarz.com/hu/product/cmw500-pt-product-startpage_63493-10566.html
- [9] E. Jubin Sebastian, J.M Jose, M. Schappacher, A. Sikora, „Seamless test environment for distributed embedded wireless networks“, Proc. of the 2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) Conference (Sept 2017, Udipi, India
- [10] A. Sikora, M. Schappacher, A. Yushev, „A Novel Virtualized Testbed for Embedded Networking Nodes (VTENN)“, Proc. of the 2017 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 22-25 May 2017, Torino, Italy, pp. 117-122.
- [11] A. Yushev, M. Schappacher, A. Sikora, „Titan TTCN-3 Based Test Framework for Resource Constrained Systems“, MATEC Web of Conferences, ICMIE 2016, 65, 06005 (2016), pp. 1-5, <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20167506005>
- [12] E. Jubin Sebastian, M. Schappacher, A. Sikora, „Unified Test Environment for LPWAN and Cellular IoT“, Accepted for publication in Proc. of the Embedded World Conference, 2019

AUTOREN



Jubin E. Sebastian M.Tech.
Doktorand ivESK
sebastian.jubin@hs-offenburg.de



Dipl.-Infom. (FH) Manuel Schappacher
Wissenschaftlicher Mitarbeiter ivESK
manuel.schappacher@hs-offenburg.de



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

Integrierte Sicherheit durch Physical Unclonable Functions (PUFs)

Lukas Zimmermann M.Sc., Alexander Scholz M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Axel Sikora

Die zunehmende Vernetzung eingebetteter Systeme im Internet der Dinge erhöht den Bedarf an kostengünstigen Sicherheitseinheiten für kryptografische Anwendungen, wie beispielsweise für die Verschlüsselung von Kommunikationsdaten oder zur Authentifizierung einzelner Geräte. Sogenannte Physical Unclonable Functions (PUFs) versprechen eine sichere Möglichkeit, unkontrollierbare intrinsische Variationen zur Generierung einzigartiger Erkennungsmerkmale (IDs) zu nutzen.

The increasing interconnection of embedded systems in the Internet of Things (IoT) calls for low-cost security primitives for cryptographic applications. Examples are the encryption of data in transport or the authentication of unique devices. So called Physical Unclonable Functions (PUFs) promise a secure possibility to leverage from uncontrollable process-dependent intrinsic variations to generate unique identifiers (IDs).

Einleitung

Vernetzte eingebettete Systeme prägen seit Jahren unseren Alltag. Unabhängig von der Anwendung agieren sie meist im Hintergrund und sind für den Nutzer unsichtbar. Die möglichen Einsatzgebiete sind breit gestreut und umfassen beispielsweise die Gebäude-, Industrie- und Prozessautomatisierung, Fahrzeugbau, Logistik, Energieversorgung, Medizin und viele mehr. Dabei spielt auch der Trend hin zum Internet of Things (IoT) eine immer größere Rolle. Bisher isolierte Geräte werden miteinander vernetzt, die dann ohne Zutun eines menschlichen Akteurs miteinander kommunizieren. Deshalb müssen besonders Sicherheitsaspekte wie verschlüsselte drahtlose oder drahtgebundene Kommunikationen berücksichtigt werden. Vor allem eingebettete Systeme mit eingeschränkten Ressourcen, wie sie oft in Low-Cost-Applikationen zum Einsatz kommen, sind signifikanten Risiken ausgesetzt und werden auch immer öfter zum Einfallstor für Angriffe.

Softwarebasierte Sicherheitslösungen allein können die Integrität des Gesamtsystems nicht sicherstellen [1]. Da potenzielle Angreifer in vielen Fällen physischen Vollzugriff auf ein eingebettetes System erreichen können, besteht die zusätzliche Gefahr, dass die Integrität der Firmware nicht mehr gewährleistet werden kann und ggfs. Duplikate entstehen. Aus diesem Grund werden oft in Hardware implementierte Sicherheitserweiterungen integriert, auf die das Gesamtsystem aufbauen kann. Diese

bieten einen eindeutigen Identitätsnachweis in Form einer Identifikationsnummer (ID), die für kryptografische Anwendungen oder zur Identifizierung und Authentifizierung eingesetzt werden können. Ein mögliches kostengünstiges Sicherheitsmerkmal bieten Physical Unclonable Functions (PUFs), die man als Speicher für kryptografische Schlüssel einsetzen kann [2]. PUFs sind physikalische Objekte, meist in Form einer elektronischen Hardwareschaltung umgesetzt, die durch die Variationen in ihrem Herstellungsprozess eindeutige Merkmale erhalten. Nach dem Anlegen eines Stimulus, einer sogenannten Challenge, antwortet eine PUF mit einem zufällig aussehenden, aber reproduzierbaren Signal, der sogenannten Response. Diese Response kann beispielsweise als kryptografischer Schlüssel oder als Identifier verwendet werden.

Grundlegendes PUF Konzept

Die grundlegende Idee von PUFs besteht darin, intrinsische Variationen, die, durch den Herstellungsprozess bedingt, jedoch nicht von diesem gezielt beeinflussbar sind, zu nutzen. Dies ermöglicht es, eindeutige und zufällige Erkennungsmerkmale vergleichbar mit dem menschlichen Fingerabdruck zu generieren. Einer der Vorteile besteht darin, dass die daraus resultierende digitale ID nicht vom Hersteller beeinflusst oder zu einem späteren Zeitpunkt von einem Angreifer verändert werden kann.

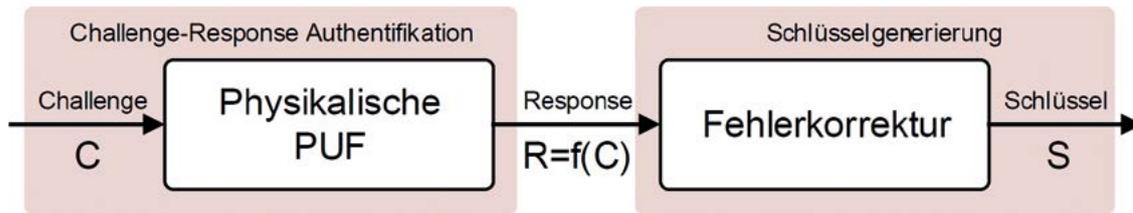


Abb. 1:
PUF-Architektur

Im Allgemeinen kann eine PUF als physikalische Struktur beschrieben werden. Im Speziellen verhält sich eine PUF wie eine Einwegfunktion in Form einer Black Box, die mit einer Challenge C angeregt wird und mit einer Response R antwortet (siehe Abbildung 1).

Aufgrund der intrinsischen Variationen ist die Response nicht vorherzusehen. Mit steigender Komplexität der PUF-Schaltung können höhere Challenge- und Response-Bitbreiten erreicht werden, wodurch der Adressraum vergrößert wird. Es gibt Anwendungen, bei denen es Sinn macht, eine PUF nicht komplett auszulernen, d. h. nicht die maximale Challenge-Bitbreite zu nutzen, sondern den Challenge-Response-Adressraum zu unterteilen. Dadurch wird es z. B. bei einer Authentifizierung möglich, unterschiedliche Challenge-Response-Pairs (CRPs) zu nutzen. Dazu kann der Hersteller nach dem Herstellungsprozess einige CRPs auslesen und abspeichern. Bei der Authentifizierung wird die PUF wieder mit einer der gleichen Challenges angeregt und antwortet mit einer Response. Im Anschluss werden beide CRPs auf Gleichheit untersucht. Da es nicht auszuschließen ist, dass gelegentlich Bit-Fehler in den Responses auftreten, kann an dieser Stelle auch ein Binning-Verfahren (z. B. mit Hamming Distanz) angewendet werden. Um eine PUF direkt für die Schlüsselgenerierung einsetzen zu können, sind zusätzliche Fehlerkorrekturverfahren notwendig, um instabile PUF-Response-Bits zu korrigieren. In den letzten Jahren wurden einige Silizium-basierte PUF-Designs in der Literatur veröffentlicht [3][4][5][6].

Sicherheitseigenschaften von PUFs

In Abhängigkeit vom angestrebten Einsatzgebiet einer PUF ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Sicherheitseigenschaften. In der Literatur werden mehrere solcher Eigenschaften beschrieben [1]:

Unvorhersagbarkeit: Das Challenge-Response-Verhalten einer PUF soll nicht vorhersagbar sein. Selbst wenn der Angreifer eine bestimmte Menge an CRPs kennt, sollen keine Korrelationen zu anderen CRPs vorhanden sein.

Robustheit: Diese grundlegende Eigenschaft wird unabhängig von der Zielapplikation von nahezu allen PUFs gefordert. Wird eine PUF mehrmals mit derselben Challenge angeregt, sollte die Response im Idealfall immer die Gleiche sein. In der Realität weisen Responses jedoch Rauschen auf. Dies kann im Fall einer digitalen Response zu Bit-Fehlern führen. Die Fehlerrate sollte soweit wie möglich verringert werden. Dazu können z. B. fehlerkorrigierende Codes zum Einsatz kommen [7]. Zur Robustheit einer PUF gehört ebenfalls, dass die CRPs unter veränderten Umgebungsbedingungen (beispielsweise Schwankungen der Temperatur oder Betriebsspannung) zuverlässig und reproduzierbar extrahiert werden können.

Unkopierbarkeit: Für einen Angreifer sollte es unmöglich sein, eine physische Kopie einer PUF zu erstellen. Daraus ergibt sich die Anforderung, dass die für die Generierung der PUF Responses zugrunde liegenden Variationen möglichst zufällig und unkontrollierbar sein sollten. Oft wird in der Literatur zwischen „weak“ und „strong“ PUF unterschieden [8]. Unkopierbarkeit impliziert an dieser Stelle eine große Anzahl von CRPs (strong), da ein Angreifer sonst (weak) in sehr kurzer Zeit alle CRPs messen und auf einfache Art einen Klon erstellen kann.

Forschungsansatz

In dem Anfang 2017 gestarteten kooperativen Promotionskolleg MERAGEM (Modellierung, Entwurf, Realisierung und Automatisierung von gedruckter Elektronik und ihren Materialien) zwischen der Hochschule Offenburg (Prof. Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann, Prof. Dr. Elke Mackensen und Prof. Dr. Axel Sikora) und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) werden Entwurfs- und Designverfahren für hybride und gedruckte Elektronikkomponenten untersucht. Dabei liegt der Forschungsschwerpunkt auf dem Einsatz von gedruckten Elektronikkomponenten für Systeme des Internet der Dinge. Im Rahmen dieser Arbeitsgruppe wird an einem hybriden PUF-Design gearbeitet, das traditionelle Silizium-basierte und gedruckte Elektronikkomponenten vereint. Link zum Internetauftritt: <http://www.meragem.kit.edu/>

- Referenzen/References:
- [1] Katzenbeisser, Stefan, and André Schaller. „Physical Unclonable Functions.“ *Datenschutz und Datensicherheit-DuD36.12*, 2012
 - [2] Merli, Dominik, and Georg Sigl. „Physical Unclonable Functions.“ *Datenschutz und Datensicherheit-DuD 36.12*, 2012
 - [3] Maiti, Abhranil, et al. „A large scale characterization of RO-PUF.“ *Hardware-Oriented Security and Trust (HOST)*, 2010 IEEE International Symposium on. IEEE, 2010
 - [4] Morozov, Sergey, Abhranil Maiti, and Patrick Schaumont. „An analysis of delay based PUF implementations on FPGA.“ *International Symposium on Applied Reconfigurable Computing*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010
 - [5] Garg, Achiranshu, and Tony T. Kim. „Design of SRAM PUF with improved uniformity and reliability utilizing device aging effect.“ *Circuits and Systems (ISCAS)*, 2014 IEEE International Symposium on. IEEE, 2014
 - [6] Lofstrom, Keith, W. Robert Daasch, and Donald Taylor. „IC identification circuit using device mismatch.“ *Solid-State Circuits Conference*, 2000. Digest of Technical Papers. ISSCC. 2000 IEEE International. IEEE, 2000
 - [7] Yu, Meng-Day, and Srinivas Devadas. „Secure and robust error correction for physical unclonable functions.“ *IEEE Design & Test of Computers* 27.1, 2010
 - [8] Herder, Charles, et al. „Physical unclonable functions and applications: A tutorial.“ *Proceedings of the IEEE* 102.8, 2014
 - [9] Zimmermann, Lukas, et al. „A hybrid system architecture for the readout of a printed physical unclonable function.“ *2018 International Conference on Electronics Technology (ICET)*. IEEE, 2018
 - [10] Maiti, Abhranil, Vikash Gunreddy, and Patrick Schaumont. „A systematic method to evaluate and compare the performance of physical unclonable functions.“ *Embedded systems design with FPGAs*. Springer, New York, NY, 2013

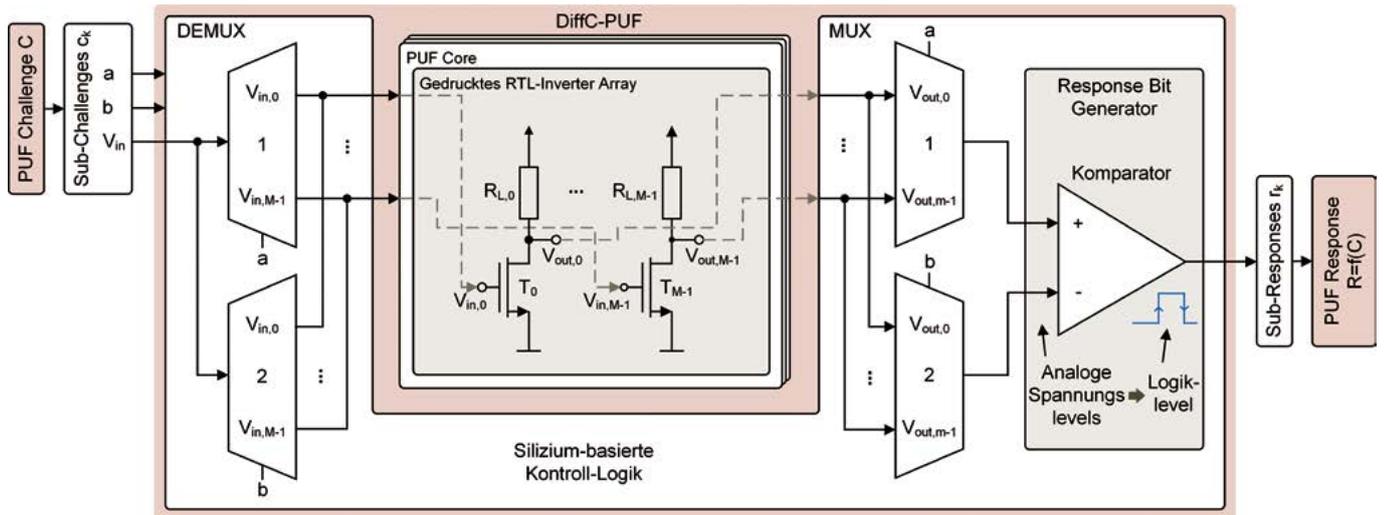


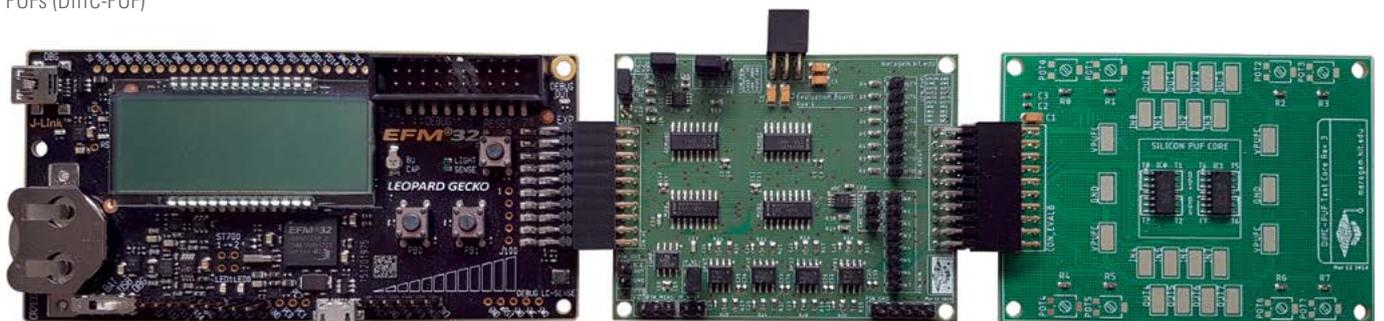
Abb. 2: Schematische Darstellung der Differential-Circuit-PUF (DiffC-PUF)

PUF Design

Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung der im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelten Differential Circuit PUF (DiffC-PUF).

Die hardwareseitige Umsetzung der DiffC-PUF besteht aus einer Silizium-basierten Steuerungsschaltung, in der die Ansteuerung des gedruckten PUF-Cores realisiert ist. Im Allgemeinen ist der PUF-Core der Schaltungsteil, dessen intrinsische Variationen zur Generierung einzigartiger PUF-Responses ausgenutzt werden. Für die Kontaktierung zwischen den Silizium-basierten und gedruckten Schaltungen kommt eine eigens dafür designte Adapterplatine zum Einsatz. Auf dieser Platine sind spezielle Bonding-Pads vorgesehen, über die durch einen leitfähigen Kleber eine elektrische Verbindung hergestellt werden kann. Das beschriebene Auslese- und Testsystem wird von einem Mikrocontroller gesteuert und kann über eine USB-Schnittstelle von einem Computer aus konfiguriert werden (vgl. Abb. 3) [9].

Abb. 3: Hardware zum Testen des Differential-Circuit-PUFs (DiffC-PUF)



Simulationsmethodik und Ergebnisse

Im ersten Schritt wurde die Funktionsweise der PUF-Schaltung mit Monte-Carlo-Simulationen verifiziert. Als Grundlage diente ein am KIT entwickeltes Simulationsmodell für Electrolyte-Gated Field Effect Transistors (EG-FETs), die für die reale Umsetzung der PUF-Core-Schaltung eingesetzt werden sollen. Um die Funktionsweise der entwickelten DiffC-PUF nachzuweisen, wurde ein softwarebasiertes DiffC-PUF Emulationsmodell für die Steuerlogik implementiert. In diesem Modell können zusätzliche Störfaktoren simuliert werden, die im realen Betrieb auf den Komparator einwirken. Dadurch sowie unter weiterer Berücksichtigung von unterschiedlichen Betriebstemperaturen kann die Robustheit des DiffC-PUF-Designs untersucht werden. Für die Validierung des Designs wurden die PUF-Metriken Reliability und Uniqueness [10] untersucht (siehe Tab. 1). Die Ergebnisse zeigen, dass sich die DiffC-PUF als zuverlässige und robuste Sicherheitsprimitive eignet. Dabei werden die Vorteile von Silizium-basierten und gedruckten Elektronikkomponenten kombiniert und in Form eines hybriden Gesamtsystems auch für Industrieanwendungen zugänglich gemacht.

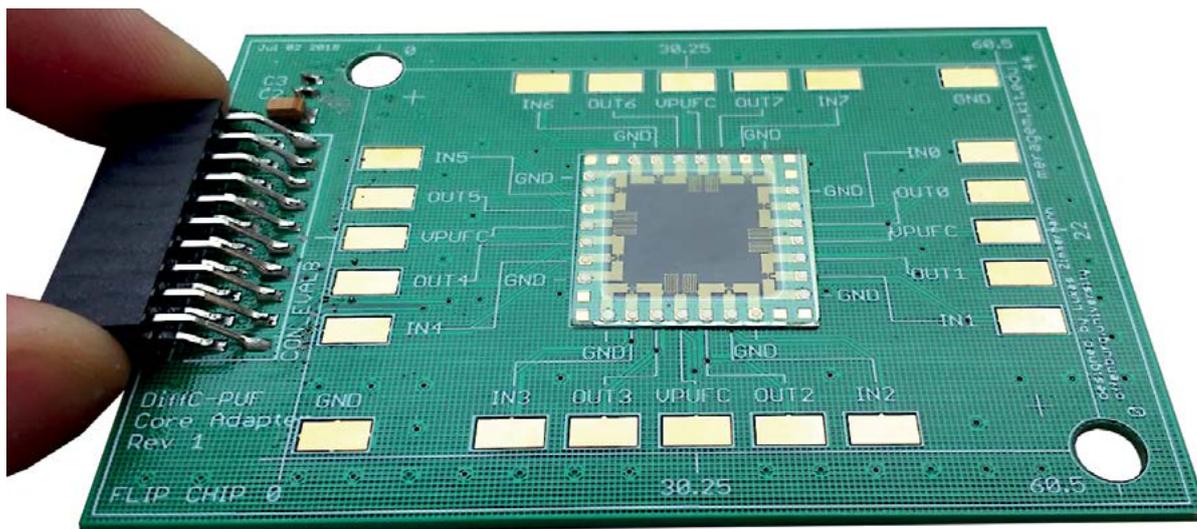


Abb. 4: Gedruckter Differential-Circuit-PUF-(DiffC-PUF-)Core auf der Adapterplatine

Als Ersatz für den gedruckten PUF-Core wurde ein Silizium-basiertes Pendant entwickelt, das – trotz der um Größenordnungen geringeren herstellungsprozessbedingten Variationen – sehr gute Ergebnisse liefert und durch diskrete Bauteile mit geringem Aufwand in bestehende PCBs integriert werden kann. Tabelle 1 vergleicht die Resultate für die berechneten PUF-Metriken zwischen der gedruckten und Silizium-basierten (experimentelle Ergebnisse) DiffC-PUF.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Promotionskollegs wurde eine neue PUF-Architektur entwickelt, die auf einer Kombination von herkömmlicher Silizium-basierter Technologie und gedruckten Elektronikkomponenten basiert. Dabei wurde ein Hardware-/Software-Framework für die Ansteuerung und Evaluierung einer hybriden PUF-Struktur entwickelt. Die grundsätzliche Funktionsfähigkeit des Designs wurde mit Monte-Carlo-Simulationen verifiziert. Darüber hinaus wurden 30 Silizium-basierte DiffC-PUF-Cores hergestellt und evaluiert. Beide Technologien führen zu sehr guten Ergebnissen bei der Auswertung der PUF-Metriken Reliability und Uniqueness (siehe Tabelle 1).

PUF-Metrik	Gedruckter DiffC-PUF-Core (simulationsbasierte Erg.)	Silizium-basierter DiffC-PUF-Core (experimentelle Erg.)	Ideal
Reliability	98,37 %	99,20 %	100 %
Uniqueness	50,02 %	48,84 %	50 %

Tab. 1: Vergleich der PUF-Metriken zwischen gedrucktem und Silizium-basierten DiffC-PUF-Cores

In zukünftigen Arbeiten soll der gedruckte DiffC-PUF-Core mit der Adapter-Platine verbunden und mit dem im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelten Testsystems untersucht und ausgewertet werden. Die ersten Schritte dazu wurden bereits gemacht und die einzelnen gedruckten Schaltungsteile händisch vermessen sowie die Funktionsfähigkeit festgestellt (siehe Abbildung 4). Ebenso ist geplant, 2019 das gemeinsame Forschungsprojekt „sichEL“ für die Entwicklung von Silizium-basierter sicherer Elektronik mit dem Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) der Hochschule Offenburg und dem Duisburger Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme (FhG-IMS) zu starten.

AUTOREN



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



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



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

INES – INSTITUT FÜR ENERGIESYSTEMTECHNIK

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

2018 wurde mit Unterstützung durch Bundes- und Landesmittel das neue Enerlab 4.0 aufgebaut – das „Diagnostische Batterie- und Photovoltaiklabor für Energiefragestellungen der Industrie 4.0“. Hier sind nun vorhandene Kompetenzen der Batterie- und Photovoltaik-technik mit denen der Werkstofftechnik und chemischen Analytik gebündelt. Es stehen zahlreiche neue Geräte zur elektrischen, strukturellen und chemischen Charakterisierung von Batteriezellen zur Verfügung, die in gemeinsamen Forschungsprojekten mit Unternehmen eingesetzt werden.

Zwei neue Kollegen ergänzen das Institut seit Jahresbeginn 2019: Prof. Dr. Niklas Hartmann vertritt den Bereich Energiewirtschaft und Prof. Dr. Jörg Bausch widmet sich Hochspannungsnetzen. Zu beiden Themen sind erste Projekte angelaufen. So wird Prof. Dr. Niklas Hartmann im Rahmen des Projekts „H2Bus“ in Zusammenarbeit mit der Stadt Offenburg analysieren, inwieweit vorhandene Buslinien durch elektrifizierte Fahrzeuge ersetzt werden können – alternativ batterieelektrisch oder brennstoffzellenbetrieben.

In vollem Gang sind die Planungen für den Umzug ins Regionale Innovationszentrum für Energietechnik, das „RIZ Energie“. Bei dem neuen Gebäude am Hochschulkreisel ist der Rohbau abgeschlossen. Die beiden Standorte des INES – Campus Nord in Bohlsbach und Hauptcampus in der Badstraße – werden gemeinsam ins RIZ einziehen.

Institutsleitung
Prof. Dr. Wolfgang Bessler



Evaluation von thermisch und elektrisch angetriebener Kälteerzeugung

Sascha Reißmann B.Eng., Dipl.-Ing. (FH) Sascha Himmelsbach, Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferoth, Parantapa Sawant M.Sc.

Thermisch angetriebene (Adsorptions-)Kältemaschinen (AdKM) können mit einem verhältnismäßig geringen elektrischen Energieaufwand bzw. mit einer hohen elektrischen Leistungszahl Kälte bereitstellen. Wird die zum Antrieb erforderliche Wärme aus industrieller Abwärme bereitgestellt, ist die Kältebereitstellung über eine thermisch angetriebene Kältemaschine energetisch effizienter als die über eine Kompressionskältemaschine (KKM).

Thermally driven (adsorption-)chillers are able to supply cooling with low electrical energy and with high energy efficient ratio, respectively. If the necessary driving-heat is provided from industrial waste-heat, the cold supply from thermally driven chillers is more energy-efficient than from compression chillers.



Abb. 1: Ansicht des μ KWKK-Labors (v.li.n.re.): Schaltschrank mit Anbindung an das elektrische Microgrid, Blockheizkraftwerk, Wärmespeicher, reversible Adsorptions- und Kompressionskältemaschine und Kältespeicher) mit Messdatenerfassung und Klimakammer (hier mit Prozessthermostaten, rechts)

Am Institut für Energiesystemtechnik (INES) der Hochschule Offenburg wird ein kleinskaliges Energieverbundsystem mit reversibler Wärmepumpe und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung betrieben, siehe Abbildung 1. In Verbindung mit einem (elektrischen) Microgrid und einer (thermischen) Doppelklimakammer können dadurch innovative Betriebsführungsstrategien für einen netzdienlichen Betrieb von (intersektionalen) Energieverbundsystemen entwickelt und evaluiert werden. Unter praxisnahen Laborbedingungen wurden im Sommer 2018 zwei Betriebsführungsstrategien verglichen [1]:

- AdKM-Betrieb: Kältebereitstellung mit Stromerzeugung über das Blockheizkraftwerk (BHKW). Das Blockheizkraftwerk versorgt die Adsorptionskältemaschine über einen

Wärmespeicher mit der Antriebswärme sowie das Rückkühlwerk und alle Hilfskomponenten mit Strom. Der Stromüberschuss wird in das Microgrid eingespeist.

- KKM-Betrieb: Kältebereitstellung mit Strombezug. In diesem Betriebsfall wird die reversible Wärmepumpe als Kompressionskältemaschine betrieben. Der Strom für den Betrieb der Kältemaschine, des Rückkühlwerks und der Hilfskomponenten wird aus dem Microgrid bereitgestellt.

Bei beiden Versuchen wird ein Kaltwasserspeicher (Solltemperatur 12 °C) beladen und die Kälte nach einem vorgegebenen Lastprofil an ein Thermostat abgegeben. Dabei werden Vor- und Rücklauftemperatur sowie Volumenstrom so eingestellt, dass sie einem typischen Tagesbetrieb einer Klimaanlage mit 13/18 °C

entspricht. Abbildung 2, rechts, zeigt ausgewählte Messdaten aus dem AdKM-Betrieb (linke Spalte) und aus dem KKM-Betrieb (rechte Spalte) im eingeschwungenen Zustand. Beide Versuche werden über einen Zeitraum von 24 Stunden bei annähernd gleichen mittleren Außenbedingungen und nahezu gleicher Kältebereitstellung verglichen.

