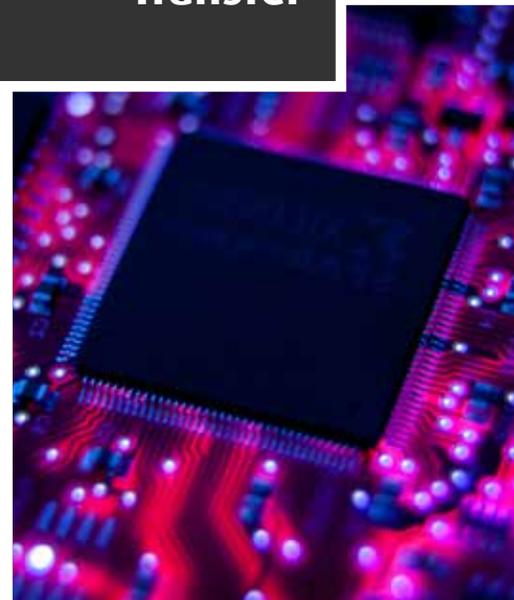
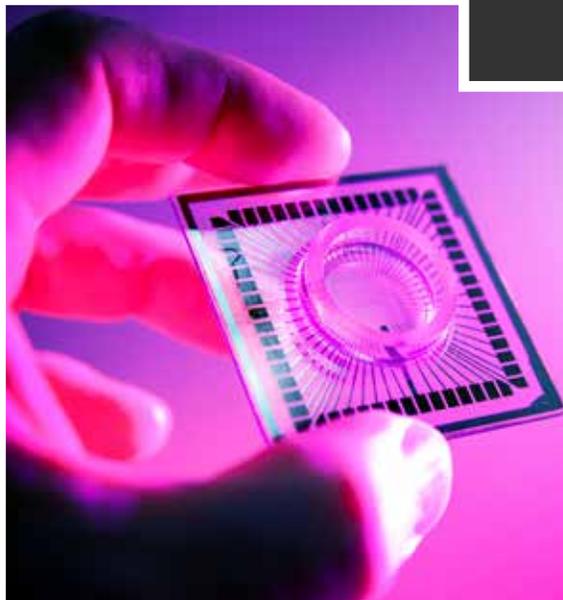
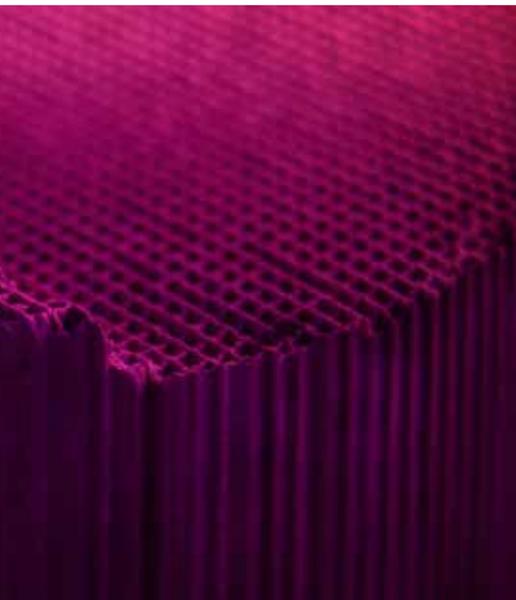


TÄTIGKEITSBERICHT 2011–2013

Forschung

Innovation

Transfer



Tätigkeitsbericht 2011–2013





Liebe Leserin,
lieber Leser,

mit dem vorliegenden Werk halten Sie eine Schrift in Händen, die sich auf den ersten Blick kaum von anderen Jahres- oder Tätigkeitsberichten vergleichbarer Institutionen unterscheidet.

Ich würde mir wünschen, dass der zweite Blick diese Sichtweise etwas verändert: Das Zentrum für Wissenschaftliche Services und Transfer der Hochschule Aschaffenburg hat nicht nur Leistungsbilanzen zu bieten, sondern lebt ganz entscheidend von der Begeisterung derer, die ihm angehören und sich verbunden fühlen. Forschung und Technologietransfer brauchen diese Begeisterung, sie hat zu der Dynamik geführt, mit der sich das Zentrum entfaltet.

Das Zentrum lebt von seinen Köpfen und den Ideen, die in diesen Köpfen entstehen. Wenn bei der Lektüre dieses Berichts etwas von diesen Ideen und dem dazugehörigen Enthusiasmus spür- und nachvollziehbar wird, wäre sein wichtigster Zweck erfüllt.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Freude und viele Anregungen beim Lesen.