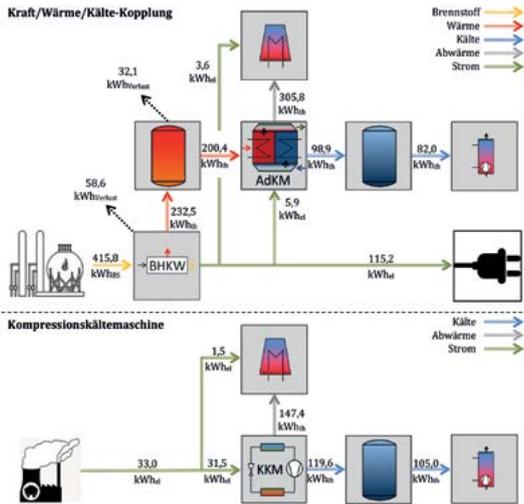


Abb. 3: Energieflussdiagramme für die beiden Kältemaschinen

Abbildung 3 zeigt jeweils ein Energieflussdiagramm (ausgehend von der eingesetzten Endenergie bis zur bereitgestellten Nutzenergie) für die beiden Anlagenkonzepte.

Die modellbasierte Auswertung der Messdaten liefert wichtige Auslegungsgrößen für die Planungspraxis. So können energiewirtschaftlich günstige Betriebsrandbedingungen für den Einsatz von thermisch oder elektrisch angetriebenen Kältemaschinen festgelegt werden. Die (elektrische) Leistungszahl der Kompressionskältemaschine EER_{KKM} ist das Verhältnis von Kältebereitstellung $Q_{KKM,th}$ in kWh zu elektrischem Energieaufwand $W_{KKM,el}$ in kWh:

$$EER_{KKM} = \frac{Q_{KKM,th}}{W_{KKM,el}} \quad (1)$$

Aufwendiger ist die Analyse der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Hier gilt für das Blockheizkraftwerk:

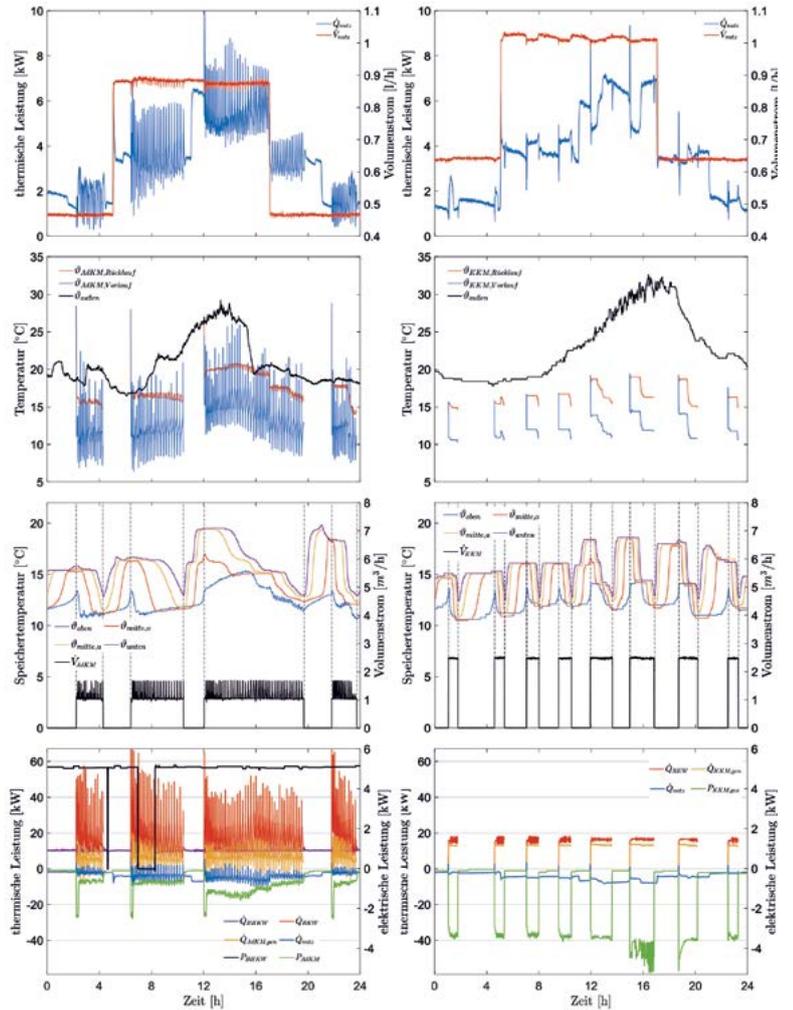
$$Q_{BHKW,th} = Q_{BHKW,BS} \cdot \eta_{BHKW,th} \quad (2)$$

$$W_{BHKW,el} = Q_{BHKW,BS} \cdot \eta_{BHKW,el} \quad (3)$$

$$\eta_{BHKW,ges} = \eta_{BHKW,el} + \eta_{BHKW,th} \quad (4)$$

mit

- $Q_{BHKW,BS}$ Brennstoffeinsatz in kWh_{BS}
- $Q_{BHKW,th}$ erzeugte Wärme in kWh_{th}
- $W_{BHKW,el}$ erzeugter Strom in kWh_{el}
- $\eta_{BHKW,el}$ elektr. Wirkungsgrad in kWh_{el}/kWh_{BS}
- $\eta_{BHKW,th}$ therm. Wirkungsgrad in kWh_{th}/kWh_{BS}



Die Adsorptionskältemaschine wird über die thermische und elektrische Leistungszahl bewertet:

$$Q_{AdKM,th} = Q_{BHKW,th} \cdot EER_{AdKM,th} \quad (5)$$

$$W_{AdKM,el} = Q_{AdKM,th} / EER_{AdKM,el} \quad (6)$$

mit

- $Q_{AdKM,th}$ Kältebereitstellung in kWh_{th,Kälte}
- $W_{AdKM,el}$ Strombezug in kWh_{el}
- $EER_{AdKM,th}$ therm. Leist. in kWh_{th,Kälte}/kWh_{th,Wärme}
- $EER_{AdKM,el}$ elektr. Leist. in kWh_{th,Kälte}/kWh_{el}

Sowohl die Leistungszahl der Kompressionskältemaschine als auch die beiden Leistungszahlen der Adsorptionskältemaschine sind in diesem Betriebspunkt hoch. Sie entsprechen dabei in guter Näherung den Herstellerangaben:

- Kompressionskältemaschine, Gesamtsystem: $EER_{KKM} = 3,6 \text{ kWh}_{th,Kälte}/\text{kWh}_{el}$
- Adsorptionskältemaschine, Gesamtsystem: $EER_{AdKM,el} = 10,4 \text{ kWh}_{th,Kälte}/\text{kWh}_{el}$ und $EER_{AdKM,th} = 0,49 \text{ kWh}_{th,Kälte}/\text{kWh}_{th}$

Der Versuch demonstriert eine gute Betriebsführung mit optimierten Reglereinstellungen, mehr Details in einer separaten Fachverfö-

Abb. 2: Messreihe für die Adsorptionskältemaschine am 6. September 2018 (li) und die Kompressionskältemaschine am 18. August 2018 (re)

fentlichung [1]. Unter Berücksichtigung der Primärenergiefaktoren PEF für Brennstoff und Strom im Betrieb der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung ergibt sich für die Adsorptionskältemaschine eine primärenergetische Leistungszahl von:

$$EER_{AdKM,prim} = \frac{EER_{AdKM,th} \cdot \eta_{BHKW,th}}{PEF_{BS} - (\eta_{BHKW,el} - \eta_{BHKW,th} \cdot EER_{AdKM,th} / EER_{AdKM,el}) \cdot PEF_{el}} \quad (7)$$

In gleicher Weise gilt für die primärenergetische Leistungszahl der Kompressionskältemaschine

$$EER_{KKM,prim} = \frac{EER_{KKM}}{PEF_{el}} \quad (8)$$

Darin werden die Primärenergiefaktoren aus der aktuellen Energiesparverordnung EnEV 2017 [2] für Erdgas $PEF_{BS}=1,1$, für Strombezug $PEF_{el}=1,8$ (allgemeiner Strommix, für KKM-Betrieb) und für den eingespeisten Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung 2,8 (Verdrängungsstrom, für AdKM-Betrieb) verwendet. Damit ergeben sich folgende primärenergetische Leistungszahlen:

- für den KKM-Betrieb $EER_{KKM,prim} = 2,0 \text{ kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{prim}$ und
- für den AdKM-Betrieb $EER_{AdKM,prim} = 0,63 \text{ kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{prim}$

In Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung sind Adsorptionskältemaschinen nur dann primärenergetisch günstiger als Kompressionskältemaschinen, wenn das BHKW einen elektrischen Wirkungsgrad von mindestens 37 % erreicht. (Diese Wirkungsgrade werden regelmäßig bei Blockheizkraftwerken mit einer elektrischen Leistung von über 100 kW_{el} erreicht.) Dabei ist auffällig, dass die energiewirtschaftliche Bewertung fast ausschließlich vom elektrischen Wirkungsgrad des Blockheizkraftwerks abhängt. Adsorptionskältemaschinen schneiden primärenergetisch dann günstiger ab als eine Kompressionskältemaschine, wenn zum Antrieb (industrielle) Abwärme zur Verfügung steht. Die Adsorptionskältemaschine würde dabei in dem vorliegenden Versuch eine primärenergetische Leistungszahl $EER_{AdKM,prim}$ von $5,8 \text{ kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{prim}$ erreichen und wäre damit aus primärenergetischer Sicht rund dreimal effizienter als die Kompressionskältemaschine. Dieses Energieverbundsystem, bestehend aus Kältemaschine / reversibler Wärmepumpe und Blockheizkraftwerk mit Adsorptionskältemaschine, kann in etwa die gleiche elektrische Leistung aus dem Netz beziehen oder diesem bereitstellen, und zwar im Winter- (Wärmepumpe vs. Blockheizkraftwerk) oder Sommerbetrieb (elektrisch vs. thermisch angetriebe-

ner Kältemaschine). In Kombination mit einer übergeordneten Regelung [3] können in Microgrids so elektrische Lastschwankungen vollständig und netzdienlich ausgeglichen werden. In Kombination mit optimierten Schichtenspeichern ist ein Betrieb der Kältebereitstellung möglich, der weitgehend unabhängig von der aktuellen thermischen Heiz- bzw. Kühllast ist.

Danksagung

Diese Studie wurde durch die „Forschungsallianz Oberrhein zu den technischen Grundlagen der Nachhaltigkeit“ mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg finanziert. Im Rahmen dieser Studie wurde auch die Regelung der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung optimiert. Die Autoren danken Dr. Ferdinand Schmidt und Aditya Desai (KIT Karlsruhe), Carsten Hindenburg (Hindenburg Consulting) sowie Steffen Kühnert, Doreen Acker und Dr. Ursula Wittstadt (Fahrenheit GmbH) für intensive Diskussionen und tatkräftige Unterstützung. Ferner danken wir unseren Industriepartnern Fahrenheit GmbH in München, SenerTec Center GmbH in Lautenbach, Isenmann Ingenieur GmbH in Haslach und Elektrizitätswerk Mittelbaden AG & Co. KG für die Bereitstellung der Anlagenkomponenten sowie der Finanzierung der Prozessautomation.

Referenzen/References:
 [1] J. Pfafferoth, S. Rißmann. Messtechnische Evaluation von thermisch und elektrisch angetriebener Kälteerzeugung. Eingereicht und angenommen bei GI – Gebäudetechnik in Wissenschaft und Praxis, voraussichtl. in Ausg. 2/19
 [2] Energieeinsparverordnung. – EnEV. Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden. In der aktuellen Fassg. vom 24.10.2015 (EnEV 2017)
 [3] P. Sawant, J. Pfafferoth, C. Felsmann. Quasi-First Principle Based Grey-Box Modeling of Microscale Trigeration Systems for Application in Automatic Control. 10th IFAC Symposium on Control of Power and Energy Systems, Tokyo (Japan), 2018

AUTOREN



Sascha Rißmann B.Eng.
 Akademischer Mitarbeiter
 Institut für Energiesystemtechnik INES
 Forschungsgruppe Advanced Building Technologies
 sascha.rissmann@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. (FH) Sascha Himmelsbach
 Institut für Energiesystemtechnik INES
 sascha.himmelsbach@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferoth
 Fakultät M+V
 Institut für Energiesystemtechnik INES
 jens.pfafferoth@hs-offenburg.de



Parantapa Sawant M.Sc.
 Fakultät M+V
 Institut für Energiesystemtechnik INES
 parantapa.sawant@hs-offenburg.de

Wenn Batterien altern: Anti-Aging für Li-Ionen-Batterien

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin, Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang G. Bessler, Dipl.-Ing. Thomas Feldmann, Dr. Ing. Deepranjan Dongol, Dipl.-Ing. Christian Kupper, Mehmet Yagci M.Sc.

Batterien sind zentrale Komponenten der Elektromobilität und der stationären Speicherung von regenerativem Strom. Eine unzureichende Lebensdauer der Batterie verursacht heute sowohl für elektromobile als auch für stationäre Anwendungen erhebliche Kosten. Im Rahmen des BMBF-Förderprogramms Forschung an Fachhochschulen mit Unternehmen (FHprofUnt) arbeiteten die Forschungsgruppen EES und NET des INES an der Hochschule Offenburg am gemeinsamen Forschungsvorhaben STABIL. STABIL steht dabei für Vorhersage und Verlängerung der Lebensdauer von gekoppelten stationären und mobilen Lithium-Ionen-Batterien. Über drei Jahre haben die Offenburgener Forscher mit den Industrieunternehmen Schaeffler Technologies AG & Co. KG mit Standort in Bühl, Baden und ASD Automatic Storage Device GmbH aus Freiburg neue Verfahren zur Bewertung der Alterung und Verbesserung der Lebensdauer von mobilen und stationären Batterien bei Microgrid-gekoppelten Elektrofahrzeugen entwickelt.

Batteries are central components of electromobility and the stationary storage of renewable electricity. Today, insufficient battery lifetime causes considerable costs for both electric vehicles and stationary batteries. Within the framework of the BMBF funding programme Research at Universities of Applied Sciences with Companies (FHprofUnt), the research groups EES and NET of INES at Offenburg University of Applied Sciences worked on the joint research project STABIL. STABIL stands for prediction and extension of service life of coupled stationary and mobile lithium-ion batteries. For more than three years the scientists worked with the industrial companies Schaeffler Technologies AG & Co. KG, located in Bühl, Baden, and ASD Automatic Storage Device GmbH from Freiburg. Together they developed new methods for evaluating the ageing and improving the service life of mobile and stationary batteries in microgrid-coupled electric vehicles.



Bei der stationären Nutzung für die Versorgung im Wohnbereich und Kleinunternehmen kommen heute fast ausschließlich Lithium-Ionen-Batterien zum Einsatz. Die Ergänzung kleinskaliger regenerativer Energieerzeugung in Einfamilienhäusern bis hin zu kleineren Siedlungen durch elektrische Energiespeicher wird dabei wirtschaftlich zunehmend interessanter und durch Zuschüsse gefördert. Durch ein intelligentes Energiemanagement können solche regenerativ versorgten lokalen Netze („Microgrids“) als „Smart Microgrids“ die Verteilnetze entlasten, indem die fluktuierende Erzeugung regenerativer Energie in Speichern gepuffert wird. Die Integration von Ladestationen für die Elektromobilität ist eine sinnvolle Ergänzung, denn bestehende Hausinstallati-
onen bis hin zu Verteilnetzen sind oft wenig geeignet, um den Strom für das Laden mehrerer Fahrzeuge bereitzustellen.

Im Projekt STABIL erfolgte die Kopplung von Modellierung, Experimenten und Batteriemangement. Insbesondere wurden ausgewählte Alterungsexperimente durchgeführt, die für die Parametrierung und Validierung von physikalisch-chemischen Alterungsmodellen verwendet wurden. Auf Simulationsebene wurden dadurch beliebige virtuelle Alterungsszenarien ermöglicht. Die physikalisch-chemischen Modelle ermöglichten darüber hinaus detaillierte Rückschlüsse auf Alterungsauslöser und die Entwicklung von Alterungsindikatoren.

Die Alterung von Batteriezellen wird von der Zellchemie, der Betriebsführung, dem Ladezustand und der Temperatur beeinflusst. Alterungsuntersuchungen werden standardmäßig in Form von zyklischen und kalendarischen Experimenten durchgeführt. Die Lebensdauer der Li-Ionen-Batterien wird im Wesentlichen vom Zustand der Anode begrenzt, da hier wesentliche Degradationsmechanismen ablaufen, z. B. die Bildung der sog. SEI-Schicht (Solid Electrolyte Interface), Lithium Plating, sowie Mikrostrukturdegradation. Alterungsuntersuchungen werden dabei wie üblich an wohldefinierten Zyklisierungsprotokollen durchgeführt.

Dabei haben sich die Verwendung von mathematischen Modellen und numerischen Simulationen gerade in der Lebensdaueruntersuchung als äußerst effektiv erwiesen. Dies liegt darin begründet, dass die Alterung ein langsamer Prozess ist und jahrelange Experimente zu zeit- und kostenintensiv sind. Im Rechner können dagegen lange Alterungszeitskalen in kurzer Simulationszeit virtuell durchgeführt werden. Im Projekt STABIL wurden auf Basis

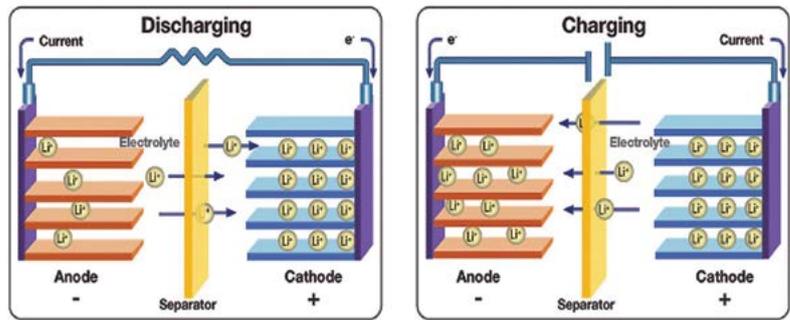


Abb. 2: Modellvorstellung „rocking-chair“ des Lade- und Entladevorgangs bei Li-Ionen-Batterien. Wie in einem „Schaukelstuhl“ wandern die Lithium-Ionen „hin und her“ und werden durch Interkalation (Einlagerung) in das Graphit bzw. NiCoO₂ eingelagert.

Quelle: Abbildung in Anlehnung an <http://analyteguru.com/resources/trace-degradation-analysis-of-lithium-ion-battery-components/> R&D Magazine Reprint April 2014

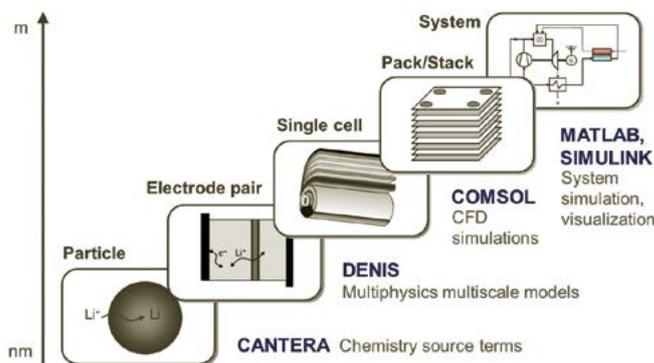


Abb. 3: Dimensionen der Multiskalen-Simulation mit dem die Forschungsgruppe EES – Elektrische Energiespeicherung unter Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Bessler bei der Alterungsuntersuchung von Li-Ionen-Batterien an der HSO arbeitet

von Alterungsmodellen Alterungsindikatoren entwickelt, um diese an ein übergeordnetes Batteriemangement zu übergeben und damit einen lebensdauererweiternden Systembetrieb zu ermöglichen.

Zentraler Untersuchungsgegenstand des STABIL-Projekts war dabei die Zellebene. Hier wurden Alterungsexperimente und -modellierungen an Lithium-Ionen-Einzelzellen unter realistischen Lastprofilen durchgeführt. Diese Experimente wurden am Batterieteststand der Hochschule Offenburg anhand kommerziell erhältlicher Zellen durchgeführt. Ferner wurden neuartige Alterungsmodelle in die vorhandene Simulationssoftware integriert. Für die mobile Anwendung wurden auf der Fahrzeugebene die elektrischen und thermischen Randbedingungen der Einzelzelle während des Fahrzeugbetriebs untersucht. Auf Microgrid-Ebene erfolgte eine Kopplung der Batterien an ein regenerativ versorgtes lokales Netz („Microgrid“) mit PV-Stromquelle, internen Lasten und Fahrzeug-Ladestation. Dabei erfolgte das Energiemanagement im Microgrid durch MPC-basierter prädiktiver Regelung.



Abb. 4:

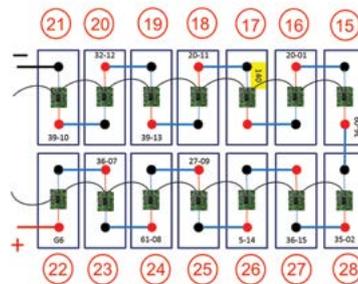
Microgrid am INES bestehend aus PV-Generator, Windgenerator, Li-Ionen-Batteriesystem, E-Mobil, Lastgeneratoren und Netzanschluss

Als Besonderheit kam im STABIL-Projekt neben einem herkömmlichen Batteriesystem mit seriell verschalteten Li-Batteriezellen ein parallel verschaltetes Batteriesystem der Firma ASD zum Einsatz. Beide Systeme konnten gleichzeitig im Microgrid zyklert und auf Alterungsvorgänge untersucht werden.

Als stationäre Zelle wurden im STABIL-Projekt 40 Ah und 180 Ah LFP/Graphit-Zellen verwendet. In einem ersten Schritt wurde ein Äquivalenzschaltkreismodell der 40-Ah-Zelle entwickelt und parametrisiert. Dabei wurden die für LFP typische Hysterese der Leerlaufspannung sowie eine Asymmetrie in den Lade-/Entladeüberspannungen berücksichtigt. Das Modell erlaubt eine bemerkenswert genaue Wiedergabe der experimentellen Kurven.

Im Projektverlauf wurden zunächst Messprotokolle entwickelt, Zellhalter gefertigt sowie verschiedene Eingangs-Charakterisierung an mobilen und stationären Einzelzellen im gesamten vorgesehenen Temperaturbereich durchgeführt (Zyklen bei C/20 bis 10 C, Innenwiderstände bei 0...100 % SOC; Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) bei 0...100 % SOC; jeweils bei 5, 20, 35, 50 °C). Eine 1-C-Ladung entspricht einer vollständigen Ladung in 1 Stunde, eine 2-C-Ladung lädt die Batterie in der Hälfte der Zeit. Hierbei zeigten sich erhebliche herstellungsbedingte Kapazitäts-

Seriell



Parallel

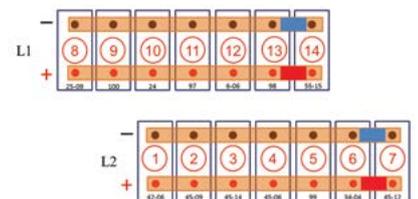


Abb. 5:

Untersuchte Batteriesysteme: serielle und parallele Verschaltung der Zellen



Abb. 6:

Teilansicht des INES Smart Grid: drei elektronische Lasten (li), zwei Batteriesysteme der Firma ASD (re)

unterschiede von nominell identischen Zellen (siehe Abb. 7). Außerdem wurden zyklische Alterungsuntersuchungen unter hochfrequenten Anregungen (10 Hz, 100 Hz) entwickelt und erprobt. Nach der Zyklisierung der Batterien im Mircogrid wurden die Zellen in sogenannten Check-ups erneut im Labor charakterisiert. Dabei zeigten sich wie erwartet Kapazitätsverluste (Siehe Abb. 8).

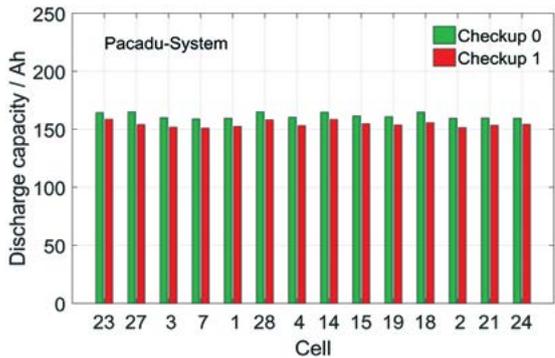


Abb. 8: Vergleich der Systeme und Kapazitätsverluste vor (Checkup 0) und nach (Checkup 1). Checkup 1 erfolgte nach 360 Equivalent-Voll-Zyklen im Microgrid mit 0,25 C-Rate.

Für die Lebensdauervorhersage wurde eine Zeit-Skalierungs-Methode entwickelt, die es erlaubt, lange Alterungstests über 5 Jahre mit dem Modell durchzuführen.

Zur Vermessung von strukturellen Parametern wurde eine Zelle geöffnet und licht- und elektronenmikroskopisch charakterisiert (siehe Abb. 9). Die gefundenen Informationen flos-

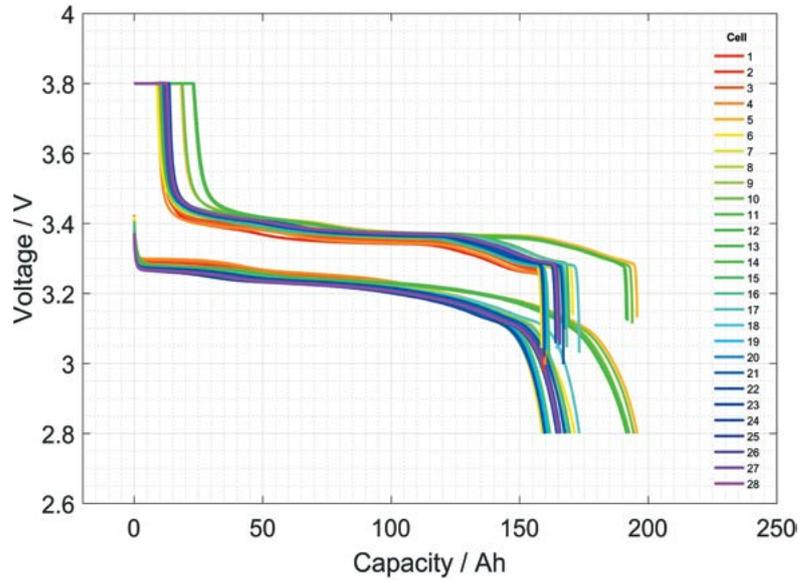


Abb. 7: Kapazitätsmessung vor Versuchsbeginn (Eingangscharakterisierung). Hierbei zeigten sich erhebliche herstellungsbedingte Kapazitätsunterschiede.

sen in das Simulations-Modell für die Alterung mit ein. Zur Parametrierung von stöchiometrischen Grenzen der beiden Materialien sowie des Anodenmaterials wurde ein neuartiger Algorithmus zur Elektrodenbalancierung entwickelt. Parallel dazu wurde das Alterungsmodell erweitert, um die Austrocknung der Zelle beschreiben zu können. Es wird angenommen, dass die Bildung der Solid Electrolyte Interfa-

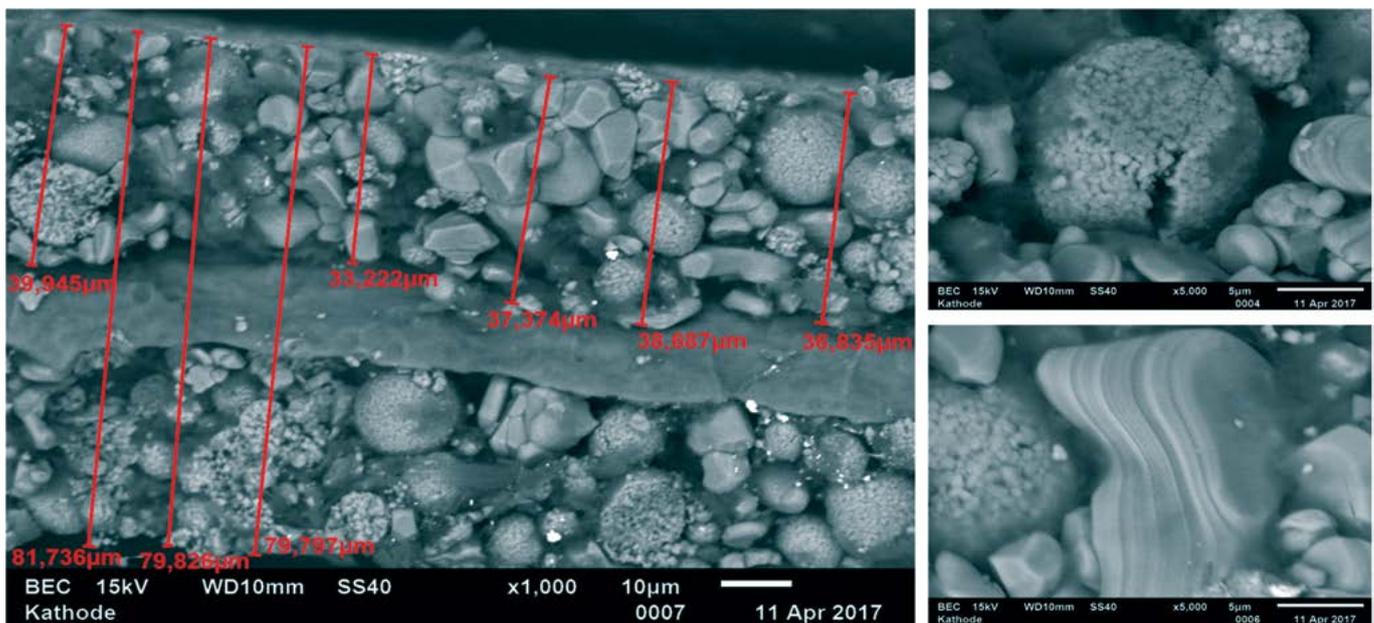


Abb. 9: Rasterelektronenmikroskopie der mobilen Zelle: Kathodenmaterial mit Schichtdickenmessung (links); Morphologie eines LCO-Partikels (LiCoO_2 , unten) und eines NCA-Partikels ($\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$, oben) aus einer Blend-Kathode (Quelle: Peter Margulies, Masterarbeit, HSO, 2017)

ce (SEI) an der Graphit-Anode der maßgebliche elektrochemische Alterungsmechanismus ist. Bei der Bildung dieser SEI-Schicht wird flüssiger Elektrolyt verbraucht und dabei Gas gebildet. Die daraus resultierende Austrocknung bewirkt einen Kontaktverlust zwischen Aktivmaterialpartikel und Flüssigelektrolyt (siehe Abb. 10).