Obernburg, Dezember 2013

Prof. Dr. Hans-Georg Stark, Leiter des Zentrums für Wissenschaftliche Services und Transfer

Forschung

Innov

Inhaltsverzeichnis

PROFIL

3	Vorwort
6	Ansprechpartner
10	Vorstellung des Zentrums für Wissenschaftliche Services
12	Zahlen, Daten, Fakten
14	Rückblick

BERICHTE AUS DEN FORSCHUNGSBEREICHEN

24	Automotive
32	Intelligente Systeme und Automatisierung
46	Materials
64	Energieeffizienz
76	Wissenstransfer



vation

Transfer

ANHANG

- 86 Veröffentlichungen
- 92 Impressum

Ansprechpartner



Leiter der Forschungseinrichtung

Prof. Dr. Hans-Georg Stark
Tel. 06021 4206 878
E-Mail: hans-georg.stark@h-ab.de



Stellvertretender Leiter der
Forschungseinrichtung

Dr.-Ing. Tilo Gockel
Tel. 06021 4206 914
Tel. 06022 813 629
E-Mail: tilo.gockel@h-ab.de

Forschungsbereich Automotive



Prof. Dr.-Ing. Klaus Zindler
Tel. 06021 4206 910
Tel. 06022 813 622
E-Mail: klaus.zindler@h-ab.de

Forschungsbereich Intelligente Systeme und Automatisierung



Prof. Dr.-Ing. Konrad Doll
Tel. 06021 4206 720
E-Mail: konrad.doll@h-ab.de



Prof. Dr. Ulrich Brunsmann
Tel. 06022 813 633
E-Mail: ulrich.brunsmann@h-ab.de

im ZeWiS



Prof. Dr.-Ing. Kai Borgeest
Tel. 06021 4206 842
E-Mail: kai.borgeest@h-ab.de



Prof. Dr.-Ing. Hartmut Bruhm
Tel. 06021 4206 819
E-Mail: hartmut.bruhm@h-ab.de

Forschungsbereich Intelligente Systeme und Automatisierung



Prof. Dr.-Ing. Peter Fischer
Tel. 06021 4206 893
E-Mail: peter.fischer@h-ab.de



Prof. Dr. Michael Eley
Tel. 06021 4206 811
E-Mail: michael.eley@h-ab.de

Forschungsbereich Energieeffizienz



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler
Tel. 06021 4206 816
E-Mail: ulrich.bochtler@h-ab.de



Prof. Dr.-Ing. Johannes Teigelkötter
Tel. 06021 4206 809
E-Mail: johannes.teigelkoetter@h-ab.de

Ansprechpartner

Forschungsbereich Materials



Prof. Dr.-Ing. Christiane Thielemann
Tel. 06021 4206 817
E-Mail: christiane.thielemann@h-ab.de



Prof. Dr. Michael Kaloudis
Tel. 06021 4206 813
E-Mail: michael.kaloudis@h-ab.de



Prof. Dr. Ralf Hellmann
Tel. 06021 4206 874
E-Mail: ralf.hellmann@h-ab.de

Forschungsbereich Wissenstransfer



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Alm
Tel. 06021 4206 700
E-Mail: wolfgang.alm@h-ab.de



Prof. Dr.-Ing. Georg Rainer Hofmann
Tel. 06021 4206 700
E-Mail: georg-rainer.hofmann@h-ab.de

im ZeWiS

Öffentlichkeitsarbeit



Lucia Wenderoth
Tel. 06022 813 627
E-Mail: lucia.wenderoth@h-ab.de

Kontaktdaten

ZeWiS – Zentrum für Wissenschaftliche Services
c/o ICO Obernburg
Glanzstoffstraße 1, Gebäude Wa 07
63784 Obernburg
Internet: <http://zewis.h-ab.de>
Tel. 06022 813 628
Fax 06022 813 626