Die Steuerung der Batteriebe- und -entladung im Microgrid wurde so modifiziert, dass ein Zugriff von Optimierungsalgorithmen zur Betriebsoptimierung hinsichtlich Lebensdauer der elektrischen Speicher, aber auch der Maximierung des Eigenverbrauchs regenerativer Energie, der Netzfrendlichkeit und der Kostenoptimierung direkt auf die Batteriesysteme möglich ist. Die Algorithmen werden dabei in einer MATLAB-Umgebung entwickelt und mit PCT/IP OPC/UA Protokoll direkt an die SPS kommuniziert. Mit der in Abbildung 11 dargestellten IT-Struktur ist der Durchgriff auf den Steuerungsprozess auch von entfernt stehenden PCs möglich.

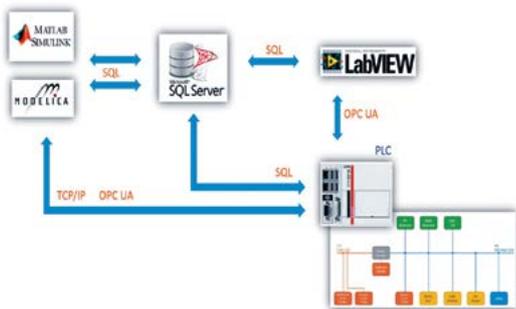


Abb. 11: Informationstechnische Infrastruktur zur Integration von Optimierungsalgorithmen zur Ansteuerung von Speichersystemen im INES Microgrid

Abbildung 12 zeigt einen vollständigen Be- und Entladezyklus des ASD Batteriesystems im Microgrid. Um belastbare Ergebnisse des Langzeit-Alterungsversuchs zu erhalten, musste sichergestellt werden, dass die Zellen in beiden Systemen eine identische Belastung erfahren. Die unterschiedlichen Kapazitäten der Batteriesysteme, die in den Abweichungen der einzelnen Batteriezellen von ihrer nominellen Kapazität begründet sind, werden durch die SOC-gesteuerte Be- und Entladung kompensiert. SOC-gesteuert heißt, dass die beiden Systeme in der gleichen Zeit von 100 % auf 30 % entladen und ebenfalls in der gleichen Zeit wieder vollgeladen werden. Die Zellen selbst werden immer mit gleicher C-Rate belastet. Um eine möglichst schnelle Alterung zu provozieren, wurden die Batteriesysteme in den ersten Monaten, wie in Abbildung 12 dargestellt, permanent zwischen 30 % und 100 % SOC gefahren. Ein voller Lade-/Entladezyklus dauerte 8,5 Stunden (C-Rate 0,25).

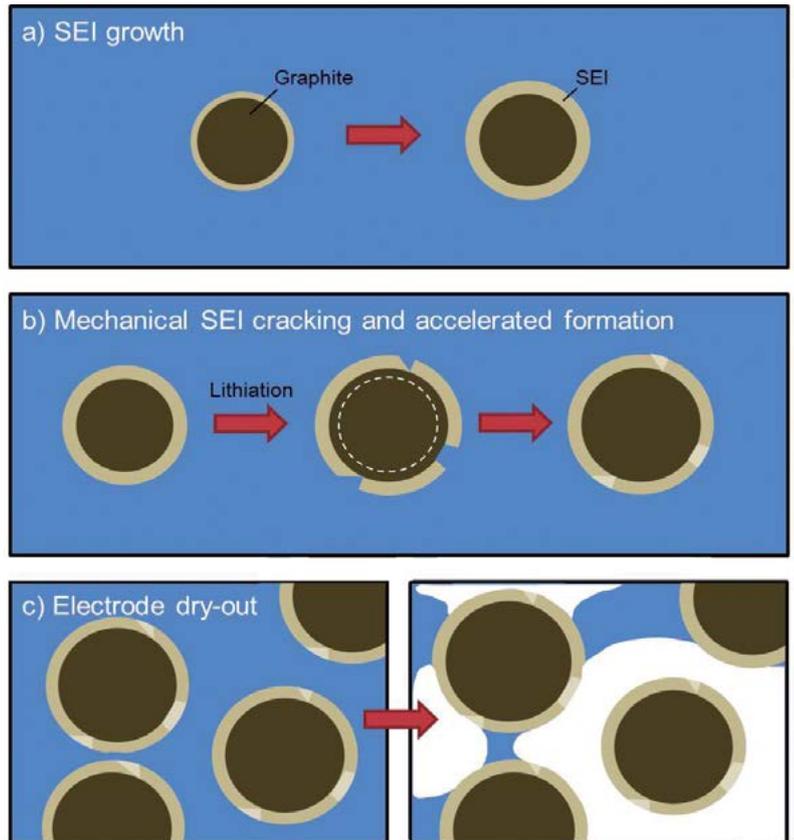


Abb. 10: Austrocknungsmechanismus durch Rissbildung in der SEI-Schicht an der Graphit-Anode und Gas in der Zelle (Quelle: Christian Kupper et al., Journal of The Electrochemical Society, 165, 2018)

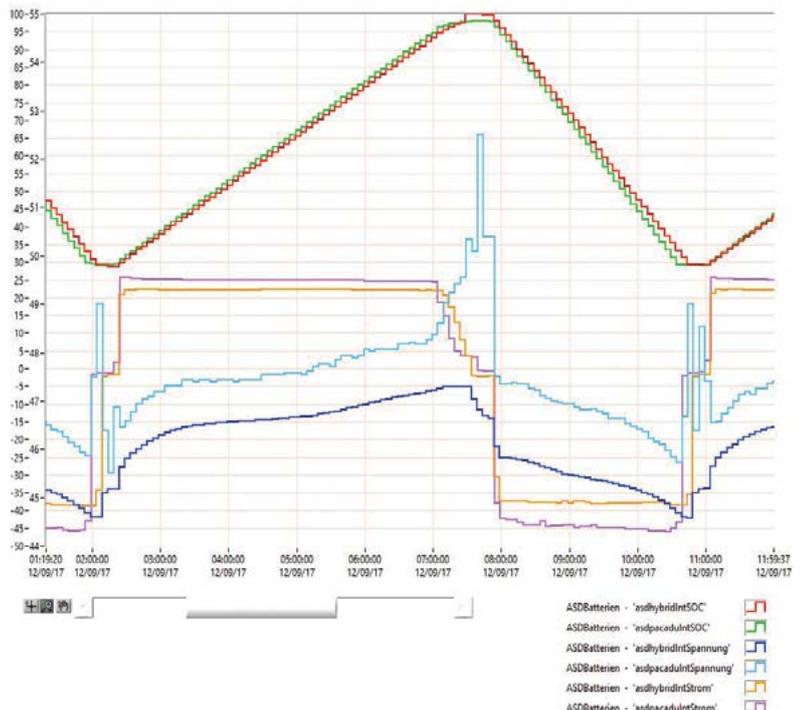


Abb. 12: SOC-gesteuerter Lade-/Entladezyklus der ASD-Systeme aus seriell und parallel verschalteten Zellen im Mikro-Grid mit einer C-Rate von 0,25

Der in STABIL eingesetzte Steueralgorithmus für das Model Predictive Control (MPC) kann das reale System, bestehend aus PV-Anlage, Verbraucher und Batterie, in Echtzeit betreiben. Der MPC-Algorithmus wurde von Dr. Deepranjan Dongol im Rahmen seiner Promotion an der HAW Offenburg unter Leitung von Prof. Elmar Bollin und Prof. Dr. Michael Schmidt entwickelt. Er ist in der Lage, die Leistungsspitzen bei der Einspeisung überschüssiger PV-Energie und bei Lastbezug zu reduzieren und den Einsatz der Batterie entsprechend zu maximieren. Dieser Algorithmus wurde entsprechend den Vorgaben aus der Laboruntersuchung zur Alterung von Li-Ionen-Batterien so modifiziert, dass Alterung der Batterie im Microgrid-Betrieb minimiert wird. Die Alterungsparameter der Batterie werden in Form einer Wertetabelle („Look-up Table“) zur Verfügung gestellt, die mithilfe detaillierter Simulationen der Batteriezellen erstellt werden. Vorgabe ist nun, dass die Batterie möglichst in dem SOC-Bereich arbeitet soll, in dem die Alterung der Batterie gering ist. Ähnlich soll die Batterieleistung innerhalb günstiger Grenzen gehalten werden. Alle 5 Sekunden berechnet der Optimierer einen optimalen Fahrplan für das Gesamtsystem. Dies erfolgt abhängig von aktuellen Messwerten und von Prognosen für Wetter und Last. Stellgröße ist die Lade- beziehungsweise Entladeleistung der Batterie.

ding von alterungskritischen Zuständen in der Simulation die relative Alterung der Batterie halbiert werden konnte. Dabei wurden Betriebszustände mit hohen Alterungsraten der Batterie bestraft und deshalb vom Optimierungsalgorithmus so weit wie möglich vermieden.

Die Forscher der HAW Offenburg setzen die Arbeiten zur Alterung von Li-Ionen-Batterien im Rahmen des EFRE Projekts LIBlife – Modellbasierte Gesundheitsdiagnostik von Lithium-Ionen-Batterien des MWK des Landes Baden-Württemberg fort. Projektinhalte sind dabei die Entwicklung einer Diagnostik für den Gesundheitszustand (State Of Health, SOH) von Lithium-Ionen-Batteriesystemen auf Basis physikalisch-chemischer Modellansätze. Es sollen validierte Softwarealgorithmen, die ausgehend von Messdaten (Spannung, Strom, Temperatur) von Batteriezellen während des realen Betriebs den Gesundheitszustand (Kapazität und Leistungsfähigkeit) bereitgestellt werden, um den Ladezustand in Echtzeit zu schätzen sowie die Restlebensdauer vorhersagen zu können. Das Projektteam setzt sich aus einer interdisziplinären Gruppe von Forschern aus den Bereichen der Batterietechnik, Systemtechnik, Werkstofftechnik und Festigkeitslehre der HAW Offenburg zusammen. Erste Ergebnisse sind im Jahr 2020 zu erwarten.

Zusammenfassende Empfehlung

Kalendarisches Altern ist stark bedingt durch chemische Vorgänge an der Anode: SEI Schichtbildung. Diese wird begünstigt durch Ladezustand (SOC) und Zelltemperatur. Schlecht für die kalendarische Alterung ist ein Ladezustand bei oder nahe 100 % SOC und hohe Temperaturen ab 50 °C. Das zyklische Altern von Li-Ionen-Batterien ist eher bedingt durch mechanischen Stress (Bruch der SEI-Schicht oder der Graphitpartikel an der Anode). Ein Betrieb der Li-Ionen-Batterien bei Temperaturen >10 °C und bei geringer Entladungstiefe (zwischen 40 % SOC und 60 % SOC) unterbindet daher starke zyklische Alterung.

Erste Ergebnisse unter Berücksichtigung von Alterungsindikatoren im Energiemanagementsystem zeigen, dass durch die Vermei-

AUTOREN



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



Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang G. Bessler
Geschäftsführender Leiter Institut INES
Leitung Forschungsgruppe Elektrische
Energiesystemtechnik
wolfgang.bessler@hs-offenburg.de

Dipl.-Ing. Thomas Feldmann: thomas.feldmann@hs-offenburg.de
Dr.-Ing. Deepranjan Dongol: deepranjan.dongo@hs-offenburg.de
Dipl.-Ing. Christian Kupper: christian.kupper@hs-offenburg.de
Mehmet Can Yagci M.Sc.: mehmet.yagci@hs-offenburg.de
Alle Institut für Energiesystemtechnik INES

POI – Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation

2018 war ein bewegtes Jahr für das POI, das sich der ingenieurwissenschaftlichen Forschung und Entwicklung von Methoden und Gerätschaften für die Verbesserung der Diagnostik und Therapie von Erkrankungen des Herzens widmet.

Wie angekündigt hatte der langjährige Leiter und Mitbegründer des Instituts und Studiengangs Medizintechnik, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer, Mitte 2018 seinen Wirkungskreis an der Hochschule Offenburg verlassen und ist in seinen wohlverdienten Ruhestand gewechselt. Trotz dieser großen Lücke ist es dem kleinen POI-Team durch aktive engagierte Arbeit gelungen, sich weiterhin intensiv mit aktuellen Forschungsfragen auseinanderzusetzen und das Lehrangebot am Institut sogar noch zu erweitern.

Ein Meilenstein 2018 war die feierliche Einweihung des über die Osypka AG gestifteten Institut-Neubaus im Mai. Nach dem Umzug in das neue Gebäude und der eigenständigen Einrichtung der Lehr- und Forschungslabore hat das Institut nach kurzer Aufbau- und Konsolidierungsphase den Regelbetrieb rasch wieder aufgenommen.

Mit Stolz können wir über die Erweiterung des POI-Lehrspektrums berichten: Das POI steht unter anderem in enger partnerschaftlicher Verbindung zur Freiburger Stockert GmbH, die zu den weltweit führenden Herstellern von Hochfrequenztechnik zur Herz-

rhythmustherapie zählt. Nach einem am POI für Mitarbeiter der Firma durchgeführten praktischen Training zu physikalischen Phänomenen der Hochfrequenzablation hat das Unternehmen sechs Labor-Arbeitsplätze des Instituts mit ihren modernsten SmartAblate-Systemen ausgestattet. So stehen unseren Studierenden und Ärzten genau die gleichen Instrumente zur Verfügung, die aktuell in der klinischen Routine eingesetzt werden.

Auch in der Forschung war das POI sehr aktiv. Verschiedene Arbeiten zur kardialen Okkluderforschung, die in enger interdisziplinärer Kooperation mit der Ludwig-Maximilians-Universität München und dem Herzzentrum Lahr entstanden, mündeten in zwei Veröffentlichungen und konnten in Frankfurt auf der CSI Focus LAA, einer der zu diesem Themenkomplex weltweit führenden Konferenz, von Frau Brenner M.Sc. und Herrn Jones einem internationalen Fachpublikum präsentiert werden.

Ermöglicht wird dies alles durch hochmotivierte Mitarbeiter, Doktoranden und engagierte Studierende am POI. Gelingt es, diese vielversprechenden Nachwuchskräfte zu fördern und neue dazu zu gewinnen, sind wir sicher, dass das POI auch künftig einen wertvollen Beitrag zur Lehre und Forschung an der Hochschule Offenburg leisten wird.

*Stellvertretende Institutsleitung
Tobias Haber*



Raspberry-Pi Huckepackplatine simuliert originale Patienten-EKGs

Pascal Striebel, Jonathan Menthe B.Sc., Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber, Markus Brudsche M.Sc.,
Prof. Dr. med. Juraj Melichercik¹, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
(¹MediClin Herzzentrum Lahr/Baden)

Kommerzielle Simulatoren können Elektrokardiogramme (EKG) des normalen und krankhaften Herzrhythmus nur in vereinfachter Form und geringer Kanalzahl wiedergeben. Mit diesem Projekt sollte die Vielfalt der bei elektrophysiologischen Untersuchungen digital aufgezeichneten und archivierten EKGs als originalgetreue Analogsignale zum Einsatz in Forschung und Lehre durch die Entwicklung einer speziellen Schaltung für das Raspberry-Pi Mikroprozessorboard nutzbar gemacht werden.

Commercial simulators can only reproduce electrocardiograms (ECG) of the normal and diseased heart rhythm in a simplified form and with a low number of channels. With the presented project the variety of the digitally archived EKGs recorded during electrophysiological examinations should be made usable as original analogue signals for research and teaching purposes by the development of a special printed circuit board for the mini-computer "Raspberry-Pi."

Einleitung

Im Rahmen der Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen hat die Auswertung von Elektrokardiogrammen (EKG) zentrale Bedeutung. Ihre Aufzeichnung erfolgt mit Elektrokardiographen über Klebeelektroden von der Körperoberfläche oder wie bei elektrophysiologischen Untersuchungen, zusätzlich mittels in verschiedenen Herzhöhlen eingebrachten Elektrodenkathetern. EKG-Ableitungen aus unterschiedlichsten Positionen liefern wichtige Hinweise auf den Ursprung und die Ausbreitung von Erregungsstörungen des Herzens. Deren Kenntnis ermöglicht ihre gezielte Behandlung mit implantierbaren Herzschrittmachern, Defibrillatoren oder einer Katheterablation.

Für Forschungs- und Trainingszwecke in diesen Bereichen werden EKG-Simulatoren angeboten, die synthetische Elektrokardiogramme des normalen Herzrhythmus und seiner Störungen nur mit wenigen Ableitungen und in vereinfachter Form wiedergeben. Ihr Nachteil ist, dass sie die in der klinischen Routine beobachtete individuelle Vielfalt nicht bereitstellen können.

Zielstellung

Im Rahmen eines Projektes zur weiteren Entwicklung der Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen bestand am Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation die Aufgabe während elektrophysiologischer Untersuchungen aufgezeichnete intrakardiale und Oberflächen-Elektrogramme als originalgetreue Analogsignale für Fragen der Forschung und Aufgaben in der Lehre nutzbar zu machen.

Methodik

Für die Reproduktion der bei elektrophysiologischen Untersuchungen mittels eines BARD-EP-Lab auf magneto-optischen Disketten oder CDs digital archivierten Elektrogrammen war aufgrund seiner Handhabbarkeit, des Preises und des geringen Volumens die Nutzung des Raspberry-Pi Mikroprozessorboards [1, 2] vorgesehen. Dazu waren aus den elektrokardiografischen Datensätzen zunächst interessierende Ausschnitte verschiedener simultan abgeleiteter EKG-Sequenzen auszuwählen und als Datenfile auf eine SD-Karte für das Raspberry-Pi Board zu exportieren. Dieses sollte nach entsprechender Aufbereitung der digitalen EKGs mit einer zu entwickelnden Schaltung deren Entnahme als Analogsignale in einer Endlosschleife ermöglichen.

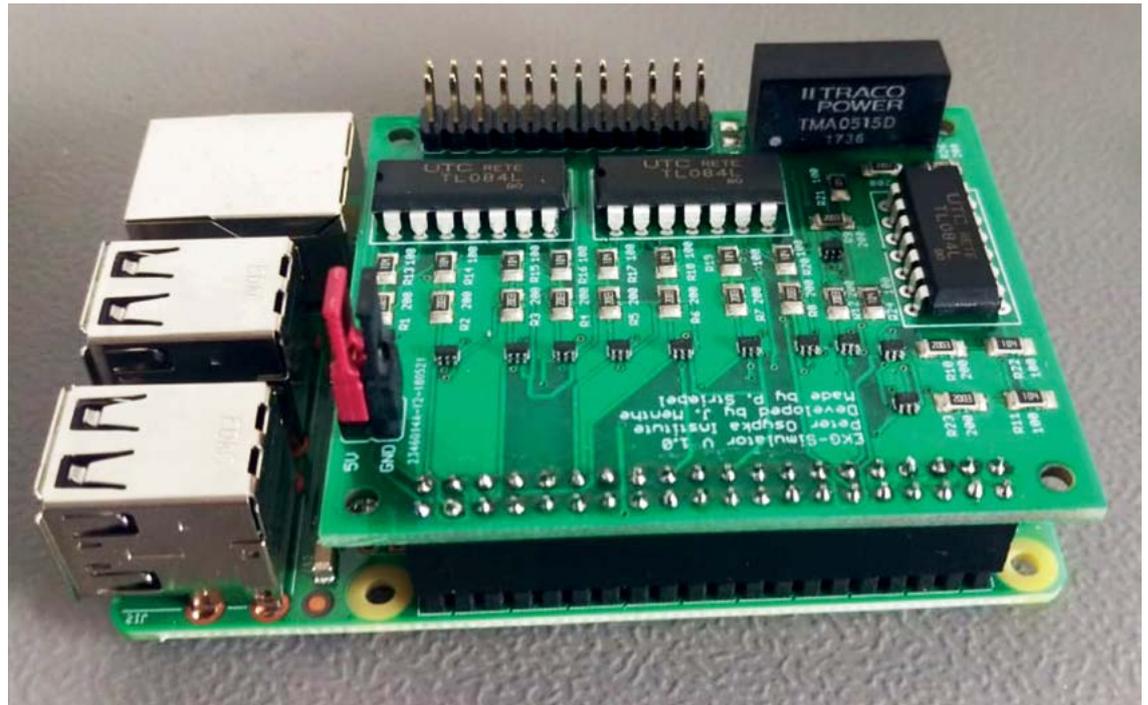


Abb. 1:
Ansicht der entwickelten Huckepackplatine als Steckkarte auf einem Raspberry-Pi Mikroprozessorboard

Ergebnisse

Für die vorgesehenen Anwendungen wurde zunächst die Anzahl der als Endlosschleife simultan auszugebenden analogen EKG-Signale auf 12 begrenzt. Ihre Zusammenstellung ermöglicht ein für das Raspberryboard erstelltes Menü-Programm. Zur Digital-Analog-Wandlung und Signalausgabe wurde für dieses Board mit dem Programm Autodesk Eagle eine Huckepackplatine entwickelt (Abb. 1). Ihre Gestaltung erfolgte im Hinblick auf die Minimierung elektromagnetischer Einkopplungen durch den Einsatz von SMD-Technik

bei Abschirmung durch ein Groundpolygon. Aus diesem Grund wurden als Wandler SMD-Chips vom Typ Texas Instruments DAC8411 der Größe von nur 2 x 1,2 x 1 mm verwendet [3]. Zur Anpassung an die gewünschte Ausgangsspannung wurden den 12 Wandlern drei 4-fach Operationsverstärker in konventioneller DIL-14-Bauform nachgeordnet (Abb. 2). Ihre Betriebsspannung wird von einem TMA0515S bereitgestellt. Die Bestückung der Platine erfolgte manuell im SMD-Labor, der Lötprozess für die SMD-Chips im Reflow-Verfahren.

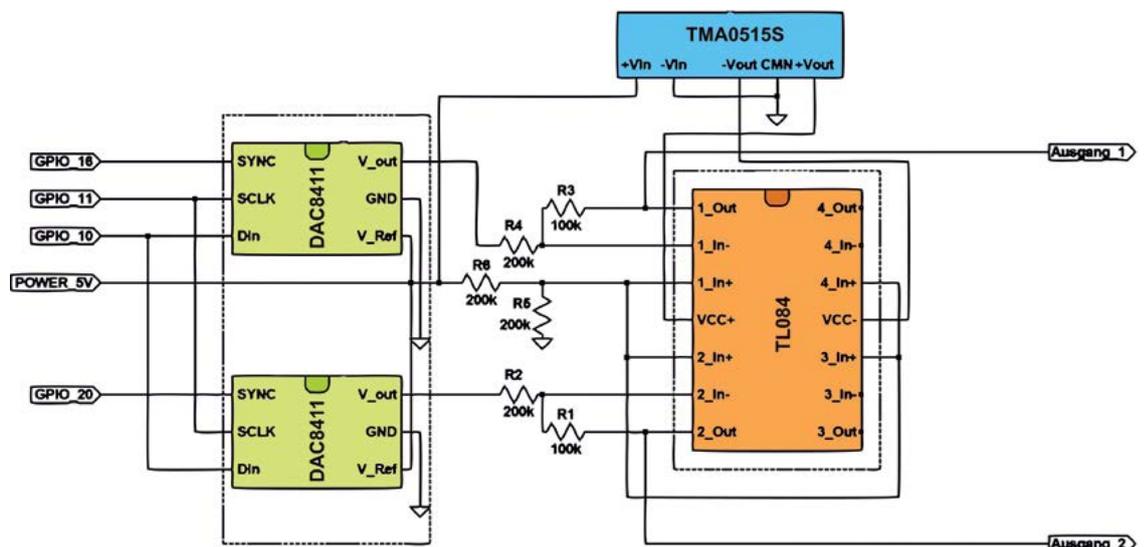


Abb. 2:
Schaltungsauszug von zwei Kanälen der entwickelten Platine zur analogen Wiedergabe von 12 simultan abgeleiteten und digital archivierten originalen Patienten EKGs

Als Anwendungsbeispiel zeigt Abbildung 3 die Reproduktion der von einem Patienten während einer elektrophysiologischen Untersuchung aufgezeichneten und digital archivierten Elektrogramme 1 und 2 von der Körperoberfläche, 3 und 4 aus der rechten Herzkammer und 5 aus dem rechten Herzvorhof als analoge Ausgangssignale. Es handelt sich um den Fall eines Patienten mit berichtetem plötzlichem Verlust des Bewusstseins (sogenannte Synkope), bei dem mit einem klinischen Provokationsverfahren ein kurz andauerndes Herzkammerrasen [4] ausgelöst und damit die Verdachtsdiagnose gesichert werden konnte.

Fazit

Simultane und in Echtzeit als Endlosschleife ablaufende originalgetreue Elektrogramme lassen sich nicht nur für die Ausbildung von Ärzten und die ihre Arbeit unterstützenden Medizintechniker verwenden. Sie sind auch im Rahmen der Entwicklung, Optimierung und Testung von Algorithmen zur automatischen Erkennung und Unterscheidung lebensbedrohlicher Rhythmusstörungen und deren adäquate elektrische Behandlung mit implantierbaren Defibrillatoren von Interesse. Gerade hierfür kann die Nutzung der Vielfalt der bei elektrophysiologischen Untersuchungen aufgezeichneten Elektrokardiogramme sinnvoll und hilfreich sein.



Abb. 3: Reproduktion originaler digitaler Elektrokardiogramme als Analogsignale am Beispiel der diagnostischen Provokation eines Herzkammerrasens; Details siehe Artikel

AUTOREN



Pascal Striebel
Student der Medizintechnik mit Forschungsaufgaben am POI
pstriebel@stud.hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber
Stellvertretender Leiter des Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation
tobias.haber@hs-offenburg.de

Jonathan Menthe B.Sc.: Projektingenieur FERCHAU Engineering, ehem. Bachelorabsolvent am POI; jonathan@menthe.de
Markus Brudsche M.Sc.: Akad. Mitarbeiter am POI; markus.brudsche@hs-offenburg.de
Prof. Dr. med. Juraj Melichercik: Leiter Abt. Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden; juraj.melichercik@mediclin.de
Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer: ehem. Leiter POI; bruno.ismer@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Design Spark, Introducing the Raspberry Pi B+, 2017 via <https://www.rs-online.com/designspark/introducing-the-raspberry-pi-b-plus>
- [2] Raspberry Pi Foundation, Raspberry Pi 3 Model B, Specifications, 2017 via <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- [3] Texas Instruments, DAC8x11 2-V to 5.5-V, 80-µ A, 14- and 16-Bit, Low-Power, Single-Channel, Digital-to-Analog Converters in SC70 Package, Revision Juli 2015, SBAS439C
- [4] Ludger Seipel (1996) Klinische Elektrophysiologie des Herzens. Verlag Georg Thieme Stuttgart
ISBN: 3135539024

Interdisziplinäre Studie an Implantaten zur Prophylaxe des Schlaganfalls

Wesley Jones B.Sc., Corinna Brenner M.Sc., Prof. Dr. med. Juraj Melicherčík¹, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
(¹MediClin Herzzentrum Lahr/Baden)

Bei Patienten mit Vorhofflimmern hat sich zur Schlaganfallprophylaxe der interventionelle Verschluss des linken Vorhofs (LAA) mit einem sog. Okkluder bewährt. Um den feste Sitz dieses Implantats zu gewährleisten, geben die Hersteller Empfehlungen zum Implantationsprozess. Diese legen beispielsweise die Kompression, die das Verhältnis zwischen der Größe der Verschlussvorrichtung vor der Implantation und nach dem Einsetzen des Okkluders darstellt, fest.

For patients suffering from atrial fibrillation, the interventional left atrial appendage (LAA) closure has proven itself to be an alternative procedure in reducing the risk of stroke as opposed to the medical treatment. In this procedure, a closure device, called an occluder, is implanted into the heart. To ensure the patient's safety, it is an essential requirement that this implant is fitted firmly in the LAA. To guarantee this condition is met the manufacturers provide several device-specific parameters such as the compression, which represents the ratio between the occluder's original diameter and its diameter after being deployed in the LAA.

Einleitung

Vorhofflimmern ist eine überwiegend das höhere Lebensalter betreffende Volkskrankheit, die mit einem fünffach erhöhten Schlaganfallrisiko einhergeht. Diese Herzrhythmusstörung begünstigt durch ein unregelmäßiges Zusammenziehen der Herzvorhöfe die dortige Bildung von als Thromben bezeichnete Blutgerinnsel. Diese können mit dem Blutstrom in das Gehirn geschwemmt werden und dort durch den Verschluss einer Arterie einen Schlaganfall hervorrufen. Solche als Thromboembolien bezeichneten Gefäßverschlüsse haben ihren Ursprung häufig im linken Vorhof. Da nicht jeder Patient für die konventionelle medikamentöse Behandlung mit sogenannten Blutverdünnern geeignet ist, kann in diesen Fällen die Indikation für den mechanischen Verschluss des Vorhofs mit einem Okkluder gegeben sein /1/. Hierfür kommen verschiedene Okkludersysteme unterschiedlicher Hersteller und Bauart zur Anwendung (Abb. 1). Der Okkluder wird in einem Katheter über die Beinvene in das Herz eingeführt und implantiert. Mehrere Studien belegen, dass diese interventionelle Therapieform mit einem Okkluder der medikamentösen Behandlung nicht unterlegen ist /2–4/.

Für die richtige Größenauswahl des Okkluders wird während der Implantation der Durchmesser des Vorhofs vom Arzt mit Röntgen



Abb. 1: Ansicht eines Watchman® Okkluders der Firma Boston Scientific

und echokardiografischer Bildgebung vermessen. Die zu verwendende Okkludergröße wird dann mit der Größentabelle des Herstellers bestimmt. Um den sicheren Halt und die Dichtigkeit des Implantats zu gewährleisten, werden von den Herstellern verschiedene Auswahlempfehlungen gegeben. So ist beim Watchman®-Okkluder der Firma Boston Scientific die Kompression des Okkluders ein wichtiger Implantatsparameter. Er repräsentiert das Verhältnis zwischen dem Okkluder-Durchmesser vor der Implantation und nach seinem Einsetzen in das linke Vorhofohr. Die Implantate sollten nach der Herstellerempfehlung mit einer Kompression von 8–20 % ihres Originaldurchmessers im Vorhofohr verankert werden. Dies entspricht bei einem Implantat der Größe 27 mm einer Kompression von ca. 2,2–5,4 mm. Die Messung der Kompression erfolgt in der echokardiografischen Bildgebung mit einer über die Speiseröhre applizierten Ultraschallsonde (transösophageale Echokardiografie – TEE). In den so erstellten 2D-Bildern der Herzhöhle wird der Durchmesser des Okkluders vermessen und in das Verhältnis zur Originalgröße gesetzt. Um den Behandlungsverlauf zu überprüfen, werden nach einem Vorhofohrverschluss Nachkontrollen, sogenannte Follow-ups, durchgeführt. Die erste Kontrolle erfolgt in der Regel drei Monate nach der Implantation mit der TEE-Bildgebung. Dabei wird der Okkluder auf seine Lage im Vorhofohr, eventuelle Leckagen u/o Thrombenhaftungen überprüft. Weitere Nachkontrollen werden patientenindividuell vereinbart.

Zielstellung

Ziel dieser interdisziplinären Studie ist die Erfassung der Kompression und deren mögliche Veränderungen bei Okkludern vom Typ Watchman® im Zeitraum von der Implantation zur ersten Nachkontrolle.

Methodik

In unsere Studie wurden 20 Patienten nach der Implantation eines Watchman®-Okkluders am MediClin-Herzzentrum Lahr/Baden eingeschlossen. Der Implantatsdurchmesser wurde zum Zeitpunkt der Implantation und des ersten Follow-ups mit einem Software-Messschieber in den TEE-Aufnahmen vermessen. Um aus den Messdaten die Kompression zu bestimmen, wurde das jeweilige Ergebnis in Relation zum Originaldurchmesser gesetzt. Anschließend wurden die Kompressionen der Okkluder bei der Implantation mit denen der ersten Nachkontrolle verglichen (siehe Abb. 2 und 3).

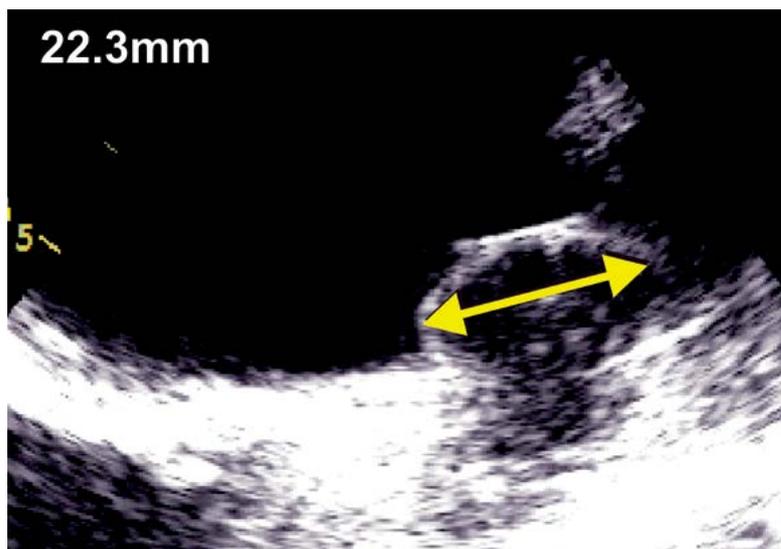


Abb. 2: Bestimmung des Durchmessers eines Watchman®-Okkluders der Größe 27mm zum Abschluss der Implantation

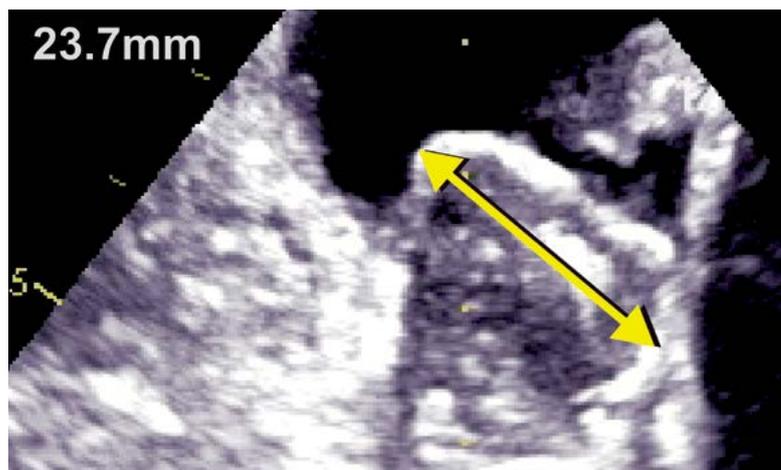


Abb. 3: Bestimmung des Durchmessers des Watchman®-Okkluders aus Abbildung 2 im Rahmen des Follow-ups

Ergebnisse

Aus den Daten des Implantationsberichts und den TEE-Aufzeichnungen der Nachkontrolle konnte an 19 der 20 Patienten eine Kompressionsanalyse durchgeführt werden. Innerhalb der drei Monate wurde dabei eine signifikante Änderung ($p < 0,001$) des Implantatsdurchmessers analysiert (Abb. 4). In 73,7 % der Fälle nahm der Durchmesser des Watchman®-Okkluders zu, blieb in 15,8 % konstant oder nahm in 10,5 % ab. Insgesamt zeigte sich eine Zunahme des Implantatsdurchmessers von $1,04 \pm 1,23$ mm. Dies entspricht im Verhältnis zu den Implantatsgrößen von 21–33 mm einer Veränderung von 6,9 % bis 10,8 %.

Zusammenfassung

Die Kompression des Watchman®-Okkluders nimmt in den ersten drei Monaten nach der Implantation bei fast drei Viertel der Patienten ab. In solchen Fällen kann dieser Implantatsparameter im Verlauf aus dem vom Hersteller angegebenen Zielbereich gelangen, wodurch das Risiko für ein Verrutschen des Verschlusssystems ansteigen kann. Dieses Ergebnis sollte

vom behandelnden Arzt bei der Implantationsplanung und der Größenauswahl des Okkluders berücksichtigt werden. Weitere Untersuchungen für andere Okkluder-Systeme sind in Arbeit. Die Ergebnisse dieser Studie und die daraus nötigen Schlussfolgerungen für die klinische Routine fanden beim CSI Focus LAA in Frankfurt am Main internationale Beachtung.

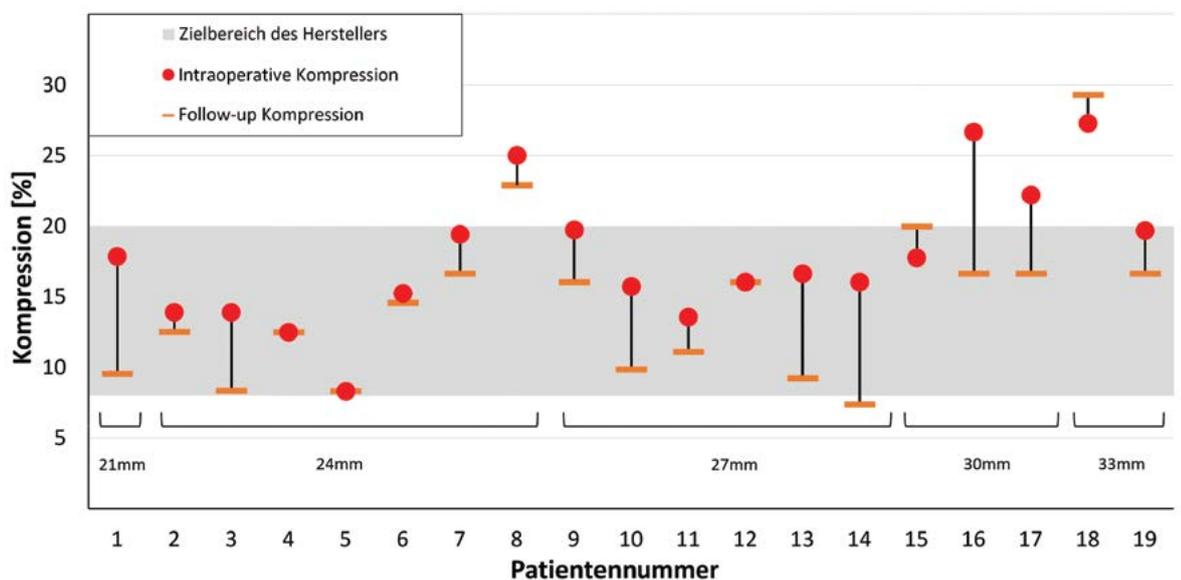


Abb. 4: Vergleich zwischen der intraoperativ und im 3-Monats-Follow-up bestimmten Implantatkompression sortiert nach der Okkludergröße

Referenzen/References:

- [1] Boston-Scientific (2015) Watchman: Left Atrial Appendage Closure Device with Delivery System; Direction for Use
- [2] Price MJ et al. (2015) "Bleeding Outcomes After Left Atrial Appendage Closure Compared With Long-Term Warfarin: A Pooled, Patient-Level Analysis of the WATCHMAN Randomized Trial Experience" JAMA
- [3] Reddy VY et al. (2017) "5-Year Outcomes After Left Atrial Appendage Closure: From the PREVAIL and PROTECT AF Trials" PubMed
- [4] Reddy VY et al. (2018) "WATCHMAN Left Atrial Appendage System for Embolic Protection in Patients With Atrial Fibrillation - PROTECT-AF" American College of Cardiology

AUTOREN



Wesley Dean Jones, B.Sc.
Student der Medizintechnik mit Forschungsaufgaben am POI
wjones@stud.hs-offenburg.de



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

Prof. Dr. med. Juraj Melicherčík: Leiter Abt. Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden, juraj.melicherčík@mediclin.de
Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer: ehem. Leiter POI; bruno.ismer@hs-offenburg.de

„Das ACI entwickelt und erforscht Lösungen für intelligente und kontextbewusste interaktive Systeme. Methodisch steht das ACI für eine nutzerzentrierte Konzeption und Entwicklung, die auch motivierende und spielerische Elemente integriert – besonders wichtig für die Akzeptanz von Assistenztechnologien und sozialen Robotern, die uns zukünftig Arbeit und Alltag erleichtern sollen.“

Affective and Cognitive Institute – ACI

Vor welchen Herausforderungen stehen wir dabei?
 Institutsleiter Prof. Dr. Oliver Korn gibt Auskunft:

Ihr Institut gilt als Ideenschmiede für neue Impulse, von Gamification bis zur Mensch-Roboter-Kollaboration. Was ist Ihre Motivation?

„Meine Kollegen und ich haben einen großen Wissensdurst. Aktuell interessiert uns, wie man künstliche Intelligenz (KI), speziell in der Interaktion von Mensch und Roboter, im Alltag gewinnbringend einsetzen kann. Die Idee, dies auch über Gamification zu erreichen, stammt noch aus meiner Kindheit. Schon damals faszinierten mich Spiele. Wie können wir spielerische Ansätze nutzen, um den Alltag angenehmer und spannender zu gestalten? Affective Computing ist die konsequente Ergänzung: Die Messung von Gefühlsreaktionen zeigt uns, welche Designs funktionieren und ob diese die Anwender wirklich glücklicher machen.“

„KI – Chancen & Risiken“: Was denken Sie?

„Auf diesem Gebiet herrscht eine erstaunlich große Unsicherheit auch bei Experten. Die Prognosen, wann eine menschenähnliche künstliche Intelligenz erreicht wird, variieren sehr stark. Diese Unsicherheit diffundiert in die Gesellschaft. Der Ansatz der „Beneficial AI“, einer wohlwollenden künstlichen Intelligenz, findet daher immer mehr Befürworter und wird zu einer großen Bewegung in der KI. Grundannahme ist, dass ein System, das uns zumindest in Teilbereichen überflügeln wird, uns wohlgesonnen sein muss. Aus meiner Sicht sind übrigens weniger KI der große „Jobkiller“, sondern Automatisierungsprozesse. Nehmen Sie den „Pfandflaschenautomaten“: Er ersetzt niedrigqualifizierte Arbeitskräfte, benötigt aber keine ausgefeilte KI oder Machine Learning.“

Mit Ethik & KI treffen Gegensätze aufeinander. Nur scheinbar – oder lassen sich Brücken schlagen?

„Maschinen und KI sind schon per Definition nicht ethisch. Ethik ist etwas Menschliches. Grundlage ist die Idee des guten, gelingenden Lebens. Einer Maschine muss man erst beibringen, was „gut“ ist, wie z. B. anspruchslose, monotone Arbeiten übernehmen. Parallel jedoch besteht die Gefahr, dass sie uns sinnstiftende Arbeiten abnehmen und so Einsparungspotenziale zulasten des Menschen bewirken. Das Ziel, Menschen mehr Freiheit zu ermöglichen, wäre so ins Gegenteil verkehrt. Hier ist die Politik gefordert: Es muss per Gesetz geregelt werden, wie die verschiedenen Qualifikationen von Mensch und Roboter zielgerichtet eingesetzt und vereinbart werden. Denkbar ist, robotische Arbeit zu besteuern.“



Zeitreise: Wo sehen Sie uns in 50 Jahren in Bezug auf KI und wie haben Forschungsarbeiten wie die Ihre die Welt verändert?

„Wenn es gut läuft, haben wir Roboter, die unsere dienstbaren Wesen sind und das Leben schöner und einfacher machen. Sie verschaffen uns Zeit, Dinge zu tun, die Spaß und Freude bereiten. Ähnlich wie Staubsaugroboter heute schon unser Leben erleichtern. Intelligente „Agenten“ werden mehrere einfache Tätigkeiten für uns übernehmen. Parallel dazu habe ich die Hoffnung, dass unsere Gesellschaft bis dahin eine allgemeine Grundsicherung für alle Menschen ermöglicht, um den Strukturwandel am Arbeitsmarkt durch den Wegfall einfacher Tätigkeiten zu kompensieren.“

Unsere Forschungen wie z. B. zur „Emotionssensitivität“ tragen dann dazu bei, die Welt ein bisschen besser zu machen, denn unsere Systeme werden Gefühle erkennen können. Sie sollen jedoch nicht als Psychologen fungieren, sondern empathisch agieren – unser Einverständnis vorausgesetzt. Einfacher ausgedrückt: Sie sollen uns nicht auf den Geist gehen, sondern mitdenken. Das ist vor allem in der Pflege sehr wichtig. Die Systeme sollen so designt sein, dass es Spaß macht, mit ihnen zu agieren und auf lockere und humorvolle Art zu kommunizieren. Ob wir das in 50 Jahren schaffen? Wir arbeiten daran...“

Assistenztechnologien und Emotionen – Das ACI verbindet scheinbar Gegensätzliches

Prof. Dr. phil. Oliver Korn, Dipl.-Kauffrau Andrea Küntzler, Lea Buchweitz B.Sc.

Das ACI ist eine fakultätsübergreifende Einrichtung der Hochschule Offenburg und wird geleitet von Prof. Dr. Oliver Korn. Zusammen mit seinem Team entwickelt und erforscht er Lösungen für kontextbewusste interaktive Systeme in den Bereichen Gesundheit, Bildung und Arbeit. Nachfolgend werden die aktuellen Projekte des ACI vorgestellt: Gemeinsamer Nenner ist hier die Rolle von Emotionen im Zusammenspiel von Mensch und Maschine – von Assistenztechnologien für Menschen mit Beeinträchtigungen bis zu sozialen Robotern.

The ACI is a cross-faculty institution of the Offenburg University headed by Prof. Dr. Oliver Korn. He and his team develop and evaluate context-aware interactive solutions in the domains health, education and work. The current projects of the ACI are presented below: the common denominator here is the role of emotions in the interaction between humans and machines – from assistance technologies for humans with disabilities to social robots.

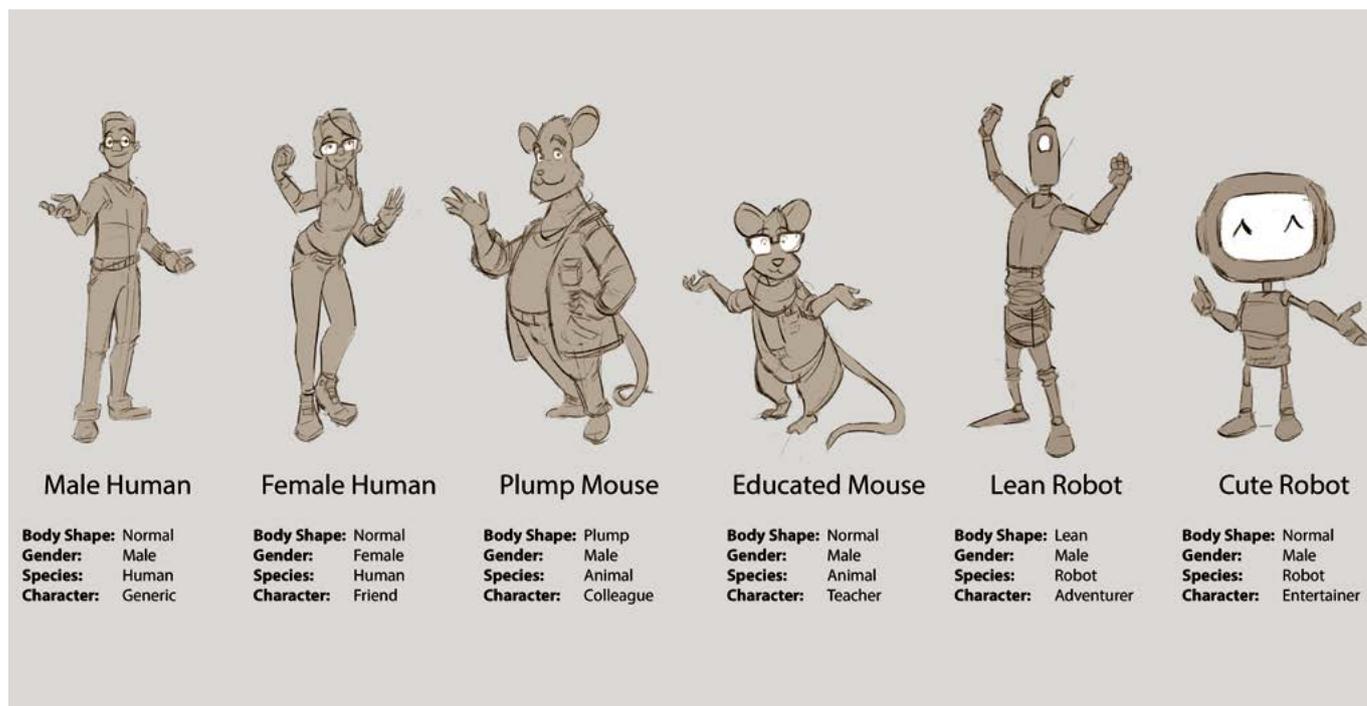
Grundlage der Arbeiten am ACI ist das Projekt KoBeLU (Kontextbewusste Lernumgebung für die Aus- und Weiterbildung), das mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird. Hier entwickeln wir eine augmentierte und praxisorientierte Lern- und Anleitungsumgebung. Individuell angepasste Informationen und Feedback, zum Beispiel zur Montage von Elektronikbauteilen, werden hier direkt in den Arbeitsbereich projiziert. Wie das funktioniert? Durch einen Tiefensensor erkennt das System die Bewegungen des Anwenders. Zugleich werden über eine Kamera und Algorithmen zur Objekterkennung Ist- und Soll-Zustände von Bauteilen verglichen. So kann beispielsweise erkannt werden, ob eine Platine in der korrekten Ausrichtung platziert wurde. Durch Gamification-Ansätze, die spielerische Anreicherung der Arbeits- bzw. Lern-tätigkeiten, wird zusätzliche Motivation geschaffen^{1,2}. Das ist insbesondere bei repetitiven, sich wiederholenden, Arbeiten wichtig. Soll zum Beispiel das Lötten erlernt werden, genügt es nicht, das Thema intellektuell verstanden zu haben: Vielmehr müssen Lernende hunderte von Löt-punkten setzen, bis das perfekt klappt und in „Fleisch und Blut“ übergegangen ist (Bewegungslernen). Wenn hier Punkte vergeben und um einen persönlichen Bestwert gerungen wird, ist dies deutlich motivierender als die Aussicht, mehrere Stunden lang stupide eine Lötübung zu absolvieren.



Abb. 1:
Auszubildender des Partners Mahle bei der Bearbeitung einer Aufgabe im Projekt KoBeLU

Die Verbindung von Projektion, impliziter Interaktion, Emotionserkennung, Handlungsorientierung und spielerischem Ansatz macht Lerninhalte tatsächlich „begreifbar“³. Entwickelt und erprobt wird das System in einem nutzerzentrierten Designprozess mit Auszubildenden in Unternehmen wie Mahle und Audi sowie Studierenden der Elektrotechnik.

Das kontextbewusste System soll wie ein persönlicher Coach beim Lernen begleiten und motivieren. Indem es Lernenden die eigenständige Lösung komplexer praktischer Aufgaben ermöglicht, leistet es einen Beitrag zur nachhaltigen Verbesserung der Aus- und Weiterbildung. Der oft ungünstigen Betreuungsrelation – gerade in den MINT-Fächern – wird damit effizient entgegengewirkt⁴.



Das Forschungsprojekt incluMOVE hat einen ganz ähnlichen Ansatz wie KobeLU, jedoch stehen hier explizit Menschen mit geistiger Behinderung im Mittelpunkt. Gefördert wird das Projekt mit Mitteln des BMBF und des Europäischen Sozialfonds (ESF). In incluMOVE wird ein kontextbewusster Lern- und Arbeitsplatz entwickelt, der leistungsgeminderte Personen beim Lernen von komplexen Montagevorgängen unterstützt. Zusätzlich entsteht ein Qualifizierungsbaustein, der die Beherrschung von Montage-Grundfertigkeiten überregional zertifiziert (Montieren/Fügen, Greifen/Platzieren, Messen/Inspizieren sowie Einstellen und Hilfsfunktionen).

Das Erlernen solcher anspruchsvoller Montagevorgänge wird durch Bewegungslernen unterstützt. Dieses erfolgt durch eine haptische Bedienungshilfe, die gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA in den Lern- und Arbeitsplatz integriert wird. Man muss sich das Gerät wie eine Maus mit eingebautem Motor vorstellen. Es leitet die Hand des Benutzers, um beispielsweise Positionieraufgaben zu erleichtern. So wird über stetige Wiederholung mit haptischem Feedback der Bewegungsablauf verinnerlicht, ähnlich wie im Sport. Außerdem wird monotonen Aufgaben durch projizierte Gamification-Elemente ein spielerischer Charakter verliehen: Dies erfolgt durch Punktevergabe, eine Fortschrittspyramide sowie einen kleinen, virtuellen Assistenten, der dem Benutzer Feedback gibt und neue Aufgaben erklärt. Anhand der Kombination von Bewegungslernen und Gamification wird sowohl für den Lernprozess

als auch für die tägliche Arbeit eine spielerische und angenehme Atmosphäre geschaffen, die Menschen ohne Langeweile oder die Angst, etwas falsch zu machen, selbstbewusst ihre Arbeit verrichten lässt.

Ein Schwerpunkt des ACI in diesem Projekt ist die Integration der Gamification. Anhand von Fokusgruppensitzungen sowohl mit den Betreuenden als auch den Menschen mit geistiger Behinderung selbst wurden zunächst Wünsche und Bedürfnisse ermittelt. Ein zentrales Ergebnis war der Wunsch nach einem sympathischen, kompetenten Helfer, der bei Unsicherheiten unterstützen kann und zur Fehlervermeidung beiträgt. In einem nutzerzentrierten Prozess wurde aus 35 Entwürfen ein solcher Assistent ausgewählt. Dieser wird nun animiert, um Reaktionen wie Freude und Besorgnis in verschiedenen Abstufungen zu zeigen.