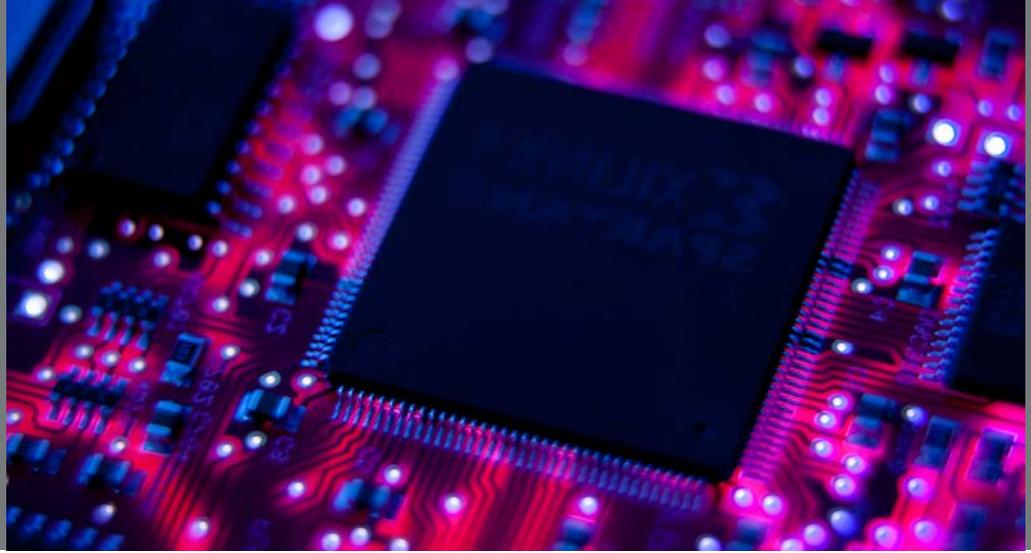
ZeWiS

Prof. Dr. Hans-Georg Stark

Vorstellung des Zentrums für Wissenschaftliche Services und Transfer

Kaum eine Hochschulart hat in den vergangenen zehn Jahren eine derart dramatische Entwicklung durchlebt wie die Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Ursprünglich vorwiegend mit Lehraufgaben betraut, haben sie sich mittlerweile in zunehmendem Maße auch in der Forschung, insbesondere der anwendungsorientierten Forschung, profiliert. Dem hat inzwischen auch der Gesetzgeber Rechnung getragen und in der aktuellen Fassung des Bayerischen Hochschulgesetzes anwendungsorientierte Forschung, die ursprünglich als „Kann-Aufgabe“ dem Lehrauftrag untergeordnet war, in die Aufgabenbeschreibung der Hochschulen für angewandte Wissenschaften integriert. Von einer Option ist nicht mehr die Rede und das ist auch gut so. Gute Lehre profitiert von Forschung und umgekehrt; dies betrifft nicht nur den Bereich der Universitäten, sondern alle Tätigkeiten und Berufsbilder, die von Wissenschaft und Technologie geprägt sind. In diesem Sinne war die oben erwähnte gesetzgeberische Erkenntnis nichts weiter als die längst überfällige Ausdehnung des Humboldtschen Bildungsideales auf die ehemaligen Fachhochschulen.

Die Hochschule Aschaffenburg und ihr wissenschaftliches und industrielles Umfeld bieten für diese Zusammengehörigkeit von Lehre und Forschung ideale Rahmenbedingungen. Von Anfang an als Hochschule für die Region konzipiert, befindet sie sich in einem wirtschaftlichen Umfeld, das von hochinnovativen Unternehmen geprägt ist, deren Bedarf an bestens qualifizierten und kreativen Mitarbeitern ständig wächst. Die – nicht nur regionale – Nähe zu benachbarten Hochschulen und Forschungseinrichtungen sorgt für lebhaften und fruchtbaren Austausch. Dies führte dazu, dass gegen Ende des letzten Jahrzehnts nicht nur die Industriekooperationen der Hochschule weit über das im Rahmen von gemeinsam betreuten Abschlussarbeiten gewohnte Maß hinaus anwuchsen. Auch projektorientierte Zusammenarbeitsformen bei Akquisition und Durchführung von Auftragsforschung und insbesondere die zunehmend erfolgreiche Einwerbung von Fördermitteln aus öffentlich geförderten Programmen führten zu einem sprunghaften Anstieg von Forschungs- und Transferaktivitäten und daraus resultierenden Drittmiteinnahmen. Nun ist dies zwar ein Beleg für die eingangs erwähnte gestiegene Forschungskompetenz der Hochschulen für angewandte Wissenschaften im Allgemeinen und der Hochschule Aschaffenburg im Besonderen. Es wurde andererseits aber schnell klar, dass die weitere Expansion der Forschungs- und Transferaktivitäten – verbunden mit den administrativen Abläufen, die nun einmal dazugehören – ohne eine zugehörige Anschubfinanzierung nicht zu realisieren sein würde. Der oben erwähnte gesetzliche Forschungsauftrag für Hochschulen für angewandte Wissenschaften ist nämlich im Gegensatz zum Lehrauftrag nicht mit entsprechenden Ressourcen hinterlegt. Umso wichtiger war auch hier die bewährte regionale Vernetzung der Hochschule Aschaffenburg. Gestützt von einer gemeinsamen, partei- und interessenübergreifenden Kraftanstrengung aller Akteure, von der Industrie- und Handelskammer, über die Gründer- und Innovationsagentur ZENTEC, über die beteiligten Kommunen und Gebietskörperschaften bis hin zu politischen Mandatsträgern formulierte die Hochschule Aschaffenburg das Konzept eines Zentrums für Wissenschaftliche Services (ZeWiS), in welchem die anwendungsorientierte Forschung und der Technologietransfer für die Hochschule gebündelt sind. Dieses Konzept wurde bei einer entsprechenden Ausschreibung des Bayerischen Staatsministeriums für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst eingereicht und erhielt den Zuschlag. Damit stand der oben erwähnten Anschubfinanzierung nichts mehr im Wege, und das Zentrum konnte nach einer einjährigen, ebenfalls vom Staatsministerium unterstützten, Vorlaufphase am 01. Juli 2011 gegründet werden und wird während einer Laufzeit von fünf Jahren mit einer Anschubfinanzierung in Höhe von 10 Mio. € gefördert.



Die Mission des Zentrums besteht darin, das Renommee der Hochschule Aschaffenburg im Umfeld der angewandten Forschung und des Technologietransfers langfristig zu sichern und auszubauen. Dazu gehören wissenschaftlich-technische Profilschärfung, die Etablierung langfristiger und nutzbringender Kooperationen mit Unternehmen, Erfolg bei der Einwerbung geförderter Forschungs- und Transferprojekte und nicht zuletzt der Mehrwert für die Region. Dieser Mehrwert besteht zum Einen in der Förderung der Innovationsfähigkeit von Unternehmen. Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen bietet das Zentrum die Möglichkeit, bei beabsichtigten Innovationen mit hohem Forschungsrisiko Konzeptentwicklungen, Machbarkeitsanalysen und möglicherweise auch Marktreifeuntersuchungen in Kooperation mit ZeWiS durchzuführen. Aber auch Mess- und Untersuchungsaufträge, die auf die Infrastruktur von ZeWiS zugreifen, werden bearbeitet. Neben diesem Mehrwert für die Unternehmen besteht ein weiterer Mehrwert für die Region in der Eröffnung von Karriere- und Weiterqualifikationsmöglichkeiten für begabte Absolventen, die es ohne das Zentrum nicht gäbe. ZeWiS-Mitarbeiter verfügen über Bachelor- und Masterabschlüsse und können sich im Rahmen von kooperativen Promotionen, die in Zusammenarbeit mit Universitäten durchgeführt werden, weiterqualifizieren. Damit leistet ZeWiS auch einen Beitrag zur Verhinderung der Abwanderung gut ausgebildeter Absolventen aus der Region. Bei der inhaltlichen Ausrichtung des Zentrums konzentriert sich die Hochschule Aschaffenburg auf fünf Kompetenzschwerpunkte, in denen sie auf erfolgreiche Forschungs- und Transferaktivitäten aufbauen konnte. Es handelt sich dabei um folgende Arbeitsbereiche:

- Automotive
- Materials
- Energieeffizienz
- Intelligente Systeme und Automatisierung
- Wissenstransfer