Auch im EU-Projekt SUITCEYES geht es um Menschen mit Behinderung, konkret mit Taubblindheit. Diese sogenannte „multiple Einschränkung“ führt dazu, dass die Betroffenen im Extremfall nur noch über Berührungen mit der Außenwelt kommunizieren können. Hier geht es also nicht um Arbeitsfähigkeit, sondern um die Steigerung von Lebensqualität und Autonomie. Menschen mit Taubblindheit sollen mehr Möglichkeiten zur Interaktion mit ihrer Umwelt und anderen Menschen bekommen und ihre Lebenszufriedenheit, ja ihr Lebensglück, soll gesteigert werden. Hierzu konzentrieren wir uns auf drei unterschiedliche

Abb. 2: Auswahl virtueller Assistenten für Menschen mit Behinderung im Projekt incluMOVE

Lebensbereiche:

- Wahrnehmung der eigenen Umgebung und Position und die damit verbundene Verbesserung der Navigation
- Kommunikation und Austausch von semantischen Inhalten
- Lernen und schöne Erfahrungen sammeln

Durch das Erschließen von neuen Kommunikationsmöglichkeiten für taubblinde Menschen können auch die Auswirkungen der kognitiven Einschränkungen, die häufig mit Taubblindheit einhergehen, reduziert werden. Dies kann, zumindest einigen der Betroffenen, auch die Möglichkeit geben, in beschützenden Werkstätten zu arbeiten. Die Verbesserung der Kommunikation und Wahrnehmung wird durch die Kombination verschiedener Sensoren und Aktoren (z. B. haptische, thermische) in intelligenten Textilien realisiert⁵. Auch hier werden spielerische Elemente (Gamification) integriert.

Aufgrund ihrer multiplen Einschränkungen haben taubblinde Menschen nur sehr schwer Zugang zu Spielen, da diese meist auf visuellen oder auditiven Reizen basieren. Im Rahmen des Projekts SUITCEYES sollen haptische Spiele für taubblinde Menschen entwickelt werden. Beispielsweise soll das Spiel „Schere-Stein-Papier“ in Vibrationsmuster übersetzt werden: Für die einzelnen Objekte Schere, Stein und Papier werden individuelle Vibrationsmuster erstellt und intuitives Feedback für die Hinweise „gewonnen“ oder „verloren“ ermittelt. Außerdem soll der Umgang mit dem neuen Assistenzsystem spielerisch erlernt werden können. Eine Art „Verfolgungsjagd“, die auf präzise Navigation anstatt auf Geschwindigkeit setzt, soll den sicheren Umgang mit dem Assistenzsystem spielerisch schulen und das Vertrauen in das System selbst stärken. Auch in diesem Spiel werden alle Informationen und Aufforderungen mit unterschiedlichem Vibrationsmuster oder Temperaturveränderung vermittelt.



Abb. 3:

Die Studie „Osterei-Suche“ im Rahmen des EU-Projekts SUITCEYES: eine Studentin lässt sich ohne Seh- und Hörvermögen durch Vibrationen von Aktuatoren leiten, die an ihrem Körper angebracht sind

Durch das Bereitstellen aller Funktionalitäten in intelligenten Textilien oder kleinen tragbaren Geräten ist das System problemlos in den Alltag integrierbar. Gefördert wird das Projekt von der Europäischen Union aus dem Programm Horizon 2020.

In einer Projektreihe zum Bereich „Social Robots“ befasst sich das ACI mit der Entwicklung sozialer Roboter, die in der Lage sind, anhand der Mimik von Anwendern deren Emotionen abzuleiten, zu interpretieren und ihr Verhalten darauf abzustimmen. Der Fokus dieser Studien liegt auf der gesellschaftlichen Akzeptanz. Dabei interessieren uns der Einfluss von Alter, Geschlecht, aber auch kulturellem Hintergrund. Wir befassen uns mit Fragestellungen wie: Können Bereiche wie Pflege und Gesundheit von Robotern mit künstlicher Intelligenz nachhaltig profitieren? Wie muss die Interaktion gestaltet werden, damit beispielsweise sowohl professionelle Pflegekräfte als auch gepflegte Personen robotische Assistenten bei der Pflege wertschätzen? Dabei diskutieren wir mit den potenziellen Anwendern auch die ethische Dimension, beispielsweise den Einfluss automatisierter robotischer Systeme auf „gute Pflege“.

Daher erheben wir in einer internationalen Studie mit Teilnehmern aus europäischen und arabischen Ländern Daten für zukünftige internationale Projekte im Bereich der sozialen Robotik. Dies wird unterstützt durch AGYA (Arab-German Young Academy of Sciences and Humanities).



Abb. 4:
Prof. Dr. Oliver Korn und sein ACI-Team

AUTOREN



Prof. Dr. phil. Oliver Korn
Leiter Affective & Cognitive Institute (ACI)
Human Computer Interaction
oliver.korn@hs-offenburg.de



Dipl.-Kffr. Andrea Küntzler
Projektassistentin ACI
andrea.kuentzler@hs-offenburg.de



Lea Buchweitz B.Sc.
Akad. Mitarbeiterin ACI
lea.buchweitz@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] Schulz, A. S., Schulz, F., Gouveia, R., & Korn, O. (2018). Branded Gamification in Technical Education. In 2018 10th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games) (S. 1–8). <https://doi.org/10.1109/VS-Games.2018.8493413>
- [2] Korn, O., & Dix, A. (2016). Educational Playgrounds: How Context-aware Systems Enable Playful Coached Learning. *interactions*, 24(1), 54–57. <https://doi.org/10.1145/3012951>
- [3] Korn, O. (2018). Autonomie beim Einsatz kontextbewusster Systeme: Der Weg zum Emotionsbewusstsein. In T. Breyer-Mayländer (Hrsg.), *Das Streben nach Autonomie: Reflektionen zum digitalen Wandel* (1. Auflage, S. 203–214). Baden-Baden: Nomos. Abgerufen von <https://doi.org/10.5771/9783845282541-202>
- [4] Korn, O., Rees, A., & Dix, A. (2017). Designing a System for Playful Coached Learning in the STEM Curriculum. In *Proceedings of the 2017 ACM Workshop on Intelligent Interfaces for Ubiquitous and Smart Learning* (S. 31–37). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3038535.3038538>
- [5] Korn, O., Holt, R., Kontopoulos, E., Kappers, A. M. L., Persson, N.-K., & Olson, N. (2018). Empowering Persons with Deafblindness: Designing an Intelligent Assistive Wearable in the SUITCEYES Project. In *Proceedings of the 11th Pervasive Technologies Related to Assistive Environments Conference* (S. 545–551). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3197768.3201541>

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 (S³-Ansatz) hergestellt werden kann.

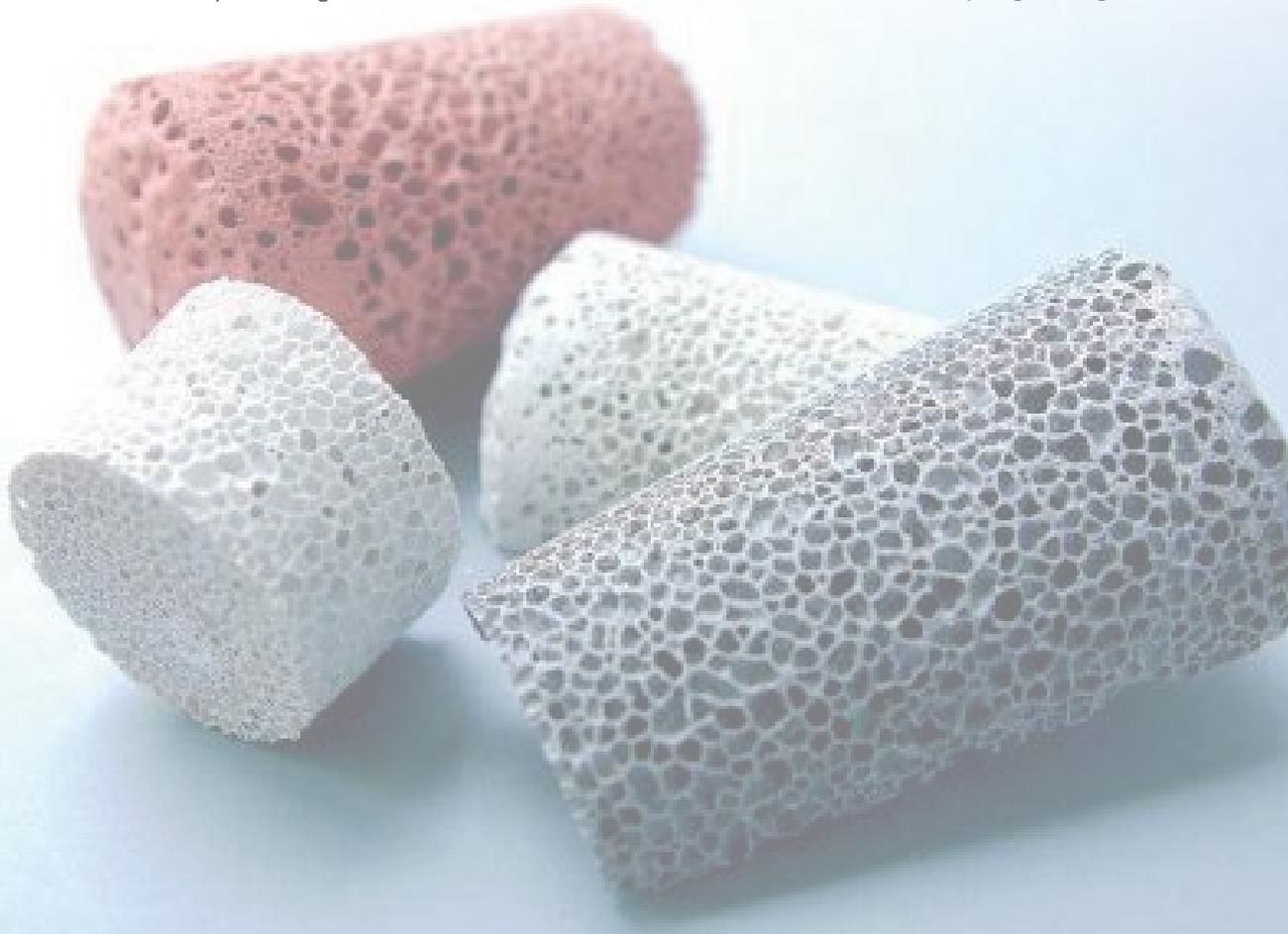
Der Schwerpunkt der Institutsarbeit liegt auf der Erforschung der chemischen Bindungen, die eine Geopolymerstruktur ausmachen. Hierzu werden als analytische Messmethoden die IR-Spektroskopie sowie in Zusammenarbeit mit mehreren universitären Instituten ²⁷Al-MAS NMR-, ²⁹Si-MAS NMR- und ³¹P-NMR-spektroskopische 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 g/cm³, an der Entwicklung von Dämmstoffen im Bereich bis 1.100 °C, an der Entwicklung eines Ziegelersatzes 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



Steine aus Beton- und Ziegelabfall

Kai-Uwe Schoppe, Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

Wasserglas (Natriumsilikat) in Kombination mit Harnstoff ist als neuartiges Bindersystem geeignet, um aus Beton- und Ziegelabfällen neue Steine herzustellen. Am Institut für nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (Institut NaSiO) werden die Eigenschaften dieses neuen Binders am Beispiel von Beton- und Ziegelabfällen untersucht. Der Vorteil des neuen Binders liegt in der niedrigen Härtetemperatur von 130 °C, die im Vergleich zur Herstellung von Zement oder Ziegel enorme CO₂-Einsparungen ermöglicht.

Water glass (sodium silicate) in combination with urea is suitable to act as a novel binder system to produce stones from concrete and brick waste. At the Institute for Sustainable Silicate Research in Offenburg (Institute NaSiO), the properties of this new binder will be examined using the example of concrete and brick waste. The advantage of the new binder is its low hardening temperature of 130 °C, which enables enormous CO₂ savings compared to the production of cement or bricks.



Problemstellung

Das Aufkommen an Bau- und Abbruchabfällen in Baden-Württemberg summiert sich auf rund 35 Millionen Tonnen (t) jährlich. Damit machen diese aus Bauschutt, Straßenaufbruch und anderen Bauabfällen bestehenden Baumassenabfälle fast vier Fünftel des gesamten

im Land zu entsorgenden Abfallaufkommens aus [1]. Abb. 1 zeigt einen Teil der Abbruchabfälle, die beim Abriss der Offenburger Kronen-Brauerei in der Oststadt entstanden sind – fachgerecht getrennt nach Beton (links) und Ziegelabfall (rechts).

Abb. 1:
Gesiebter Betonabfall (li) und gesiebter Ziegelabfall (re), der beim Abriss der Kronen-Brauerei in Offenburg anfiel

Das Recycling von aufbereitetem Festbeton, der als Betonabbruch beim Abriss von Bauwerken anfällt, ist in Deutschland gängige Praxis. Auch die beim Abbruch von Ziegelbauwerken entstehenden Abfälle werden in der Regel recycelt. So aufbereitete Materialien werden Ersatzbaustoffe genannt. Sie ersetzen einen Teil der Primärrohstoffe wie Kies, Sand und Splitt und liefern so einen wichtigen Beitrag zur Ressourcenschonung. Insbesondere die Substitution von Sand wäre wichtig, da Bau-sand als knapper Rohstoff in Zukunft vermehrt zu ersetzen ist [2–4]. Ersatzbaustoffe werden allerdings oft nur zu Verfüllungen eingesetzt, obwohl zerkleinerter und gesiebter Beton bzw. Ziegelbruch auch dem Frischbeton direkt zugemischt werden könnte. Nur in diesem Fall wird aus Beton wieder Beton, und nur hier wäre der Recyclingkreislauf wirklich geschlossen.

Wir möchten ein neues Verfahren vorstellen, bei dem es ohne den Einsatz von Beton gelingt, Steine aus Ziegel- oder Betonabfällen mit Wasserglas als Binder herzustellen.

Der Binder

Farblose wässrige Lösungen aus Natrium-, Kalium- und Lithiumsilikat nennt man Wassergläser. Die Chemikalie Natriumsilikat wurde erstmals 1818 durch den Chemiker und Mineralogen Johann Nepomuk von Fuchs in Landshut hergestellt. Fuchs gab der neuen Verbindung ihren heute noch gebräuchlichen Namen.

Am Institut NaSiO (Institut für Nachhaltige Silikatforschung in Offenburg) wird Wasserglas benutzt, um Steine herzustellen. Das Akronym NaSiO ist dabei Name und Programm. Die chemische Formel für Wasserglas lautet $\text{Na}_2\text{Si}_s\text{O}_{2s+1}$. Hier steht s für den Modulwert eines Wasserglases. Dieser Wert beschreibt das molare Verhältnis von Siliziumdioxid (SiO_2) zu Natriumoxid (Na_2O) bzw. von Siliziumdioxid zu Kalium- oder Lithiumoxid. Wassergläser zeigen Modulwerte zwischen 1,5 und 5, je nach ihrem Gehalt an Siliziumdioxid. Je höher der Modulwert ist, umso viskoser ist das Wasserglas und umso mehr Siliziumdioxid enthält es. Werden die Alkali-Kationen des Wasserglases von den negativ geladenen SiO -Gruppen chemisch entfernt, beginnt sich Kieselsäure zu bilden. Die ausfallende Kieselsäure liegt zunächst in amorpher Form vor, bevor sie irreversibel in ihren kristallinen Zustand übergeht. Irreversibel heißt, dass durch Zugabe von Wasser zur Kieselsäure kein Wasserglas neu entsteht. Die Steine sind stabil.

Die Herstellung von Steinen aus Ersatzbaustoffen und 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 aus Sand zugrunde. Wasserglas wird heute fast ausschließlich durch Kohlendioxid verfestigt. Damit gelingt allerdings nur eine Härtung an der Oberfläche. Den Forschern am Institut NaSiO gelang es jedoch, Wasserglas mit Harnstoff (dem Diamid der Kohlensäure) bei 130 °C zu härten. Harnstoff zeigt einen entscheidenden Vorteil gegenüber Kohlendioxid, denn Wasserglas und Harnstoff können vor dem Härtevorgang problemlos gemischt werden, ohne dass sie reagieren. Auch die Zugabe von zerkleinerten Ersatzbaustoffen ändert daran nichts. Wird die gut durchgemischte Suspension auf etwa 130 °C erwärmt, setzt eine Verkieselung der Mischung ein, die nach 24 h abgeschlossen ist [5].

Die wässrige Mischung aus Wasserglas, Harnstoff und fein gemahlene Ersatzbaustoffen wie Ziegel- oder Betonbruch verliert während des Härtens Wasser und bildet Steine mit einer Dichte um 2 g/cm³. Zur genauen Untersuchung werden Steine in der Form 4 x 4 x 16 cm hergestellt. Als Formmaterial dient dabei ein Kunststoff, der auch bei 130 °C noch seine Festigkeit behält. Abb. 2 zeigt zwei gegossene Steine der angegebenen Größe. Der linke graue Stein wurde aus Betonabfall, der rechte rote Stein aus



Abb. 2:
Teststeine der Größe 4 x 4 x 16 cm Betonabfall (li), Ziegelabfall (re)

Referenzen/References:

- [1] H. Büringer, Recycling von Bau- und Abbruchabfällen: Ein Beitrag zur Ressourcenschonung. Statistisches Monatsheft BW 8/2014, 30-33
 [2] Chem. 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] Bernd Spangenberg, Wolfgang Hemmer, Sidon Futterknecht, Poröse monolithische oder faserförmige Produkte aus anorganischen Polymeren und deren Herstellung, WO 2016026923 A1

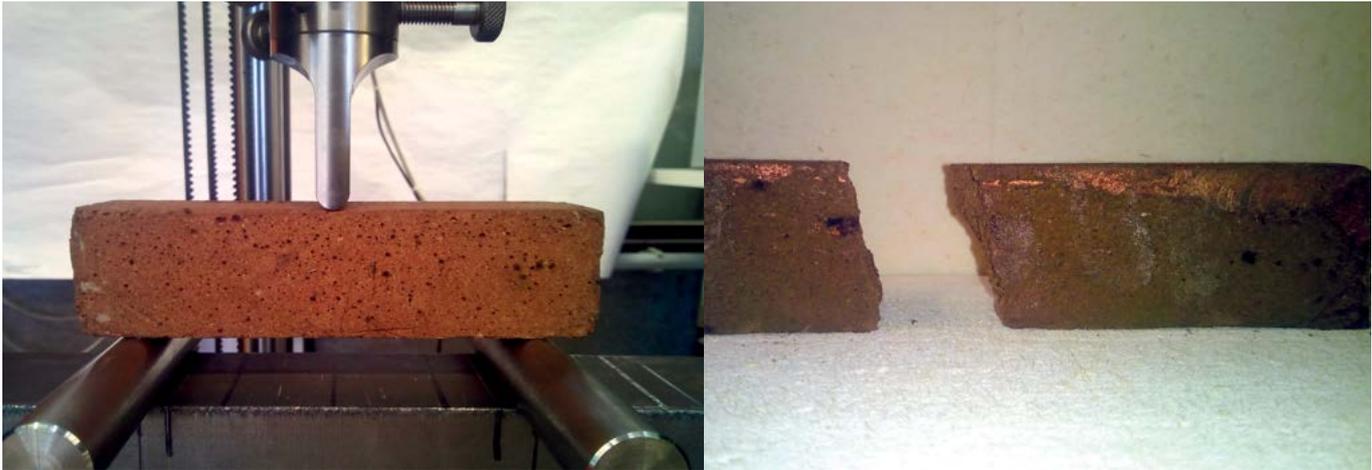


Abb. 3: Aufliegender Ziegel-Versuchsstein der Größe 4 x 4 x 16 cm (li), und Stein nach dem Bruch (re)

Ziegelabfall hergestellt.

Die so hergestellten Steine werden in einer Druck-Prüfmaschine (Zwick und Roell Z250) auf zwei Metallstäbe aufgelegt und mittig belastet (Abb. 3). Die Kraft beim Bruch wird registriert und kann in die maximal erreichbare Biegezugfestigkeit umgerechnet werden.

Viele derartige Versuche zeigen, dass eine Reaktionstemperatur um 130 °C zu einer optimalen Festigkeit der Wasserglassteine führt. Bei niedrigeren Temperaturen ist die Reaktion verlangsamt, bei höheren Temperaturen entweicht das für die Reaktion benötigte Wasser zu schnell aus der Reaktionsmischung (Abb. 4). Die nach 24 h „Backzeit“ erreichten Druckfestigkeiten der Steine liegen um 5 N/mm² und sind damit eher mäßig. Sie entsprechen einer Steindruckfestigkeitsklasse von 12. Dies ist wohl nicht auf den neuen Binder zurückzuführen, sondern eher auf die schlechten Eigenschaften der Ziegel- und Betonabfälle. Die Biegezugwerte der Recyclingsteine sind sehr gut und liegen bei etwa 2 N/mm².

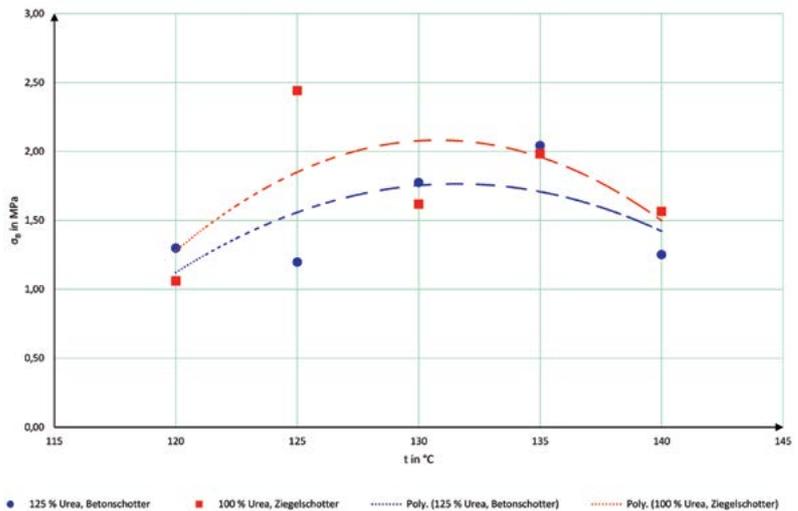


Abb. 4: Vergleich der Biegezugfestigkeiten von Ziegelsplitt und Betonsplitt. Ein Optimum zeigen Steine, die bei 130 °C gehärtet wurden.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass mit den neuen Wasserglas-Bindersystemen auch Bauabfälle wie Ziegel- oder Betonbruch in feste Steine umgewandelt werden können. Die so hergestellten Steine zeigen eine Biegezugfestigkeit von 2 N/mm² und eine Druckfestigkeit von 5 N/mm². Der Vorteil der vorgestellten Methode zur Recycling von Bauabfällen liegt in der niedrigen „Brenntemperatur“ von 130 °C, die gegenüber der Herstellung von Betonsteinen oder dem Brennen von Ziegeln ein enormes CO₂-Einsparpotenzial bietet.

AUTOREN



Kai-Uwe Schoppe
Student im Studiengang Verfahrenstechnik
k.schoppe@stud.hs-offenburg.de



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

IUAS – INSTITUTE FOR UNMANNED AERIAL SYSTEMS



Vor sieben Jahren wurde das Institut IUAS 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.

2018 war eines der wichtigsten Ereignisse die Eingliederung des „Institute for Ecological Photonics Advanced Research at Oberrhein“ (Eco-PhARO) in das IUAS. Dieser Schritt lag nahe, da bereits in der Vergangenheit die Forschungsprojekte des Eco-PhARO-Instituts in enger Abstimmung mit dem IUAS durchgeführt wurden. Gleichzeitig erfolgte auch die Umstrukturierung des IUAS in vier Forschungsbereiche:

- Unbemannte Flugsysteme (UAV)
- Ultrawideband-Radarsysteme
- Optische Systeme
- Forschung und Entwicklung mit Schulen

Basis für den Erfolg und die Vielzahl an Forschungsprojekten bilden unsere erfahrenen Mitarbeiter, unser Spezialisten-Know-how und unsere breite technologische Fachkompetenz, vor allem in Navigation, Flugregelung, Trägerphasen-GPS, HF-Kommunikationssysteme, optische 3D-Erfassung, Ultrawideband-Radar, inverse 3D-Rekonstruktionsalgorithmen und akustischen Systemen.

Vor allem im UAV-Bereich ist „ELCOD“ (Endurance Low Cost Drone mit 25 kg) ein EU-Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der INSA/Straßburg, das im Folgeartikel

näher beschrieben wird, zu nennen. Die Forschung im UAV-Sektor steigt zunehmend. 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.

Der Bereich Ultrawideband-Radar ist durch aufkommende Problemstellungen in der Inspektion von Beton entstanden. Da unser Institut bereits ein erstes System erfolgreich realisiert und optimiert hat, haben sich daraus weitere Forschungsarbeiten für diverse Anwendungsbereiche für bildgebende UWB-Radare ergeben. Hier sind vor allem 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.

Es darf davon ausgegangen werden, dass sich aufgrund der genannten Indikatoren noch weitere interessante Entwicklungen am IUAS ergeben werden. Daher sind Absolventen- und Projektarbeiten am Institut gern gesehen.

Abschließend begrüßen wir Professor Dr.- Ing. Jörg Ettrich als neu gewählten stellvertretenden Institutsleiter.

Institutsleitung
Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Entwicklung von Langstreckendrohnen

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Unbemannte Fluggeräte sind seit über 100 Jahren bekannt. Heutzutage sind insbesondere Multi-Kopter weit verbreitet – sowohl im professionellen als auch im privaten Bereich. Eher selten – und dann vorwiegend für militärische Zwecke – werden Langstreckendrohnen entwickelt und eingesetzt. Allerdings sind kostengünstige unbemannte Fluggeräte mit langer Flugzeit und Reichweite durchaus für kommerzielle Zwecke interessant, beispielsweise für Post- und Materialtransport in entlegenen Gebieten, für Messzwecke mit langer Messdauer (Luft- und Gasmessung), für Monitoring- und Überwachungsaufgaben usw. Das IUAS hat 2017 einen Auftrag von Interreg (Endurance Low Cost Drone, ELCOD) erhalten, zusammen mit der INSA/Strassburg eine derartige Drohne mit einer maximalen Abflugmasse von 25 kg für maximal 5 kg Nutzlast zu entwickeln. Hierbei soll insbesondere Augenmerk auf geringe Fertigungskosten gelegt werden. Zudem sollten sowohl klassische Motoren (IUAS/HSOG) als auch alternativ Brennstoffzellen (INSA) angewendet werden.

Unmanned aircrafts have been known for over 100 years, and today multicopters are particularly widespread, both in the professional and private sector. Long-range drones are rarely developed and used - and then mainly for military purposes. However, low-cost unmanned aerial vehicles with long flight times and range are interesting for commercial purposes, for example for mail and material transport in remote areas, for measuring purposes with long measuring duration (air and gas measurement), for monitoring and surveillance tasks, etc.. IUAS received an order from Interreg (Endurance Low Cost Drone, ELCOD) in 2017 to develop such a drone with a maximum take-off mass of 25kg for a maximum payload of 5kg together with INSA/Strassburg. Particular attention will be paid to low manufacturing costs. In addition, both classic engines (IUAS/HSOG) and alternative fuel cells (INSA) should be used.



Was ist in der Gewichtsklasse technisch möglich?

Es ist klar, dass sowohl Flugzeugzelle als auch Antrieb effizient sein müssen, daher fallen alle Rotorflügler einschließlich Autogyros sowie auch batterieelektrische Antriebe aus. Nur Flächenflugzeuge verbleiben in einer sinnvollen Betrachtung. Die Gleitzahl GZ eines Flugzeugs ist die überflogene Strecke dividiert

durch die durchflogene Höhe im antriebslosen Gleitflug mit konstanter Geschwindigkeit, sie ist ein Maß für die aerodynamische Güte eines Flugzeugs. Die Vortriebsleistung für den angetriebenen Horizontalflug wird damit:

$P_{\text{vor}} = m \cdot g \cdot v / GZ$ (m: Masse des Flugzeugs).
Die Motorwellenleistung ergibt sich mit der Propellereffizienz propeff zu:
 $P_{\text{shaft}} = P_{\text{vor}} / \text{propeff}$

Abb. 1:
Das Delta-UAV bei einem seiner Testflüge

Sowohl Benzinmotore, Dieselmotore sind für diese Gewichtsklasse zu schwer, als auch bei der Brennstoffzelle mit elektrischem Motor nimmt während des Flugs die Masse ab. Deshalb ergibt sich bei angenommen konstant bleibender Gleitzahl die Breguet'sche Reichweitenbeziehung:

$range = GZ \cdot \eta_{prop} / (BSFC \cdot g) \cdot \ln(m_0 / (m_0 - m_t))$ mit:
BSFC: leistungsspezifischer Kraftstoffverbrauch (brake-specific fuel consumption)

m_0 : Startmasse

m_t : Treibstoffmasse beim Start

range: Reichweite

Damit ist die Reichweite (und Flugzeit) auf den ersten Blick unabhängig von der Flugzeuggröße, sehr große Reichweiten von vielen tausend Kilometern sollten also prinzipiell möglich sein, wie die bemannte Luftfahrt zeigt.