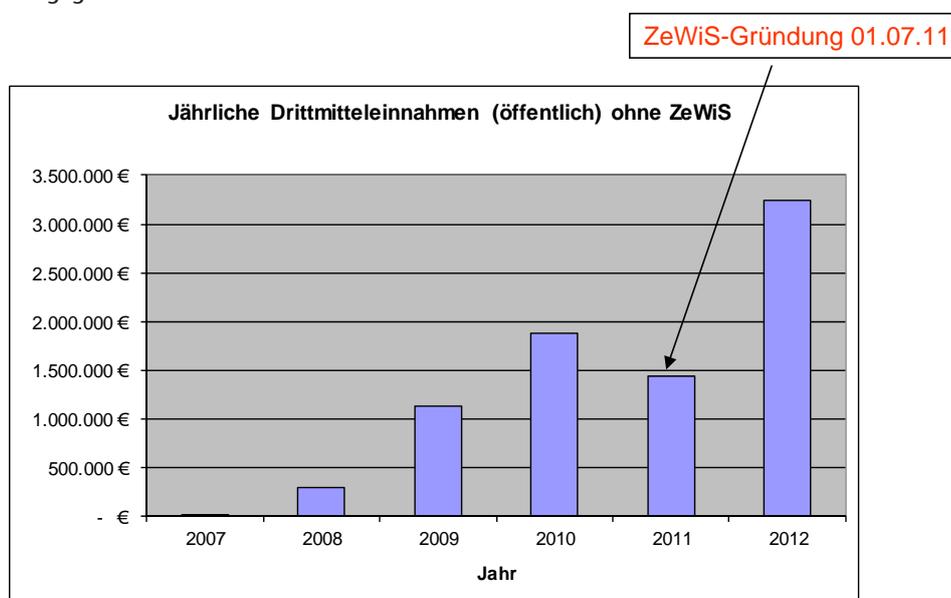
An dieser Stelle soll inhaltlich nicht vorgegriffen werden, in den nachfolgenden Abschnitten dieses Berichts werden beispielhaft Projekte und Aktivitäten dieser Bereiche vorgestellt. Kooperationen und Forschungsprojekte beziehen ihren Reiz natürlich hauptsächlich aus der jeweiligen Aufgabenstellung. Sie sind aber nur eingeschränkt durchführbar, wenn die Rahmenbedingungen nicht stimmen. Zu diesen Rahmenbedingungen gehört die Professionalisierung der Projektakquisition und des Technologietransfers, und der ZeWiS-Förderung ist es zu verdanken, dass wir auch hier tragfähige Strukturen entwickeln konnten. Sie reichen von der Unterstützung bei der Einwerbung von Projekten der Forschungsförderung bis hin zur Vertragsgestaltung bei industrieller Auftragsforschung und der Serviceleistung bei Veranstaltungsmanagement und Öffentlichkeitsarbeit.

Abschließend ist den Einrichtungen zu danken, die die erfolgreiche Arbeit von ZeWiS ermöglichen. An erster Stelle ist das Bayerische Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst zu nennen, das die Anschubfinanzierung des Zentrums gewährleistet. Der Standort des Zentrums befindet sich auf dem Gelände des Industrie Centers Obernburg. Der Standortbetreiber, die Mainsite GmbH & Co. KG, stellt der Hochschule die Räumlichkeiten im Umfang von ca. 1.000m² kostenfrei zur Verfügung. Der Kreis Miltenberg sowie die Stadt Erlenbach und der Markt Elsenfeld übernehmen einen namhaften Teil der Betriebskosten. Für diese Unterstützung sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Das darin zum Ausdruck kommende Vertrauen und die Wertschätzung, die ZeWiS in der Region erfährt, sind dem Zentrum Ansporn und Verpflichtung.

Zahlen, Daten, Fakten

Aufbau und Entwicklung

Der personelle Aufbau des Zentrums ging zügig vonstatten. Die Zahl der beim Zentrum beschäftigten MitarbeiterInnen stieg von 17 (Ende 2011) kontinuierlich auf 28 (Oktober 2013) an. Vergleicht man dies mit der ursprünglich für das Zentrum anvisierten Anzahl von ca. 25 Arbeitsplätzen, zeigt die Entwicklung, dass die ursprünglichen Annahmen und Zielsetzungen realistisch waren. Besonders erfreulich ist die Tatsache, dass im ZeWiS-Umfeld über 20 kooperative Promotionen durchgeführt werden. Dies zeigt einerseits die wissenschaftliche Relevanz der bei ZeWiS bearbeiteten Themenstellungen, ist aber andererseits vor allem ein Beleg für die zusätzlichen Potenziale, die das Zentrum geeigneten AbsolventInnen eröffnet. Die folgende Grafik zeigt die jährlichen Drittmiteleinahmen der Hochschule Aschaffenburg aus öffentlicher Forschungsförderung in den Jahren 2007 bis 2012 und verdeutlicht zum Einen die oben erwähnte Zunahme der Drittmittelaktivitäten der Hochschule Aschaffenburg in den Jahren vor der ZeWiS-Gründung und zum Anderen die Katalysatorwirkung des Zentrums: Die sprunghafte Zunahme der Einnahmen seit Gründung des Zentrums belegt die Wirkung der Anschubfinanzierung. Mit dem Ausbau des Zentrums stieg offensichtlich auch die Konkurrenzfähigkeit der Hochschule Aschaffenburg bei der Einwerbung öffentlicher Forschungsgelder.