Die Gleitzahl ist allerdings von der Geschwindigkeit abhängig, und jedes Flugzeug hat bei einer bestimmten Geschwindigkeit $v_{GZ_{max}}$ und Masse ein Maximum der Gleitzahl GZ_{max} . Zudem erfordert der Flug immer eine Mindestgeschwindigkeit v_{stall} . Bei von der Motorleistung unabhängigen BSFC würde die maximale Reichweite bei Flug mit $v_{GZ_{max}}$ erzielt, die maximale Flugzeit offensichtlich bei Flug knapp über v_{stall} .

Allerdings zeigen sich schnell folgende Komplikationen:

- Das Flugzeug soll auch steigen können. Bei 2.5 m/s Steigrate wären zusätzlich 25 kg* 9.81 m/s²*2.5 m/s = 750 W Vortriebsleistung notwendig. Der Motor muss also eine Maximalleistung deutlich über der für den Horizontalflug erforderlichen Leistung haben. Eine Zusatzleistung für den Start ist nicht zu berücksichtigen, sofern man Katapultstart oder einen Start am Gummiseil vorsieht.
- Die Mindestgeschwindigkeit vollgetankt muss kleiner als ein praktikabler Wert für Start- und Landung sein.
- Der BSFC ist tatsächlich von Drehzahl und Ausgangsleistung abhängig, sodass sowohl eine optimierte Flugzeit als auch eine optimierte Reichweite eine komplexe Berücksichtigung des Antriebs erfordern.
- Das BSFC-Verhalten ist für Brennstoffzelle/Elektromotor völlig anders als für Benzinmotoren.
- Die Gleitzahl ist von Geschwindigkeit und Flugzeugmasse abhängig.
- Die mögliche Treibstoffmenge ist vom Leergewicht des Flugzeugs abhängig. Eine große Gleitzahl geht mit großer Tragflächenspannweite und damit großem Gewicht einher.
- Eine Mindestgeschwindigkeit wegen Gegenwind ist für lange Flugzeit einzuhalten.

Die Geschwindigkeit in der Luft (true air speed, TAS) ist für optimale Reichweite über Grund vom Gegenwind abhängig.

- Die meisten Parameter sind zudem von der Flughöhe abhängig.
- Eine Mindeststrukturfestigkeit der Zelle muss gegeben sein.
- Sowohl Zelle als auch Flugregelung müssen bei Anspruch auf spätere praktische Verwendung für „schweres Wetter“ geeignet sein.
- Viele übliche Maßnahmen zur Effizienzsteigerung im Luftfahrtbereich sind für diese Klasse einfach zu schwer. Der Nutzen also ist hier nicht tatsächlich gegeben.
- Motor und Servos müssen die erforderliche Zuverlässigkeit haben. Die Beschaffung von Spezifikationen von Baugruppen aus dem Modellbau- und Motorenbereich ist aufwendig und teils nicht möglich, da unbekannt. Die Schwerpunktlagen sind einzuhalten usw. Viele rein praktische Randbedingungen sind zu beachten (Wartbarkeit, Lebensdauer, Zuverlässigkeit, ...).

Eine grobe Analyse mit typischen Parametern zeigt, dass für einen Elektroantrieb eher eine Flugzeugzelle vom Typ „Segler“ optimal ist, es für einen Benzinmotorantrieb aber wichtiger ist, möglichst viel Treibstoffmasse mitnehmen zu können, da bei Benzinmotoren bei geringer Belastung der spezifische Treibstoffverbrauch stark ansteigt und somit eine beste Aerodynamik wegen höherem Gewicht insgesamt daher eher kontraproduktiv ist. Eine für beide Antriebsarten optimale Zelle ist daher technisch nicht möglich.

Wegen der Vielzahl von Komplikationen und Randbedingungen ist es an dieser Stelle der Analyse schwer, mögliche Flugzeiten und Reichweiten einigermaßen zuverlässig abzuschätzen. Man kann nur versuchen, in allen genannten Bereichen „kombiniert“ per trial-and-error im Design mit zunehmend besserem „Ingenieursgefühl“ zu optimieren, weil praktisch alles auf jedes in teils nichtlinearer und teils mangels Daten geschlossen nicht darstellbar Einfluss hat. Es ist kein Wunder, dass es „das“ Flugzeug nicht gibt.

Grobspezifikation

Nach theoretischen Voruntersuchungen, Sichtungen von Spezifikationen für Ultraleichtflugzeuge (UL) und Light Sport Aircraft (LSA) sowie typischen Wetter- und Windbedingungen für vorgesehene Fluggebiete wurde folgende Grobspezifikation erstellt:

- maximale Abflugmasse (MTOW): 25 kg
- maximale Nutzlastmasse: 5 kg



Abb. 2

Delta-UAV – hochbelastbar (Nutzlast 5 kg) bei max. Gesamtgewicht von 25 kg. Zukünftig wird es von einem optimierten Verbrennungsmotor oder Elektromotor in Kombination mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle angetrieben; je nach Bedarf.

- Reisegeschwindigkeit: 110–130 km/h (wg. möglichem starkem Gegenwind von Beaufort 8)
- max. Startgeschwindigkeit (am Gummiseil): < 60 km/h
- minimale Steigrate in Meereshöhe: 2.5 m/s
- Gipfelhöhe: > 2500 m über Meereshöhe (MSL)
- max. Belastung: +/- 6 g (im Falle Nurflügel: +/- 10 g); wegen Turbulenzen bzw. Flugagilität
- Enteisungsanlage für Tragflächen und Vergaser
- Mean time between failure (MTBF), Lebensdauer: > 1000 Flugstunden
- Wartungsintervalle: > 50 Flugstunden (einfach wegen langer Flugzeiten)

Auslegung für einen Benzinmotor

Zweitaktmotoren zeigen grob den doppelten BSFC von Viertaktmotoren, insbesondere im weit überwiegenden Teillastbereich im Horizontalflug. Dafür aber sind sie leichter, was die Mitnahme von mehr Treibstoff erlaubt. Sofern die Zelle leicht genug zu fertigen ist, liefern dennoch Viertaktmotoren eine größere Gesamtenergie aus dem getankten Treibstoff als die Zweitakter. Das Leergewicht der Zelle entscheidet daher über das Motorenprinzip. Diese kennt man aber erst nach einer vollständigen Konstruktion mit Festigkeits- und allen aerodynamischen Berechnungen. Mehrere komplett gerechnete Entwürfe wurden daher durchgeführt, um die „Tendenzen“ zu erkennen. Zudem sind Motoren nicht einfach wegen unzulässiger Schwerpunktänderung und Bauform und -größe austauschbar, was die Untersuchungen noch aufwendiger macht.

Eine gewisse praktische Erleichterung ergibt sich aus der MTBF-Forderung. Damit scheiden Modellflugmotoren durchweg aus. Sie sind für solche Flugzeiten im Sinn kleiner Masse einfach nicht gebaut; selbst Industriemotoren für Kettensägen o. ä. stoßen hier an Grenzen. Infrage kommen daher nur Motoren passender Maximalleistung aus dem Bereich der Kleingeneratoren und Wasserpumpen, die – kein Wunder – natürlich für Flugmotoren sehr schwer und groß sind. Ihr Einsatz ist daher nur

mit einer sehr gewichtsoptimierten Zelle möglich. Dafür sind für die kleine Klasse ihre Verbrauchswerte allerdings unschlagbar niedrig. Wenn es gelingt, eine leichte, feste Zelle mit ausreichend guter Festigkeit und Aerodynamik für die geforderten Eigenschaften zu entwerfen, sollten erhebliche Reichweiten und Flugzeiten in praktischen Anwendungen routiniert erreichbar sein.

Hier wurden zunächst verschiedene Konfigurationen (klassisch, „Ente“, „Hängegleiter“, Nurflügel, ...) für diesen Fall verglichen. Für einen Nurflügel („blended wing body“, BWB) sprachen schlussendlich die relativ geringe benetzte Gesamtoberfläche, wegen der Flächentiefe große Reynoldszahlen, die bei akzeptablem viskosem Widerstand dicke Tragflächen mit viel Platz für Tanks und Nutzlast erlauben, relativ wenig Bauaufwand, eine kleine Zahl von Servos sowie wegen der Kompaktheit eine hohe intrinsische Festigkeit. Allerdings erfordern Nurflügel für eine ausreichende Flugstabilität den größten Berechnungsaufwand und zudem vermehrte Flugtests, da vieles in dem Zusammenhang auch heute noch nicht ausreichend genau zu berechnen ist.

Bilder und Flugfilme des aerodynamischen Modells des „Delta“ sind auf ELCOD.de zu finden. Derzeit sind eine Einspritzanlage für den Motor sowie die Fertigung des Serienmodells in Arbeit. Ebenfalls findet man auf ELCOD.de Bilder und Daten des UAV's unseres französischen Partners. Denn, wie bereits erwähnt, erfordert der Brennstoffzellenantrieb eine völlig andere aerodynamische Auslegung.



AUTOR



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

Publikationen 2018

Kategorie: wissenschaftlich (peer reviewed)

Autor(en), Titel, Verlag

- Bärtl, Mathias:** YouTube channels, uploads and views: A statistical analysis of the past 10 years. In: *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies* 24.2018 (1), S. 16–32. Online verfügbar unter <http://journals.sagepub.com/eprint/JgZkgVfhjfigES85sW97/full>.
- Bhattacharyya, Mayukh; Gruenwald, Waldemar; Jansen, Dirk; Reindl, Leonhard Michael; Aghassi-Hagmann, Jasmin:** An Ultra-Low-Power RFID/NFC Frontend IC Using 0.18 μm CMOS Technology for Passive Tag Applications. In: *Sensors* 18 (5), S. 1452. DOI: 10.3390/s18051452
- Bhattacharyya, Mayukh; Gruenwald, Waldemar; Jansen, Dirk; Reindl, Leonhard Michael; Aghassi-Hagmann, Jasmin:** Design of a Programmable Passive SoC for Biomedical Applications Using RFID ISO 15693/NFC5 Interface. In: *Journal of Low Power Electronics and Applications* 8 (1), S. 3. DOI: 10.3390/jlpea8010003
- Chauhan, Vikrant; Mayer, Markus; Mayer, Elena; Ruile, Werner; Ebner, Thomas; Bleyl, Ingo et al.:** Investigation on Third-Order Intermodulation Distortions due to Material Nonlinearities in TC-SAW Devices. In: *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control* 65 (10), S. 1914–1924. DOI: 10.1109/TUFFC.2018.2832283
- DeCaluwe, Steven C.; Weddle, Peter J.; Zhu, Huayang; Colclasure, Andrew M.; Bessler, Wolfgang G.; Jackson, Gregory S.; Kee, Robert J.:** On the Fundamental and Practical Aspects of Modeling Complex Electrochemical Kinetics and Transport. In: *Journal of The Electrochemical Society* 165 (13), E637–E658. DOI: 10.1149/2.0241813jes
- Dongol, Deepranjan; Feldmann, Thomas; Bollin, Elmar; Schmidt, Michael:** A model predictive control based peak shaving application of battery for a household with photovoltaic system in a rural distribution grid. In: *Sustainable Energy, Grids and Networks* 16, S. 1–13. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.segan.2018.05.001>
- Erozan, Ahmet Turan; Cadilha Marques, Gabriel; Golanbari, Mohammad Saber; Bishnoi, Rajendra; Dehm, Simone; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Tahoori, Mehdi Baradaran:** Inkjet-Printed EGFET-Based Physical Unclonable Function-Design, Evaluation, and Fabrication. In: *IEEE transactions on very large scale integration (VLSI) systems* 26 (12), S. 2935–2946. DOI: 10.1109/TVLSI.2018.2866188
- Fetzner, Daniel; Dornberg, Martin:** Experimental Polyphony: On the Media Ecological Research of Intermediate Bodies. In: *Alphaville: Journal of Film and Screen Media* (15), S. 124–146. Online verfügbar unter <http://www.alphavillejournal.com/Issue15/ArticleFetznerDornberg.pdf> (Einzelnachweis)
- Garlapati, Suresh Kumar; Cadilha Marques, Gabriel; Gebauer, Julia Susanne; Dehm, Simone; Bruns, Michael; Winterer, Markus et al.:** High performance printed oxide field-effect transistors processed using photonic curing. In: *Nanotechnology* 29 (23), S. 235205. DOI: 10.1088/1361-6528/aab7a2
- Göküs, Kerem; Heinke, Matthias; Hörth, Johannes:** Heart rhythm model for the simulation of electric fields in trans esophageal atrial pacing and cardiac resynchronization therapy. In: *Current Directions in Biomedical Engineering* 4 (1), S. 443–445. DOI: 10.1515/cdbme-2018-0105
- Grafinger, Katharina Elisabeth; Koenig, Stefan; Weinmann, Wolfgang; Wilke, Andreas; Stahl, Katja:** In vitro phase I metabolism of three phenethylamines 25D-NBOMe, 25E-NBOMe and 25N-NBOMe using microsomal and microbial models. In: *Drug Testing and Analysis* 10 (10), S. 1607–1626. DOI: 10.1002/dta.2446
- Habann, Frank; Zerres, Christopher; Zaworski, Lukas:** Investigating the segment specific preferences for hedonic and utilitarian online-shop characteristics: the case of German online wine shops. In: *International Journal of Internet Marketing and Advertising (IJIMA)* 12 (3), S. 255–269. DOI: 10.1504/IJIMA.2018.10013344
- Hall, Florian; Touzri, Jonas; Wußler, Sabine; Buqa, Hilmi; Bessler, Wolfgang G.:** Experimental Investigation of the Thermal and Cycling Behavior of a Lithium Titanate-based Lithium-ion Pouch Cell. In: *Journal of Energy Storage* 17, S. 109–117. DOI: 10.1016/j.est.2018.02.012
- Jilg, Andreas; Seifert, Thomas:** Temperature dependent cyclic mechanical properties of a hot work steel after time and temperature dependent softening. In: *Materials Science and Engineering: A* 721, S. 96–102. DOI: 10.1016/j.msea.2018.02.048
- Junk, Stefan; Gawron, Philipp:** Implementation of Innovative Methods for the Digital Manufacturing of Architectural Models. In: *The New ARCH : International Journal of Contemporary Architecture* 5 (2), S. 1–8. DOI: 10.14621/tna.20180201
- Junk, Stefan; Klerch, Benjamin; Hochberg, Ulrich; Nasdala, Lutz:** Topology optimization for additive manufacturing using a component of a humanoid robot. In: *Procedia CIRP* 70, S. 102–107. DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.270
- Klemm, Martin; Hanebeck, Uwe; Hoppe, Harald:** Control Algorithms for 3-DoF Handheld Robotic Devices used in Orthopedic Surgery. In: *Journal of Medical Robotics Research : JMRR (Online Ready)*, S. 1950002. DOI: 10.1142/S2424905X19500028
- Kupper, Christian; Weißhar, Björn; Reißmann, Sascha; Bessler, Wolfgang G.:** End-of-Life Prediction of a Lithium-Ion Battery Cell Based on Mechanistic Aging Models of the Graphite Electrode. In: *Journal of The Electrochemical Society* 165 (14), A3468–A3480. DOI: 10.1149/2.0941814jes
- Livotov, Pavel; Chandra Sekaran, Arun Prasad; Mas'udah; Law, Richard; Reay, David; Sarsenova, Arailym; Sayyareh, Shahin (2018):** Eco-Innovation in Process Engineering: Contradictions, Inventive Principles and Methods. In: *Thermal Science and Engineering Progress* 9, S. 52–65. DOI: 10.1016/j.tsep.2018.10.012

Mayur, Manik; Gerard, Mathias; Schott, Pascal; Bessler, Wolfgang G.: Lifetime Prediction of a Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell under Automotive Load Cycling Using a Physically-Based Catalyst Degradation Model. In: *Energies* 11 (8), S. 2054. DOI: 10.3390/en11082054

Metzger, Mario; Seifert, Thomas: Computational assessment of the microstructure-dependent plasticity of lamellar gray cast iron – Part IV: Assessment of the yield surface after plastic loading. In: *International Journal of Solids and Structures* 141-142, S. 173–182. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2018.02.020

Milz, Barbara; Schnurr, Philip; Grafmüller, Jannis; Oehler, Kevin; Spangenberg, Bernd: A Validated Quantification of Sudan Red Dyes in Spicery using TLC and a 16-bit Flatbed Scanner. In: *Journal of AOAC International* 101 (5), S. 1397–1401. DOI: 10.5740/jaoacint.18-0054

Minar, Yvonne Anna; Milz, Barbara; Spangenberg, Bernd: Is Equol an Ecologically Relevant Endocrine Disruptor? Equol Determination in Cattle Manure by Effect-Directed Analysis Using the pYES Test. In: *Journal of Planar Chromatography* 31 (1), S. 72–78. DOI: 10.1556/1006.2018.31.1.9

Müssig, Robin; Heinke, Matthias; Hörth, Johannes: Cryo-balloon model and simulation of catheter ablation for pulmonary vein isolation in atrial fibrillation. In: *Current Directions in Biomedical Engineering* 4 (1), S. 473–475. DOI: 10.1515/cdbme-2018-0113

Otte, Andreas: Johann Sebastian Bachs sterbliche Überreste – Teil I: Das Gesamtskelett. In: *Archiv für Kriminologie* 242 (1+2), S. 48–55

Otte, Andreas: Johann Sebastian Bachs sterbliche Überreste – Teil II: Die Hände. In: *Archiv für Kriminologie* 242 (3+4), S. 110–124

Otte, Andreas: Radiolabeled Immunotherapy in Non-Hodgkin's Lymphoma: The Perception in Clinical Oncology Needs Further Attention. In: *ARC Journal of Radiology and Medical Imaging*, 2018; 3(1), S. 18–19. Online verfügbar unter <https://www.arcjournals.org/pdfs/ajrmi/v3-i1/5.pdf>

Rasheed, Farhan; Golanbari, Mohammad Saber; Cadilha Marques, Gabriel; Tahoori, Mehdi Baradaran; Aghassi-Hagmann, Jasmin: A Smooth EKV-Based DC Model for Accurate Simulation of Printed Transistors and Their Process Variations. In: *IEEE Transactions on Electron Devices* 65 (2), S. 667–673. DOI: 10.1109/TED.2017.2786160

Rasheed, Farhan; Hefenbrock, Michael; Beigl, Michael; Tahoori, Mehdi Baradaran; Aghassi-Hagmann, Jasmin: Variability Modeling for Printed Inorganic Electrolyte-Gated Transistors and Circuits. In: *IEEE Transactions on Electron Devices* 66 (1), S. 146–152. DOI: 10.1109/TED.2018.2867461

Rjelka, Marek; Köhler, Bernd; Mayer, Andreas: Nonlinear effects of micro-cracks on long-wavelength symmetric Lamb waves. In: *Ultrasonics* 90, S. 98–108. DOI: 10.1016/j.ultras.2018.06.001

Rjelka, Marek; Pupyrev, Pavel Dmitrievich; Köhler, Bernd; Mayer, Andreas: Nonlinear effects of micro-cracks on acoustic surface and wedge waves. In: *Low temperature physics : an English translation of the journal, Fizika Nizkikh Temperatur* 44 (7), S. 744–750. DOI: 10.1063/1.5041442

Roller, Tom; Heinke, Matthias; Hörth, Johannes: Pacing electrode modeling and simulation of cardiac contractility modulation. In: *Current Directions in Biomedical Engineering* 4 (1), S. 551–554. DOI: 10.1515/cdbme-2018-1131

Schwantes, Rebecca; Bauer, Lorenz; Chavan, Kirtiraj; Dücker, Dennis; Felsmann, Clemens; Pfaffert, Jens: Air gap membrane distillation for hypersaline brine concentration: Operational analysis of a full-scale module—New strategies for wetting mitigation. In: *Desalination* (444), S. 13–25. DOI: 10.1016/j.desal.2018.06.012

Schwantes, Rebecca; Chavan, Kirtiraj; Winter, Daniel; Felsmann, Clemens; Pfaffert, Jens: Techno-economic comparison of membrane distillation and MVC in a zero liquid discharge application. In: *Desalination* (428), S. 50–68. DOI: 10.1016/j.desal.2017.11.026

Stengler, Jana; Schaber, Karheinz; Mall-Gleißle, Susanne: Experimental study on low temperature desalination by flash evaporation in a novel compact chamber design. In: *Desalination : The International Journal on the Science and Technology of Desalting and Water Purification* 448, S. 103–112. DOI: 10.1016/j.desal.2018.09.021

Tsiakas, Konstantinos; Kyrarini, Maria; Karkaletsis, Vangelis; Makedon, Fillia; Korn, Oliver: A Taxonomy in Robot-Assisted Training: Current Trends, Needs and Challenges. In: *Technologies* 6(4), S. 1–19. DOI: 10.3390/technologies6040119

Waibel, Günther; Altan, Lokman: New process of tempering color printed glass by using laser irradiation. In: *Procedia CIRP*, Bd. 74. Amsterdam: Elsevier, S. 390–393

Weinert, Oliver; Otte, Andreas: Die eiserne Hand des römischen Offiziers Marcus Sergius Silus (Ende des 3. Jahrhunderts v. Chr.) – eine 3-D Computer-Aided Design (CAD)-Simulation. In: *Archiv für Kriminologie* 242 (5+6), S. 184–192

Weinert, Oliver; Junk, Stefan; Otte, Andreas: Götz von Berlichingens Eiserne Hand — neu geschaffen am 3-D-Drucker. In: *MMW - Fortschritte der Medizin* 160 (21-22), S. 71–73. DOI: 10.1007/s15006-018-1241-2

Weller, Dennis D.; Cadilha Marques, Gabriel; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Tahoori, Mehdi Baradaran: An Inkjet-Printed Low-Voltage Latch Based on Inorganic Electrolyte-Gated Transistors. In: *IEEE electron device letters* 39 (6), S. 831–834. DOI: 10.1109/LED.2018.2826361

Zirn, Stefan; Roth, Jürgen; Gerber, Otmar; Meisinger, Maximilian; Wesarg, Thomas: Entwicklung einer CI-Sprachprozessor-Mikrofon-Messbox. In: *Zeitschrift für Audiologie Jahrgang* 57 (3/2018), S. 104–108. Online verfügbar unter <https://www.z-audiol.de>

Kategorie: Dissertation

Autor(en), Titel, Verlag

Gast, Oliver: User Experience im E-Commerce. Messung von Emotionen bei der Nutzung interaktiver Anwendungen. Springer Fachmedien, Wiesbaden (Betreuerin an der HSO: Prof. Dr. Andrea Müller) <https://www.springer.com/de/book/9783658224837#aboutBook>

Klemm, Martin: Intraoperative Planning and Execution of Arbitrary Orthopedic Interventions Using Handheld Robotics and Augmented Reality. Karlsruhe Series on Intelligent Sensor-Actuator-Systems; 20. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe (Betreuer an der HSO: Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe)

Publikationen 2018

Kategorie: wissenschaftlich

Autor(en), Titel, Verlag

Bantleon, Ulrich: Bedeutung der Professional Skepticism für den Erfolg der Internen Revision. In: Zeitschrift Interne Revision : ZIR (6), S. 276–285. Online verfügbar unter <https://www.compliancedigital.de/ce/bedeutung-der-professional-skepticism-fuer-den-erfolg-der-internen-revision/detail.html>

Bantleon, Ulrich; d'Arcy, Anne; Eulerich, Marc; Hucke, Anja; Knoll, Matthias; Köhler, Annette; Pedell, Burkhard: Das Qualifikationsmodell der Internen Revision im Zeitverlauf. In: Zeitschrift Interne Revision : ZIR (6), S. 302–305. Online verfügbar unter <https://www.compliancedigital.de/ce/das-qualifikationsmodell-der-internen-revision-im-zeitverlauf/detail.html>

Baumgärtler, Thomas; Popovic, Tobias: Wurzeln, Werte und Visionen (Interview). In: enorm weconomy-Magazin (01/2018), S. 18–21

Breyer-Mayländer, Thomas: Digitale Bildungsprojekte als Bestandteil der Schulentwicklung als Chance und Gestaltungsfeld für Ganztagsangebote. In: Die Ganztagschule (1/2018), S. 28–47. Online verfügbar unter http://www.ganztagschule-hessen.de/zeitschrift/Die%20Ganztagschule%202018_web.pdf

Breyer-Mayländer, Thomas: E-Commerce für Zeitungsverlage. In: Der neue Vertrieb : dnv (9/2018), S. 28–34

Breyer-Mayländer, Thomas; Regenthal, Gerhard; Schütte, Jan: Profilierung und Positionierung von Schulen. In: Schul-Verwaltung Spezial (1/2018), S. 9–13

Breyer-Mayländer, Thomas; Ritter, Beate: Ganztage in Baden-Württemberg vor dem Realitätscheck: Qualitätssicherung und Konzeptentwicklung als erste Beispiele. In: Die Ganztagschule (1/2018), S. 134–138. Online verfügbar unter http://www.ganztagschule-hessen.de/zeitschrift/Die%20Ganztagschule%202018_web.pdf

Burkhardt, Achim; Becker, Roland; Graumann, Matthias: Commitment senkt die Burnoutgefahr. In: Personalführung : das Fachmagazin für Personalverantwortliche 51 (5), S. 56–60

Decker, Eva: Präsenzvortrag per Tablet mehr als ein Ersatz für Tafel- oder PPT-Vortrag. In: e-teaching.org 4 (4 Themenspecial Heterogenität im Studium. Was leisten digitale Medien), S. 1–6. Online verfügbar unter https://www.e-teaching.org/etresources/pdf/erfahrungsbericht_2018_decker_praesenzvortrag-per-tablet.pdf

Drechsler, Dirk: Unternehmerische Governance-, Risiko- und Compliance-Strukturen III. Nur Bremsen oder umfassende Fahr-sicherheit? - Das Compliance-Management (Teil 3). In: Management-Journal, S. 1–3. Online verfügbar <https://bit.ly/2y5FxnV>

Ernst, Stefan: Datenschutzrechtliche Verantwortlichkeit des Betreibers einer Facebook-Fanpage neben Facebook selbst („Wirtschaftsakademie Schleswig-Holstein“). Anmerkung zu EuGH v. 05.06.2018 – Rs C-210/16. Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht EWIR (13), S.413-414, Köln, RWS Verlag. Online verfügbar unter <https://www.ewir-online.de/heft-13-2018/ewir-2018-413-datenschutzrechtliche-verantwortlichkeit-des-betreibers-einer-facebook-fanpage-neben-facebook-selbst/>

Ernst, Stefan: Einwilligung eines Betretenen nach der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO). Anmerkung zu AG Gießen. Juris-PraxisReport: jurisPR-ITR, 18/2018, Anm. 2. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/195m/page/homerl.phtml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschaueite.jsp&doc.id=JULU000559418>

Ernst, Stefan: Erforderlichkeit der Benennung eines Datenschutzbeauftragten für nicht-öffentliche Stellen nach Art. 37 DSGVO und § 38 BDSG. In: IT-Rechtsberater (ITRB) - Informationsdienst für IT-Recht und Datenschutz (8/2018), S. 188–191. Online verfügbar unter http://www.cr-online.de/50302_343235.htm

Ernst, Stefan: Erforderlichkeit der Benennung eines Datenschutzbeauftragten für nicht-öffentliche Stellen nach Art. 37 DSGVO und § 38 BDSG. In: Arbeitsrechtsberater (arbrb): Informationsdienst für die arbeitsrechtliche Beratungspraxis (9/2018), S. 272–275. Online verfügbar unter https://www.arbrb.de/49913_343938.htm

Ernst, Stefan: Heilmittelwerbung: Zulässigkeit von Werbung auf Facebook für ein verschreibungspflichtiges Tierarzneimittel bei einem Shitstorm Anmerkung zu OLG Köln v. 12.01.2018 - 6 U 92/17. Juris-PraxisReport: Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht, 4/2018, Anm. 4. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/16v1/page/homerl.phtml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschaueite.jsp&doc.id=jpr-NLVR000001818>

Ernst, Stefan: Hohlfasermembranspinnanlage - Schutz von Betriebsgeheimnissen nach Ausscheiden eines Mitarbeiters. Anmerkung zu BGH v. 22.03.2018 - I ZR 118/16. Juris-PraxisReport: Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht, 11/2018, Anm. 5. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/15h7/page/homerl.phtml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschaueite.jsp&doc.id=JULU000694818>

Ernst, Stefan: Kundenzufriedenheitsbefragung per E-Mail ohne Einwilligung des Empfängers unzulässig. Anmerkung zu BGH. Juris-PraxisReport: jurisPR-ITR, 20/2018, Anm. 2. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/1am7/page/homerl.phtml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschaueite.jsp&doc.id=JULU000613718>

Ernst, Stefan: Mehrere Werbekanäle - Einwilligung in die Kontaktaufnahme über mehrere Werbekanäle. Anmerkung BGH. Juris-PraxisReport: Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht, 6/2018, Anm. 3. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/17vz/page/homerl.phtml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschaueite.jsp&doc.id=JULU000419718>

Ernst, Stefan: Pflicht zur Information der Verbraucher über den Termin der Warenlieferung im Internethandel. Anmerkung zu LG München I v. 17.10.2017–33 O 20488/16. Juris-PraxisReport: jurisPR-ITR, 7/2018, Anm. 2. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/16nd/page/homerl.phtml?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschaueite.jsp&doc.id=jpr-NLIT000002618>

Ernst, Stefan: Rechtsfolgen einer Abmahnabwehrklausel. Anmerkung OLG Düsseldorf. *Juris-PraxisReport: Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht*, 3/2018, Anm. 5. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/1623/page/homerl.psm1?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschauseite.jsp&doc.id=JULU000213218>

Ernst, Stefan: Senkrechtlift. Entscheidungsbesprechung zum BGH-Urt. v. 30.08.2018 - VII ZR 243/17. Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht: EWIR (22), S. 685-686. Köln: RWS Verlag. Online verfügbar unter <https://www.ewir-online.de/heft-22-2018/ewir-2018-685-kein-ausschluss-des-widerrechts-bei-werkvertrag-im-fernabsatz-senkrechtlift/>

Ernst, Stefan: Stammkundenklausel - Unzumutbare Belästigung durch Zusendung von E-Mail Werbung. Anmerkung LG Berlin. *Juris-PraxisReport: Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht*, 7/2018, Anm. 5. Online verfügbar unter <https://www.juris.de/jportal/portal/t/188e/page/homerl.psm1?cmsuri=/juris/de/startseite/dokvorschauseite.jsp&doc.id=JULU000465218>

Ernst, Stefan: Veröffentlichungen von Bildern eines Fußballzuschauers im Stadion. Anmerkung zu LG Frankfurt v. 05.10.2017 – 2–3 O 352/16. *Juris-PraxisReport: jurisPR-ITR*, 3/2018, Anm. 2. Online verfügbar unter <http://landesrecht.sachsen-anhalt.de/jportal/prev/jpr-NLIT000000918>

Ernst, Stefan: Vertrag über Online-Werbearbeit. Anmerkung zu BGH v. 22.03.2018 - VII ZR 71/17. Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht, Praxis im Immaterialgüter- und Wettbewerbsrecht: GRUR-Prax 9/2018, S.221. Online verfügbar unter <https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fzeits%2Fgrurprax%2F2018%2Fcont%2Fgrurprax.2018.221.1.htm&anchor=Y-300-Z-GRURPRAX-B-2018-S-221-N-1>

Ernst, Stefan: Verwertung von Dashcam-Aufzeichnungen als Beweismittel im Unfallhaftpflichtprozess. Anmerkung zu BGH v. 15.05.2018 - VI ZR 233/17. Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht: EWIR (19), S. 607-608. Köln: RWS Verlag. Online verfügbar unter <https://www.ewir-online.de/heft-19-2018/ewir-2018-607-verwertung-von-dashcam-aufzeichnungen-als-beweismittel-im-unfallhaftpflichtprozess/>

Ernst, Stefan: Vorenthalten einer wesentlichen Information bei einem über das Internet erfolgenden Angebot eines Preisvergleichs für Bestattungsdienstleistungen – Preisportal. Anmerkung zu BGH v. 27.04.2017 - I ZR 55/16. *Juris-PraxisReport: Wettbewerbs- und Immaterialgüterrecht*, 1/2018, Anm. 5. Online verfügbar unter <http://landesrecht.sachsen-anhalt.de/jportal/prev/jpr-NLWR000000518>

Ernst, Stefan: Zur Erhebung personenbezogener Daten in Papierform („Jehovan todistajat“). Anmerkung zu RL 95/46/EG Art. 2 lit. c, d, Art. 3; EuGRC Art. 10 Abs. 1. Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht: EWIR (16), S. 493-494. Köln: RWS Verlag. Online verfügbar unter <https://www.ewir-online.de/heft-16-2018/ewir-2018-493-zur-erhebung-personenbezogener-daten-in-papierform-jehovan-todistajat/>

Fischer, Rainer: Wachsen mit weniger Working Capital. In: *Industrieanzeiger* (13.18), S. 24–25. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-33253>

Friedel, Andreas: Qualität hat einen genauen Wert - Wie Qualitätsentscheidungen an Ihrem Wertbeitrag gemessen werden. In: *Qualität und Zuverlässigkeit: QZ Jahrgang 63 (2018) (11)*, S. 42–45. Online verfügbar unter <https://www.qz-online.de/qz-zeitschrift/archiv/artikel/wie-qualitaetsentscheidungen-an-ihrem-wertbeitrag-gemessen-werden-6134818.html>

Klasen, Andreas; Bärli, Mathias: ECAs im Wettbewerb. Benchmarking staatlicher Exportförderinstrumente. In: *ICC Germany-Magazin* 2018 (7), S. 18–20. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bsz:ofb1-opus4-31942>

Köbler, Jürgen; Fischer, Tobias: Lean-Management und Industrie 4.0. Warum Lean-Management eine solide Grundlage für die vierte industrielle Revolution darstellt. In: *Industrie-Management* (6), S. 53–55. Online verfügbar unter https://www.wiso-net.de/document/IM__47240D2AAEE1CD88E-8A4028CF4738777

Künzel, Larissa; Brecht, Michael; Hagen, Tobias: SAP S/4HANA - Funktionscheck im Bereich des Produktionscontrollings. In: *ERP Management* 34 (3), S. 41–44. DOI: 10.30844/ERP18-3_41-44

Otte, Andreas: Smart neuroprosthetics becoming smarter, but not for everyone? In: *EclinicalMedicine* 1 (2+3), S. 11–12. DOI: 10.1016/j.eclinm.2018.08.005

Rjelka, Marek; Pupyrev, Pavel Dmitrievich; Köhler, Bernd; Mayer, Andreas: Nonlinear effects of micro-cracks on acoustic surface and wedge waves. In: *Low temperature physics: an English translation of the journal, Fizika Nizkikh Temperatur* 44 (7), S. 744–750. DOI: 10.1063/1.5041442

Sikora, Axel: Intelligente Systeme für die Embedded-Welt. In: *Design & Elektronik: Know-How für Entwickler* (13/2018), S. 8–9. Online verfügbar unter <https://www.elektroniknet.de/design-elektronik/embedded/intelligente-systeme-fuer-die-embedded-welt-160546.html>

Sikora, Axel: IoT-Plattformen: Qual der Wahl für den Segen mit Einschränkungen. In: *Design & Elektronik: Know-How für Entwickler* (12/2018), S. 8–9. Online verfügbar unter <https://www.elektroniknet.de/design-elektronik/industrial-internet-industrie-4/iot-plattformen-qual-der-wahl-fuer-den-segen-mit-einschraenkungen-160342.html>

Sikora, Axel: LPWA-Netzwerke – Lückenfüller, Enabler, Konkurrenz (Gastkommentar). In: *Elektronik: Fachmedium für industrielle Anwender und Entwickler* (1/2018), S. 33. Online verfügbar unter <https://www.elektroniknet.de/elektronik/kommunikation/lpwa-netzwerke-lueckenfueller-enabler-konkurrenz-149178.html>

Sikora, Axel: Sicherheit für das Internet der Dinge. In: *Mittelstand-Digital: Wissenschaft trifft Praxis* (10), S. 26–31. Online verfügbar unter <https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/Wissenschaft-trifft-Praxis/magazin-wissenschaft-trifft-praxis-ausgabe-10.html>

Sikora, Axel; Nguyen, Minh Phuong: emb::6 spricht Bluetooth Low Energy. In: *Elektronik: Fachmedium für industrielle Anwender und Entwickler* (9/2018), S. 34–39. Online verfügbar unter <https://www.elektroniknet.de/elektronik/kommunikation/emb-6-spricht-bluetooth-low-energy-154194.html>

Sikora, Axel; Schappacher, Manuel; Bruder, Johannes: Notation für Testumgebung und Testplattform. In: *Elektronik: Fachmedium für industrielle Anwender und Entwickler* (10/2018), S. 20–24

Zawalich, Kamil; Nasdala, Lutz; Müller, Matthias: Umformprozess virtuell analysiert. In: *Konstruktionspraxis* 2, S. 24–25. Online verfügbar unter <https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/umformprozess-virtuell-analysiert-a-687612/>

*Kategorie: Buch und Buchbeiträge**Autor(en), Titel, Verlag*

Ahmad, Awais; Pasha, Muhammad Adeel; Masud, Shahid; Sikora, Axel: Design and Simulation of an Energy-Efficient Sensor Network Routing Protocol for Large-Scale Distributed Environmental Monitoring Systems. In: Vyacheslav Kharchenko, Ah-Lian Kor und Andrzej Rucinski (Hg.): Dependable IoT for Human and Industry. Modeling, Architecting, Implementation: River Publishers, S. 63–82. Online verfügbar unter https://www.riverpublishers.com/book_details.php?book_id=658

Breyer-Mayländer, Thomas (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, 292 S. Online verfügbar unter <https://opus.hs-offenburg.de/frontdoor/index/index/docId/3288>

Breyer-Mayländer, Thomas: Autonomer Mediencontent – Folgen von Roboterjournalismus, Chatbots und Co. für die Struktur des Mediensystems. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 265–285

Breyer-Mayländer, Thomas: Autonomes Arbeiten und Leben – die permanente Verfügbarkeit. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 153–167

Breyer-Mayländer, Thomas: Der Autonomiebegriff in unterschiedlichen Bereichen und Disziplinen. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 17–30

Breyer-Mayländer, Thomas: Einführung. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 15–16

Breyer-Mayländer, Thomas: Mediaplanung. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 186–203

Breyer-Mayländer, Thomas: Medienkonvergenz aus medienökonomischer Perspektive: Erlösmodelle für crossmediale Medien. In: Kim Otto und Andreas Köhler (Hg.): Crossmedialität im Journalismus und in der Unternehmenskommunikation. Wiesbaden: Springer VS, S. 63–91. Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/medienkonvergenz-aus-medienoekonomischer-perspektive-erloesmodel/15890260>

Breyer-Mayländer, Thomas: Professionelle Schulwerbung – Die konsequente Abstimmung von Kreation und Mediaplanung. In: Gerhard Regenthal und Jan Schütte (Hg.): Öffentlichkeitsarbeit macht Schule. Ein praxisorientiertes Handbuch zur Umsetzung von PR an Schulen (Loseblatt-Sammlung). Neuwied: Wolters Kluwer, S. 27–37

Breyer-Mayländer, Thomas: Social Media und Data Analytics im gesellschaftlichen Kontext. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 15–35

Casner, Didier; Livotov, Pavel; Mas'udah; Kely da Silva, Patricia: TRIZ-Based Approach for Process Intensification and Problem Solving in Process Engineering: Concepts and Research Agenda. In: Sebastian Koziółek, Leonid Chechurin, **Mikael Collan (Hg.):** Advances and Impacts of the Theory of Inventive Problem Solving. Springer International Publishing, S. 217–230. Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/triz-based-approach-for-process-intensification-and-problem-solv/16305420>

Drechsler, Dirk: Corporate Governance. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 77–83

Drechsler, Dirk: Digitalisierung und digitalwirtschaftliche Ökosysteme. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 20–40

Drechsler, Dirk: Digitale Sorglosigkeit - Risiken im Zeitalter der digitalen Transformation. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 31–65

Drechsler, Dirk: Predictive Analytics - Eine etwas differenziertere Betrachtung eines kritischen Themas. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 237–264

Drechsler, Dirk: Risikomanagement. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 280–292

Ernst, Stefan: Datenschutz-Grundverordnung, Kommentierung der Art. 1-4. In: Boris P. Paal und Daniel A. Pauly (Hg.): Datenschutz-Grundverordnung Bundesdatenschutzgesetz: DS-GVO BDSG. 2. Aufl. München: C.H.Beck, S. 897–906

Ernst, Stefan: Herausforderungen autonomer Systeme an das Recht. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 131–150

Ernst, Stefan: Wettbewerbsrechtliche Anspruchsberechtigung. In: Willi Erdmann, Sabine Rojahn und Olaf Sosniza (Hg.): Handbuch des Fachanwalts Gewerblicher Rechtsschutz. 3. Aufl. Köln: Carl Heymanns, S. 1087–1093

Fetzer, Daniel: Autonomie in parasitären Verhältnissen: Überlegungen zum Segment-Ich anhand fünf eigener Projekte künstlerischer Forschung. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 81–122

Gast, Oliver; Miclau, Christina; Müller, Andrea: E-Commerce – Potenziale zur Optimierung des virtuellen Einkaufserlebnisses. In: Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 123–140

Gast, Oliver; Miclau, Christina; Müller, Andrea: Wenn der Kunde auf Reisen geht: Die kanalübergreifende Customer Journey inszenieren. In: Frank Keuper, Marc Schomann, Linda Isabell Sikora und Rimon Wassef (Hg.): Disruption und Transformation Management. Digital Leadership – Digitales Mindset – Digitale Strategie. Wiesbaden: SpringerGabler, S. 381–403

Gast, Oliver; Müller, Andrea: Entscheidungsfindung: Die Rolle der Kundenemotionen – Was Mimik über Emotion und Entscheidung verrät. In: Frank Keuper, Marc Schomann und Linda Isabell Sikora (Hg.): Homo Connectus – Einblicke in die Post-Solo-Ära des Kunden. Wiesbaden: SpringerGabler, S. 141–159

Gücker, Robert: Aspekte der Motivation. In: Stefan Bornemann und Olaf Axel Burow (Hg.): Das große Handbuch Unterricht & Erziehung in der Schule. Köln: Carl Link, S. 138–151

Gücker, Robert (Hg.): Hochschullehrende als Reflective Practitioner. Praxis und Reflexion. Hamburg: Dr. Kovac, 180 Seiten (Studien zur Berufspädagogik, 59)

Gücker, Robert: Die Denkfigur des Reflective Practitioner. In: Robert Gücker (Hg.): Hochschullehrende als Reflective Practitioner. Praxis und Reflexion. Hamburg: Dr. Kovac (Studien zur Berufspädagogik, 59), S. 11–24

Gücker, Robert: Erforschung medienpädagogischer Praxis. In: Robert Gücker (Hg.): Hochschullehrende als Reflective Practitioner. Praxis und Reflexion. Hamburg: Dr. Kovac (Studien zur Berufspädagogik, 59), S. 99–120

Gücker, Robert: Reflection on Action: Werkzeuge und Methoden. In: Robert Gücker (Hg.): Hochschullehrende als Reflective Practitioner. Praxis und Reflexion. Hamburg: Dr. Kovac (Studien zur Berufspädagogik, 59), S. 165–174

Korn, Oliver: Autonomie beim Einsatz kontextbewusster Systeme: Der Weg zum Emotionsbewusstsein. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 203–214

Lankau, Ralf: Das schöpferische Ich an Touchscreen und Tastatur? oder: Autonomie im Kontext von Kreation und Gestaltung im digitalen Umfeld. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 189–197

Lankau, Ralf: Vom Unterrichten zum Bildungscontrolling oder: Über die Blindheit gegenüber den Zielen der „Digitalisierung von Schulen“. In: Alfred Schirlbauer, Heribert Schopf und Gordan Varelija (Hg.): Zeitgemäße Pädagogik. Verlust und Wiedergewinnung der „einheimischen Begriffe“. Wien: Löcker, S. 250–269

Lehnen, Marc; Graumann, Matthias: Qualität der Synergieprognosen bei Unternehmensübernahmen. In: Reinhard Meckl (Hg.): Jahrbuch des Unternehmenskaufs 2018: Entwicklungen - Strategien - Erfolgsfaktoren. Düsseldorf: Handelsblatt Fachmedien GmbH, S. 231–236

Livotov, Pavel; Casner, Didier; Houssin, Rémy; Renaud, Jean: Problem definition and identification of contradictions in the interdisciplinary areas of mechatronic engineering. In: Sebastian Koziółek, Leonid Chechurin, Mikael Collan (Hg.): Advances and Impacts of the Theory of Inventive Problem Solving. Springer International Publishing, S. 231–241. Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/problem-definition-and-identification-of-contradictions-in-the-i/16305422>

Livotov, Pavel; Chandra Sekaran, Arun Prasad; Law, Richard; Mas'udah; Reay, David: Systematic Innovation in Process Engineering: Linking TRIZ and Process Intensification. In: Sebastian Koziółek, Leonid Chechurin, Mikael Collan (Hg.): Advances in Systematic Creativity. Cham: Palgrave Macmillan, S. 27–44. Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-78075-7_3

Livotov, Pavel; Mas'udah; Chandra Sekaran, Arun Prasad: On the Efficiency of TRIZ Application for Process Intensification in Process Engineering. In: Sebastian Koziółek, Leonid Chechurin, Mikael Collan (Hg.): Automated Invention for Smart Industries. Springer International Publishing, S. 126–140. Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/on-the-efficiency-of-triz-application-for-process-intensificatio/16207148>

Livotov, Pavel; Mas'udah; Sarsenova, Arailym; Chandra Sekaran, Arun Prasad: Identification of Secondary Problems of New Technologies in Process Engineering by Patent Analysis. In: Sebastian Koziółek, Leonid Chechurin, Mikael Collan (Hg.): Advances in Systematic Creativity. Cham: Palgrave

Macmillan, S. 151–166. Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-78075-7_10

Müller, Andrea; Korn, Oliver; Miclau, Christina; Anke, Selina; Herrmann, Sabrina; Katz, Pia et al.: Measuring the Influence of User Experience on Banking Customers' Trust. In: HCI in Business, Government, and Organizations. HCIBGO 2018. Lecture Notes in Computer Science, Bd. 10923. Cham: Springer, S. 382–395. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Oliver_Korn/publication/325560475_Measuring_the_Influence_of_User_Experience_on_Banking_Customers%27_Trust/links/5b23d52c458515270fd0da07/Measuring-the-Influence-of-User-Experience-on-Banking-Customers-Trust.pdf

Pupyrev, Pavel Dmitrievich; Lomonosov, Alexey M.; Sokolova, Elena; Kovalev, Alexander; Mayer, Andreas: Nonlinear Acoustic Wedge Waves. In: Holm Altenbach, Joël Pouget, Martine Rousseau, Bernard Collet und Thomas Michelitsch (Hg.): Generalized Models and Non-classical Approaches in Complex Materials 2 (Advanced Structured Materials: STRUCTMAT), Bd. 90. Cham: Springer, S. 161–184

Rohbock, Ute; Speck, Franziska: Social Media im Marketing-Mix der Versicherungsbranche. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 141–175

Sänger, Volker: Autonome Systeme im Consumerbereich - Was bedeutet die Autonomie technischer Systeme für den Kunden. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. 1. Aufl. Baden-Baden: Nomos, S. 165–177

Schäfer, Oliver: Neue Nutzungsarten als Herausforderung im Lizenzgeschäft. In: Handbuch der Musikwirtschaft. München: C.H. Beck, S. 619–638

Schappacher, Manuel; Yushev, Artem; Moni, Mansour; Sikora, Axel: Virtualization of Embedded Nodes for Network System Characterization in IoT Applications. In: Vyacheslav Kharchenko, Ah-Lian Kor und Andrzej Rucinski (Hg.): Dependable IoT for Human and Industry. Modeling, Architecting, Implementation: River Publishers, S. 221–240. Online verfügbar unter https://www.riverpublishers.com/book_details.php?book_id=658

Seyfriedt, Thilo: Aktualisierung von 157 Definitionen. In: Gabler Wirtschaftslexikon. 19. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, diverse-diverse. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/>

Weber, Jörg-Andreas: Kreditsicherungsrecht. 10. Aufl. München: C.H.Beck, XVIII, 306 Seiten (JuS-Schriftenreihe / Studium, 13)

Weber, Jörg-Andreas; Wilke, Kay-Michael: Lehrbuch Internationales Steuerrecht. 14. Aufl. Herne: nwb, XXI, 432 S.

Zenner, Erik: Autonomieeffekte von Kryptowährungen und Smart Contracts. In: Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie - Reflexionen zum digitalen Wandel. Baden-Baden: Nomos, S. 183–192

Zerres, Christopher (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon, 216 Seiten. Online verfügbar unter <https://bookboon.com/de/handbuch-marketing-methodik-band-1-ebook>.

Baumgärtner, Regina; Zerres, Christopher; Zerres, Michael: Morphologische Kreativitätstechniken. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 85–87

- Hempel, Annette; Zerres, Christopher:** Nachhaltiges Marketing. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 68–76
- Kutz, Oliver; Zerres, Christopher:** ABC-Analyse und Wertketten-Analyse. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 88–94
- Seifert, Matthias; Zerres, Christopher:** Entscheidungstechniken. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 147–178
- Wolf, Enno; Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** Delphi-Technik. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 111–119
- Wolf, Enno; Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** Szenario-Technik. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon (1), S. 95–110
- Zerres, Christopher:** Benchmarking. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 141–146
- Zerres, Christopher:** Online-Marktforschung. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 179–185
- Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** Portfolio-Analyse. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 133–140
- Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** SWOT-Analyse. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 1. Einführung und Planung. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 120–132
- Zerres, Christopher (Hg.):** Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, 366 S.. Online verfügbar unter <https://bookboon.com/de/handbuch-marketing-methodik-band-2-ebook>
- Forsmann, Daniel; Haenecke, Henrik; Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** Erfolgsfaktorenforschung. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 83–96
- Heider, Ulrich; Zerres, Christopher:** Markenbewertung. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 256–279
- Reich, Michael; Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** Frühwarnsysteme. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 228–238
- Rose, Peter; Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** Kernkompetenz-Management. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 58–62
- Seifert, Dirk; Zerres, Christopher:** Efficient Consumer Response und CPRF. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 63–73
- Wolf, Enno; Zerres, Christopher:** Kundenbindungscontrolling. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und
- Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 243–255
- Wolf, Enno; Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** Kundenbindung. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 39–50
- Zerres, Christopher:** Einführender Überblick. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 220–227
- Zerres, Christopher:** No-Line Ansatz. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 74–82
- Zerres, Christopher:** Social CRM. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 51–57
- Zerres, Christopher; Wegener, Michael:** Electronic Multi-Channel-Controlling. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 239–242
- Zerres, Christopher; Zerres, Michael:** Business Reengineering. In: Christopher Zerres (Hg.): Handbuch Marketing-Methodik - Band 2. Implementierung, Controlling und Recht. 2. Aufl. London: Bookboon, S. 33–38
- Zerres, Christopher; Drechsler, Dirk (Hg.):** Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, 334 S.
- Drechsler, Dirk:** Big Data Governance. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 213–231
- Drechsler, Dirk:** Data Analytics und Cyber-Risikomanagement. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 232–250
- Drechsler, Dirk; Alterauge, Jacqueline; Isenmann, Lisa:** Data Analytics und Smart Cities. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 300–315
- Drechsler, Dirk; Bähr, Meike; Feurer, Miriam:** Big Data und Learning Analytics. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 251–266
- Drechsler, Dirk; Berger, Nina; Reichert, Noelle:** Data Analytics und Überwachung. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 316–334
- Drechsler, Dirk; Katz, Pia Katharina:** Data Analytics zur Anomalie-Detektion im Finanzsektor. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 282–299
- Drechsler, Dirk; Leuchtweis, Christina; Anke, Selina:** Data Analytics und Datenvisualisierung. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 267–281

Drechsler, Dirk; Mager, Julia: Social Media und Compliance-Kommunikation. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 178–194

Drechsler, Dirk; Matt, Christine; Vetterlein, Laura: Data Analytics und Industrie 4.0. In: Christopher Zerres und Dirk Drechsler (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. 1. Aufl. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 197–212

Zerres, Christopher; Drechsler, Dirk: Einleitung. In: Zerres, Christopher; Drechsler, Dirk (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 1–8

Zerres, Christopher: Social Media Controlling. In: Zerres, Christopher; Drechsler, Dirk (Hg.): Social Media Marketing und Data Analytics. Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen. Augsburg und München: Rainer Hampp Verlag, S. 149–163

Zerres, Christopher; Drechsler, Dirk; Litterst, Florian: Kennzahlen des Marketingcontrollings. In: Ronald Gleich und Jan Christoph Munck (Hg.): Die richtigen Kennzahlen optimal nutzen: Auswahl, Gestaltung, Implementierung, Praxisbeispiele. Freiburg et al.: Haufe Group, S. 95–116

Zerres, Christopher; Rahnenführer, Kai: Projektmanagement-Software als „autonomer“ Partner menschlicher Entscheidungen. Thomas Breyer-Mayländer (Hg.): Das Streben nach Autonomie – Reflexionen zum digitalen Wandel. Baden-Baden: Nomos, S. 215–236

Zerres, Thomas; Zerres, Christopher: Marketingrecht. Rechtsrahmen eines Marketingmanagements. Wiesbaden: Springer Gabler, 407 Seiten. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22159-1>

Zierep, Jürgen; Bühler, Karl: Grundzüge der Strömungslehre. Grundlagen, Statik und Dynamik der Fluide. 11. Aufl. Heidelberg: Springer, 224 Seiten

Konferenzveröffentlichungen

Autor(en), Titel, Konferenz/Verlag

Amjad, Zubair; Sikora, Axel; Hilt, Benoit; Lauffenburger, Jean-Phillippe: Latency Reduction for Narrowband LTE with Semi-Persistent Scheduling. In: Proceedings of the 4th IEEE International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS), 20–21 September 2018, Lviv, Ukraine, S. 196–198

Amjad, Zubair; Sikora, Axel; Hilt, Benoit; Lauffenburger, Jean-Phillippe: Low Latency V2X Applications and Network Requirements: Performance Evaluation. In: 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 26–30 June 2018, Changshu, China, S. 220–225

Amjad, Zubair; Sikora, Axel; Lauffenburger, Jean-Phillippe : Latency Reduction in Narrowband 4G LTE Networks. In: Proceedings of the 15th International IEEE Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS), 28–31 Aug. 2018, Lisbon, Portugal, S. 5

Bärtl, Mathias: Nutzungsmuster bei digitalen Medien. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 05. bis 09.03.2018 in Paderborn. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2018, Bd. 1. Münster: WTM-Verlag, S. 189–192. https://www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/cms/media/pdf/informationen/Inhaltsverzeichnis_BzMU_2018.pdf

Belski, Iouri; Cavallucci, Denis; Hentschel, Claudia; Hiltmann, Kai; Huber, Norbert; Koltze, Karl et al.: Sustainable Education in Inventive Problem Solving with TRIZ and Knowledge-Based Innovation at Universities. In: Automated Invention for Smart Industries. 18th International TRIZ Future Conference, TFC 2018, Strasbourg, France, October 29–31, 2018, Proceedings, S. 51–73. Online verfügbar unter https://tfc2018.fr/wp-content/uploads/2018/professional-papers/TFC2018_paper_66.pdf

Bessler, Wolfgang G.: End-of-life prediction of lithium-ion battery cells based on mechanistic ageing models of the graphite electrode. In: 15th Symposium on Modeling and Validation of Electrochemical Energy Devices (ModVal 2018, 12–13 April, Aarau, Switzerland) : Book of Abstracts. Villigen PSI: 15th Symposium on Modeling and Validation of Electrochemical Energy Devices. ModVal 2018, Electrochemistry Laboratory, Paul Scherrer Institut PSI, S. 37

Brenner, Corinna; Haber, Tobias; Härtig, Johannes; Melcherchik, Juraj; Ismer, Bruno; Haas, Nikolaus A.: Sizing of Cardiac Closure Systems Using Carto XP. In: Basic & clinical pharmacology & toxicology: BCPT. Special Issue: 2017 International Conference on Biotechnology and Bioengineering (ICBB2017), Bd. 122. Oxford: Wiley-Blackwell, S. 7–8

Cadilha Marques, Gabriel; Rasheed, Farhan; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Tahoori, Mehdi Baradaran: From silicon to printed electronics: A coherent modeling and design flow approach based on printed electrolyte gated FETs. In: Proceedings of the 23rd Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC), Jeju, KOR, Jan. 22–25, 2018, S. 658–663

da Costa Fernandes, Jesus Salazar; Schmidt, Michael; Bollin, Elmar; Ziebold, Florian; Lapp, Simone: PHOTOPUR - PV Powered Water Decontamination for Wine Growers. In: 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. Munich/Germany, S. 1957–1963. Online verfügbar unter www.eupvsec-proceedings.com

Dannberg, Gudrun; Heinke, Tobias; Kühnert, Helmut; Heinke, Mathias: Electrical Right and Left Cardiac Atrioventricular and Left Atrial Delay in Cardiac Resynchronization Therapy Responder and Non-responder with Sinus Rhythm. In: Lenka Lhotska (Hg.): World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018, IFMBE Proceedings. Singapore: Springer, S. 139–142

Daryusi, Ali: Blickbasierte Analyse einer Baugruppenzeichnung. In: Digitalisierung in der Techniklehre – ihr Beitrag zum Profil technischer Bildung. Wege zu technischer Bildung Referate der Jahrestagung 2017 IPW e.V. Siegen: Universität Siegen – UniPrint, S. 157–164

Decker, Eva: Vorlesung per Tablet. Chance zur Förderung von Aktivierung und strukturierter Ergebnissicherung bei Studienanfängern. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2018. Beiträge zur 52. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 05.–09. März 2018 in Paderborn. Münster: WTM-Verlag, S. 433–436. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-19292>

- Dongol, Deepranjan; Feldmann, Thomas; Bollin, Elmar:** A Model Predictive Control based Peak Shaving Application for a Grid Connected Household with Photovoltaic and Battery Storage. In: Proceedings of the 7th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems - Volume 1: SMARTGREENS, S. 54–63. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.5220/0006685300540063>
- Erozan, Ahmet Turan; Golanbari, Mohammad Saber; Bishnoi, Rajendra; Aghassi-Hagmann, Jasmin; Tahoori, Mehdi Baradaran:** Design and Evaluation of Physical Unclonable Function for Inorganic Printed Electronics. In: Proceedings of the 19th Symposium on Quality Electronic Design, ISQED 2018, Santa Clara, California, USA, 13th - 14th March 2018, S. 419–424
- Gartsev, Sergey; Rjelka, Marek; Köhler, Bernd; Mayer, Andreas:** Determination of the nonlinear elastic constants in a surface treated layer for aero-engine disk residual stress measurement. In: 10th International Symposium on NDT in Aerospace, 24–26 Oct. 2018, Dresden/Germany, S. 8. Online verfügbar unter <https://www.ndt-aerospace.com/portals/aerospace2018/proceedings/Fr.1.A.4.pdf>
- Gast, Oliver; Nerb, Josef; Miclau, Christina; Müller, Andrea:** Conversion-Killer in Onlineshops - Identifikation von Kundenorientierung anhand von Mimikindikatoren. In: Dialogmarketing Perspektiven 2017/2018. Tagungsband 12. wissenschaftlicher interdisziplinärer Kongress für Dialogmarketing. Wiesbaden: Springer Gabler, S. 117–132
- Gavrikov, Paul; Verboket, Pascal; Ungan, Tolgay; Müller, Markus; Lai, Matthias; Schindelhauer, Christian et al.:** Using Bluetooth Low Energy to Trigger an Ultra-Low Power FSK Wake-Up Receiver. In: 25th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems, Bordeaux, FRANCE, 9–12 Dec. 2018. Bordeaux: IEEE, S. 781–784. Online verfügbar unter <https://www.ieee-icecs2018.org/>
- Gerbaulet, Damian; Korn, Oliver:** Do Zenware Applications Reduce the Digital Distraction of Knowledge Workers? A Qualitative Study Based on Expert Interviews. In: AHFE 2017: Advances in Ergonomics in Design, Bd. 588. Cham: Springer, S. 115–126
- Giel, Dominik:** Videoclips als Musterlösungsformat. In: Helmut Groetzbeauch (Hg.): PhyDid B - Didaktik der Physik, Frühjahrstagung – Würzburg 2018, S. 81–83. Online verfügbar unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/843>
- Heinke, Matthias; Krämer, Martin:** Herzrhythmusmodell zur Simulation elektrischer und thermischer Felder bei kardialer Resynchronisationstherapie und Hochfrequenz-Ablation. 84. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie, 5. April 2018. In: Clinical Research in Cardiology, Bd. 107 Suppl 1, April 2018 – Beitrag P442. Berlin: Springer, S. 1–2
- Heinke, Matthias; Tumamos, Jonas:** Spectral Analysis of Signal Averaging Electrocardiography in Atrial and Ventricular Tachycardia Arrhythmias. In: Lenka Lhotska (Hg.): World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018, IFMBE Proceedings, Bd. 2. Singapore: Springer, S. 143–147
- Hense, Jürgen; Otte, Andreas; Hoppe, Harald:** Challenging Brain Computer Interfaces with a Modularized Real Time Software Framework. In: Basic & clinical pharmacology & toxicology : BCPT. Special Issue: 2017 International Conference on Biotechnology and Bioengineering (ICBB2017), Bd. 122. Oxford: Wiley-Blackwell, S. 9–10
- Hensel, Stefan; Marinov, Marin B.:** Comparison of Algorithms for Short-term Cloud Coverage Prediction. In: 2018 IX National Conference with International Participation (ELECTRONICA), S. 70–73
- Hensel, Stefan; Marinov, Marin B.; Schwarz, Raphael:** Fisheye Camera Calibration and Distortion Correction for Ground Based Sky Imagery. In: 2018 IEEE XXVII International Scientific Conference Electronics - ET, S. 1–4
- Hensel, Stefan; Marinov, Marin B.; Schwarz, Raphael; Ganev, Borislav:** Algorithms for cloud segmentation with ground-based camera images. In: 2018 Seventh Balkan Conference on Lighting (BalkanLight), S. 148–153
- Himmelsbach, Urban; Wendt, Thomas; Lai, Matthias:** Towards Safe Speed and Separation Monitoring in Human-Robot Collaboration with 3D-Time-of-Flight Cameras. In: 2018 Second IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). Laguna Hills: IEEE, S. 197–200
- Isele, Dietmar; Rappenecker, Klaus; Junkers, Patrick:** Prozesssicheres Verschrauben von Schraubenverbindungen mit Lackschichten im Kraftfluss. In: Thorsten Schmidt (Hg.): 26. Kranfachtagung - Krane im Fokus von Ressourcenschonung und Energieeffizienz, Dresden 2018. Dresden: Selbstverlag der Technischen Universität Dresden, S. 71–80
- Ismer, Bruno; Brudschke, Markus; Härtig, Johannes; Melichercik, Juraj:** AV Delay Optimization in Cardiac Resynchronization Using Surface ECG – Proposal from Measurements By Esophageal Left Atrial Electrogram. In: Basic & clinical pharmacology & toxicology : BCPT. Special Issue: 2017 International Conference on Biotechnology and Bioengineering (ICBB2017) 122 (Suppl. 1), S. 7. DOI: 10.1111/bcpt.12952
- Jilg, Andreas; Seifert, Thomas:** A temperature dependent cyclic plasticity model for hot work tool steel including particle coarsening. In: AIP Conference Proceedings, Bd. 1960: American Institute of Physics, 170007-1-170007-6
- Junk, Stefan:** Implementation of interdisciplinary student teams in design education for additive manufacturing. In: Proceedings of 7th International Conference on Additive Technologies, Oct. 10–11, Maribor, Slovenia, S. 126–130. Online verfügbar unter <https://www.icat.si/icat2018/icat2018proceedings.pdf>
- Junk, Stefan; Eble, Nico:** Influence of Post-Processing on the Component Quality in 3D-Multi-Material-Printing. In: Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC 2018. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 1–6
- Junk, Stefan; Hangst, Nikolai:** Einsatz von 3D-Multimaterialdruck zur schnellen Herstellung von multifunktionalen Mensch-Roboter-Kollaborations-Greifsystemen. In: Fachtagung „Werkstoffe und Additive Fertigung“ der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde, 25.-26.04.2018, Potsdam: Tagungsband. Sankt Augustin, S. 1–6
- Junk, Stefan; Spannauer, Dennis:** Use of Cloud-Based Computer Aided Design Software in Design Education. In: 2018 17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET): IEEE Explore, S. 1–6
- Korn, Oliver; Bieber, Gerald; Fron, Christian:** Perspectives on Social Robots: From the Historic Background to an Experts' View on Future Developments. In: Proceedings of the 11th Pervasive Technologies Related to Assistive Environments Conference. New York: ACM, S. 186–193. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/326009520_Perspectives_on_Social_Robots_From_the_Historic_Background_to_an_Experts%27_View_on_Future_Developments

Korn, Oliver; Brenner, Florian; Börsig, Julian; Lalli, Fabio; Mattmüller, Maik; Müller, Andrea: Defining Recruitment: A Model and a Survey on the Gamification of Recruiting and Human Resources. In: AHFE 2017: Advances in Ergonomics in Design, Bd. 601. Cham: Springer, S. 37–49

Korn, Oliver; Buchweitz, Lea; Rees, Adrian; Bieber, Gerald; Werner, Christian; Hauer, Klaus: Using Augmented Reality and Gamification to Empower Rehabilitation Activities and Elderly Persons. A Study Applying Design Thinking. In: AHFE 2017: Advances in Ergonomics in Design, Bd. 787. Cham: Springer, S. 219–229

Korn, Oliver; Holt, Raymond; Kontopoulos, Efstratios; Kappers, Astrid; Persson, Nils-Krister; Olson, Nasrine: Empowering Persons with Deafblindness: Designing an Intelligent Assistive Wearable in the SUITCEYES Project. In: Proceedings of the 11th Pervasive Technologies Related to Assistive Environments Conference. New York: ACM, S. 545–551. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/324442279_Empowering_Persons_with_Deafblindness_Designing_an_Intelligent_Assistive_Wearable_in_the_SUITCEYES_Project

Kupper, Christian; Bessler, Wolfgang G.: Modelling detailed chemistry in lithium-ion batteries: Insight into performance, ageing and safety. In: 6th European Conference on Computational Mechanics (ECCM 6) – 7th European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECFD 7), 11–15 June 2018, Glasgow, UK. Glasgow: ECCM – ECFD 2018, S. 1

Kupper, Christian; Spitznagel, Svenja; Döring, Harry; Danzer, Michael A.; Gutierrez, César; Kvasha, Andriy; Bessler, Wolfgang G.: High-temperature behavior of a lithium-ion LFP/graphite cell: Simulative and experimental investigation of DSC, ARC and short circuit. In: 15th Symposium on Modeling and Validation of Electrochemical Energy Devices (ModVal 2018, 12–13 April, Aarau, Switzerland) : Book of Abstracts. Villigen PSI: 15th Symposium on Modeling and Validation of Electrochemical Energy Devices. ModVal 2018, Electrochemistry Laboratory, Paul Scherrer Institut PSI, S. 123

Livotov, Pavel: Competitive capability assessment of industrial companies within the framework of advanced innovation design approach. In: Dorian Marjanović und Storga Mario (Hg.): DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference, May, 21–24, Dubrovnik, Croatia: Design Society, S. 1903–1914. Online verfügbar unter <https://www.designsociety.org/publication/40422/DS+92%3A+Proceedings+of+the+DESIGN+2018+15th+International+Design+Conference>

Livotov, Pavel: Enhancing Innovation and Entrepreneurial Competences of Engineering Students through a Systematic Cross-Industry Innovation Learning Course. In: Proceedings of the 29th Annual Conference of the Australasian Association for Engineering Education (AAEE 2018), Hamilton, NZ, 09–12.12.2018. Hamilton: Waikato University, S. 1–7. Online verfügbar unter https://s3-us-west-2.amazonaws.com/18aaee/proceedings/AAEE18_Livotov_6.pdf

Livotov, Pavel; Chandra Sekaran, Arun Prasad; Mas'udah; Sarsenova, Arailym; Sayyareh, Shahin: Environmental Problems and Inventive Solution Principles in Process Engineering. In: Automated Invention for Smart Industries. 18th International TRIZ Future Conference, TFC 2018, Strasbourg, France, October 29–31, 2018, Proceedings, S. 27–36. Online verfügbar unter https://tfc2018.fr/wp-content/uploads/2018/professional-papers/TFC2018_paper_57.pdf

Mackensen, Elke; Le, Vy: Stand der Technik von Powermanagement-ASICs für gedruckte Energy Harvester. In: Lothar Schmidt (Hg.): Tagungsband zum Workshop der Multiprojekt-Chip-Gruppe Baden-Württemberg, Feb. 2018, Offenburg, Bd. 59. Ulm, S. 73–78. Online verfügbar unter <http://www.mpc-gruppe.de/de/workshopbaende.html>

Mackensen, Elke; Werner, Artur; Moser, Patrick: Implementierung von Softcore-Prozessoren und/oder weiteren IPs (Intellectual Property) in FPGAs. In: Lothar Schmidt (Hg.): Tagungsband zum Workshop der Multiprojekt-Chip-Gruppe Baden-Württemberg, Feb. 2018, Offenburg, Bd. 58. Ulm, S. 19–26. Online verfügbar unter <http://www.mpc-gruppe.de/de/workshopbaende.html>

Mandal, Avikarsha; Armknecht, Frederik; Zenner, Erik: Privacy-preserving Distributed Economic Dispatch Protocol for Smart Grid. In: Nils Gruschka (Hg.): Secure IT Systems. Proceedings of the 23rd Nordic Conference (NordSec 2018), Nov. 28–30, Oslo, Norway (Lecture Notes in Computer Science), Bd. 11252. Cham: Springer, S. 3–18

Mangelsdorf, Marion; Mikoleit, Ronja; Schmitz, Sigrid; Fetzer, Daniel: Gendering Marteloscope - Digitalisierung von Gender-Wissen im MINT-Bereich. Gendering marteloscopes: digitalization of gender-knowledge in STEM. In: Proceedings of 4th Gender&IT conference, Heilbronn, Germany (GenderIT'18). New York: ACM, S. 225–227. Online verfügbar unter <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3196873>

Mayur, Manik; Grübl, Daniel; Kottam, Pranay Kumar Reddy; Marinaro, Mario; Bessler, Wolfgang G.: Influence of electrolyte and cell design on the performance of a Li-air button cell: a multi-step kinetics and 2D transport model. In: The 19th Int. Meeting on Lithium Batteries (IMLB 2018), 7–22 June, Kyoto, Japan, S. 1. Online verfügbar unter <http://www.imlb2018.org/04.html>

Moschevkin, Alex; Sikora, Axel: ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАНТОВ DAAD ДЛЯ РАЗВИТИЯ БИЗНЕСА, НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ. In: Цифровые технологии в образовании, науке, обществе : материалы конференции, Петрозаводск, 4–6 декабря 2018: 12th All-Russian scientific-practical Conference: „Digital Technology in Education, Research, and Society“, 4th–6th Dec. 2018, Petrozavodsk, Russia. Petrozavodsk, S. 172–175

Müller, Thomas; Walz, Andreas; Kiefer, Michael; Doran, Hans Dermot; Sikora, Axel: Challenges and prospects of communication security in real-time ethernet automation systems. In: Proceedings 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS), Imperia, Italy, 2018, S. 9

Naeem, Aqsa; Hassan, Naveed Ul; Pasha, Muhammad Adeel; Yuen, Chau; Sikora, Axel: Performance Analysis of TDOA-based Indoor Positioning Systems using Visible LED Lights. In: Proceedings of the 4th IEEE International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAA-CS-SWS), 20–21 September 2018, Lviv, Ukraine, S. 103–107

Navarro, Monica; Kosmatos, Evangelos; Gregoratti, David; Pastore, Adriano; Pfletschinger, Stephan; Demestichas, Panagiotis: PLNC Decoding: Enabler for Massive MTC in 5G Networks. In: 15th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS, 28–31 August 2018 Lisbon, Portugal: IEEE, S. 433–438. Online verfügbar unter <https://ieeexplore.ieee.org/document/8491212>

- Ortega Clavero, Valentin; Solano, Jose Luis; Silla, Ramakrishna Sai; Schröder, Werner; Schüssele, Lothar:** A 2D-Method For Acquiring The Radiation Pattern Of Two-Identical Vivaldi Antennas By Using A Stepped-Frequency Continue Wave (SFCW) Radar And A Rotation Stage. In: 15th European Radar Conference (EuRAD), Madrid, Spain 26–28 Sept. 2018. Piscataway: IEEE, S. 453–456
- Pfletschinger, Stephan; Navarro, Monica:** Non-Orthogonal Multiple Access for Vehicular Communication. In: 15th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS, 28–31 Aug. 2018 Lisbon, Portugal: IEEE, S. 1–5
- Quarti, Michael; Carelli, Serena; Mayur, Manik; Yagci, Mehmet C.; Bessler, Wolfgang G.:** Lithium-ion pouch cell with LCO/NCA cathode: Development and experimental validation of a P3D model with blend electrodes. In: 15th Symposium on Modeling and Validation of Electrochemical Energy Devices (ModVal 2018, 12–13 April, Aarau, Switzerland) : Book of Abstracts. Villigen PSI: 15th Symposium on Modeling and Validation of Electrochemical Energy Devices. ModVal 2018, Electrochemistry Laboratory, Paul Scherrer Institut PSI, S. 128
- Quarti, Michael; Carelli, Serena; Mayur, Manik; Yagci, Mehmet C.; Bessler, Wolfgang G.:** Model development and validation of a lithium-ion pouch cell with LCO/NCA blend cathode. In: The 19th International Meeting on Lithium Batteries (IMLB 2018), 7–22 June, Kyoto, Japan, S. 1. Online verfügbar unter <http://www.imlb2018.org/04.html>
- Reginya, Sergey; Nikolaenko, Vladislav; Voronov, Roman; Soloviev, Alexei; Sikora, Axel; Moschevikin, Alex:** MEMS Sensors Bias Thermal Profiles Classification Using Machine Learning. In: Proceedings of the First International Workshop on Stochastic Modeling and Applied Research of Technology, 21-25 September 2018, Petrozavodsk, Russia (CEUR workshop proceedings), Bd. 2278. Aachen: RWTH, S. 17–28. Online verfügbar unter <http://ceur-ws.org/Vol-2278/>
- Sawant, Parantapa; Pfafferoth, Jens; Felsmann, Clemens:** Quasi-First-Principle Based Grey-Box Modelling of Microscale Trigeneration Systems for Application in Automatic Control. In: 10th IFAC Symposium on Control of Power and Energy Systems CPES, Tokyo, Japan, Sept. 4–6, 2018 IFAC-PapersOnLine, Bd. 51, S. 690–695
- Schaad, Andreas; Grohmann, Björn; Winzenried, Oliver; Brasser, Ferdinand; Sadeghi, Ahmad:** Towards a Cloud-based System for Software Protection and Licensing. In: Proceedings of the 15th Int. Joint Conference on e-Business and Telecommunications. Volume 1: SECRYPT, Bd. 1, S. 698–702
- Schulz, Annika Sabrina; Schulz, Franziska; Gouveia, Ruben; Korn, Oliver:** Branded Gamification in Technical Education. In: 10th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games), S. 1–8. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/328371476_Branded_Gamification_in_Technical_Education
- Strzeletz, Simon; Hazubski, Simon; Moctezuma, José-Luis; Hoppe, Harald:** Peer-to-Peer-Navigation in der computerassistierten Chirurgie. In: Thomas Neumuth, Andreas Melzer und Claire Chalopin (Hg.): Tagungsband der 17. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie (CURAC) 2018, 13.-15. September, Leipzig, S. 119–124. Online verfügbar unter <https://www.curac.org/images/advportfoliopro/images/CURAC2018/CURAC%202018%20Tagungsband.pdf>
- Trahasch, Stephan; Lauer, Tobias; Zibello, Ruth:** A Data Clustering Approach for Automated Optical Inspection of Metal Work Pieces. In: ALLDATA 2018, The Fourth International Conference on Big Data, Small Data, Linked Data and Open Data, S. 64–68
- Trahasch, Stephan; Prinzbach, Jürgen:** Predictive Analytics in Utility Vehicle Maintenance. In: DATA ANALYTICS 2018, The Seventh International Conference on Data Analytics, S. 97–102
- Walz, Andreas; Harris, Muhammad; Sikora, Axel:** Investigating and Optimising the DTLS Handshake over Wireless Links with High Error Rate and Low Data Rate. In: Proceedings of the 4th IEEE International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDACS-SWS), 20-21 Sept. 2018, Lviv, Ukraine, S. 175–178
- Walz, Andreas; Sikora, Axel:** Maximizing and Leveraging Behavioral Discrepancies in TLS Implementations using Response-Guided Differential Fuzzing. In: Proceedings of the 52nd IEEE International Camahan Conference on Security Technology (ICCST 2018), 22-25 Oct. 2018, Montréal, Canada, S. 5
- Wendt, Thomas; Hangst, Nikolai; Gawron, Philipp; Junk, Stefan:** 3D-Druck von leitfähigen Materialien bei gedruckter Sensorik in intelligenten und multifunktional aufgebauten Mensch-Roboter-Kollaborations-Greifsystemen. In: Sensoren und Messsysteme : Beiträge der 19. ITG/GMA-Fachtagung 26.–27. Juni 2018 in Nürnberg. Berlin, Nürnberg: VDE-Verlag, S. 135–138. Online verfügbar unter <https://www.vde-verlag.de/buecher/454683/itg-fb-281-sensoren-und-messsysteme-2018.html>
- Wozniak, Peter; Curticaean, Dan; Capobianco, Antonio; Javahiry, Nicolas:** Towards Unobtrusive Obstacle Detection and Notification for Virtual Reality Using Metaphors. In: SUI ,18 Proceedings of the Symposium on Spatial User Interaction, Berlin, Germany— October 13–14, 2018. New York: ACM, S. 188
- Wozniak, Peter; Curticaean, Dan; Capobianco, Antonio; Javahiry, Nicolas:** Towards Unobtrusive Obstacle Detection and Notification for VR. In: VRST ,18 - Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Tokyo, Japan Nov.28–Dec.01 2018. New York: ACM, 126:1–126:2
- Yagci, Mehmet C.; Bessler, Wolfgang G.; Feldmann, Thomas; Bollin, Elmar:** Cell lifetime diagnostics and system behavior of stationary LFP/graphite lithium-ion batteries. In: The 19th Int.Meeting on Lithium Batteries (IMLB 2018), 7–22 June, Kyoto, Japan, S. 1. Online verfügbar unter <http://www.imlb2018.org/04.html>
- Yushev, Artem; Barghash, Mohammed; Nguyen, Minh Phuong; Walz, Andreas; Sikora, Axel:** TLS-over-CAN: An Experimental Study of Internet-Grade End-to-End Communication Security for CAN Networks. In: IFAC-PapersOnLine. 15th IFAC Conference on Programmable Devices and Embedded Systems PDeS 2018: Ostrava, Czech Republic, 23–25 May 2018 51 (6), S. 96–101. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.07.136
- Zimmermann, Lukas; Scholz, Alexander; Sikora, Axel; Ag-hassi-Hagmann, Jasmin:** A hybrid system architecture for the readout of a printed physical unclonable function. In: 2018 Int. Conference on Electronics Technology (ICET), Chengdu, China, May 23-27, 2018. Piscataway: IEEE, S. 11–14

Promotionen 2018

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*

Bordini, Rogério Augusto: UThe Role of Sound in Gamification. An Experimental Approach, HSO Prof. Dr. phil. Oliver Korn, *Helmut-Schmidt-Universität/Uni. d. Bundeswehr Hamburg – Prof. Dr. Philipp Yorck Herzberg*

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*

Elayanithottathil, Jubin Sebastian: Seamless and unified test environment for spatially distributed wireless networks, HSO Dr.-Ing. Axel Sikora, *Technische Universität Clausthal – Prof. Dr. Andreas Rausch*

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

Fischer, Carl: Einfluss der thermischen Belastungsgeschichte auf das Risswachstum, das Riss schließen und die Lebensdauer von Aluminium- und Nickelbasisgusslegierungen, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg – Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. mult. Holm Altenbach*

Gawron, Philipp: Additiv hergestellte Energy Harvester, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

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*

Hangst, Nikolai: 3D-gedruckte Sensorik in Mensch-Roboter-Kollaborations-Greifsystemen, HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. Leonhard Reindl*

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*

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 Tzscheulin*

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*

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 Energy Harvesting-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*

Messner, Ulrich: Entwicklung und Validierung neuer Optimalitätskriterien bei der bionischen Topologieoptimierung durchströmter Bauteile, Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kachel, Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich, *Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Prof. Dr. rer. nat. Britta Nestler*

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*

Nugroho, Saptadi: Fast Gossiping Algorithm using Time-to-Live Mechanism in Dynamic Network, HSO Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Prof. Dr. 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*

Schallwig, Cäcilia: Partizipationsorientiertes Planungs- und Kommunikationsmanagement von Geothermieprojekten auf Basis der Richtlinie VDI 7000, HSO Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer, Prof. Dr. rer. nat. Detlev Doherr, *Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Prof. Dr. Philipp Blum*

Schilli, Simon: Numerische Untersuchung zur Verfestigung in Ein- und Polykristallen bei zyklischer Belastung (Bauschinger Effekt), HSO Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg – Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. mult. Holm Altenbach*

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 Aghasi-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*

Stopfkuchen, Michael: A modular an cutting-edge government suppoert framework for SMEs' internationalisation, HSO Prof. Dr. Andreas Klasen, *PNorthumbria University, Newcastle Business School, GB – Prof. Dr. Rose Quan, Principal Lecturer*

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 Rocktock – Prof. Dr. Dirk Timmermann*

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 2018

Jansen, Dirk; Spangenberg, Bernd; Kaiser, Bernd: Vorrichtung zur Analyse von Urin (EP000003213069B1). Patenterteilung am 12.12.2018

Schröder, Werner: Method and apparatus for determining properties of a pipeline, in particular the position of a branch of a sewage pipeline (US000010094659B2). Patenterteilung am 09.10.2018

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

Affective and Cognitive Institute [ACI]

Prof. Dr. phil. Oliver Korn

Institutsleitung
E-Mail: oliver.korn@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4690
<https://affective-lab.org/de>

Institute for Trade and Innovation [IFTI]

Prof. Dr. Andreas Klasen

Institutsleitung
E-Mail: andreas.klasen@hs-offenburg.de

Prof. Dr. Philipp Eudelle
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: philipp.eudelle@hs-offenburg.de

Telefon: +49 7803 9698-4433
<https://ifti.hs-offenburg.de>

Institute for Machine Learning and Analytics [IMLA]

Prof. Dr. rer. nat. Stephan Trahasch

Institutsleitung
E-Mail: stephan.trahasch@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Tobias Hagen
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: tobias.hagen@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4630
<https://imla.hs-offenburg.de/>

Institut für nachhaltige Silikatforschung Offenburg [NaSiO]

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

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

Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kohler
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: dietmar.kohler@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-101

Institut für Energiesystemtechnik [INES]

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

Institutsleitung
E-Mail: wolfgang.bessler@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: schmidt@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4779
<https://www.ines.hs-offenburg.de>

Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

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

Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: joerg.ettrich@hs-offenburg.de

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

Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik [ivESK]

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora

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

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

Telefon: +49 781 205-416
<https://ivesk.hs-offenburg.de>

Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation [POI]

Tobias Haber

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

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



Hochschule Offenburg
offenburg.university

Hochschule Offenburg · Badstraße 24 · 77652 Offenburg
info@hs-offenburg.de // www.hs-offenburg.de