Nimmt man noch die bisher verbuchten Einnahmen des Jahres 2013 sowie Einnahmen aus industrieller Auftragsforschung hinzu, ergibt sich folgende Bilanz: Der ZeWiS-Anschubförderung von 5,4 Mio. € im Zeitraum 01.07.2011–31.12.2013 stehen in diesem Zeitraum eingeworbene Projektvolumina aus öffentlicher Forschungsförderung in Höhe von 6 Mio. € und Einnahmen aus industrieller Auftragsforschung in Höhe von 1,9 Mio. € gegenüber. Ein Euro ZeWiS-Förderung hat also einen messbaren Hebeleffekt, der belegt, dass das Kompetenzprofil und die Wettbewerbsfähigkeit der Hochschule im Forschungsumfeld gestiegen ist und dieses Kompetenzprofil die Attraktivität der Hochschule als Forschungs- und Transferpartner für Unternehmen steigert.

Darüber hinaus sollte man nie vergessen, dass Drittmiteleinahmen in erster Linie auch Chancen für Absolventen bedeuten. Die Zahl der an der Hochschule Aschaffenburg auf Drittmittelprojekten beschäftigten MitarbeiterInnen ist von 28 (Stand 01.01.2010) auf 89 (Stand 30.06.2013) gestiegen. Wie oben angedeutet, ist ein guter Teil dieses Zuwachses auf die Katalysatorfunktion der ZeWiS-Förderung zurückzuführen. Es wäre aber ein viel zu enger Blickwinkel, den Erfolg eines Zentrums für angewandte Forschung und Transfer ausschließlich monetär zu bewerten. Auch die Messzahlen für wissenschaftliche Aktivität können sich sehen lassen. Allein im Jahre 2012 erschienen über 40 Publikationen in Fachmedien, Konferenzbänden und einschlägigen renommierten wissenschaftlichen Zeitschriften. ZeWiS-MitarbeiterInnen waren und sind auf internationalen Konferenzen vertreten und steigern die Reputation der Hochschule Aschaffenburg kontinuierlich. Besonders erfreulich und alles andere als selbstverständlich sind Preise für beste Arbeiten / beste Präsentationen, die die Güte der bei ZeWiS geleisteten Arbeit dokumentieren.

Die ersten Jahre

Die ersten zweieinhalb Jahre nach Gründung des Zentrums waren geprägt von Aufbauarbeit, insbesondere Tätigkeit der vorgesehenen Investitionen, personellem Aufwuchs, Projektarbeiten und Transferaktivitäten. In enger Kooperation mit dem Standortbetreiber wurde das Zentrum so ausgestattet, dass es seine Aufgaben optimal erfüllen kann und die MitarbeiterInnen eine angenehme und anregende Arbeitsumgebung vorfinden. Zusammen mit der Industrie- und Handelskammer Aschaffenburg sowie der ZENTEC GmbH organisiert das Zentrum Workshops zu ausgewählten Schwerpunktthemen. Sie bieten ZentrumsmitarbeiterInnen und Vertretern von Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Gelegenheit, die jeweiligen Arbeiten, Pläne und Aufgabenstellungen kennenzulernen und sich darüber auszutauschen. Nicht zuletzt steigern sie den Bekanntheitsgrad des Zentrums und führen zu neuen Projekten in wissenschaftlicher Dienstleistung und Auftragsforschung. Das Zentrum vernetzte sich mit weiteren Forschungseinrichtungen der Region. Ein Beleg dafür ist die Ende 2012 erfolgte Einrichtung des Fraunhofer-Anwendungszentrums Ressourceneffizienz an der Hochschule Aschaffenburg, das mit der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie in Alzenau verbunden ist. Diese Kooperation ist seitens der Hochschule im ZeWiS-Arbeitsbereich Materials verankert und ein Indiz für die Erwartungen an die Leistungsfähigkeit des Zentrums innerhalb einer dynamischen Region an der Schnittstelle zum Rhein-Main-Gebiet.

Rückblickend bleibt festzustellen, dass ZeWiS die Erwartungen, die von den Beteiligten in diese Einrichtung gesetzt wurden, voll erfüllt und gezeigt hat, dass ein enormes Potenzial in der Bündelung regionaler Kräfte und der Möglichkeiten einer Hochschule liegt. Ich wünsche mir sehr, dass es uns gelingt, zusammen mit allen Verantwortlichen aus Ministerium, Politik, Wirtschaft, Region und Hochschule die Nachhaltigkeit des Zentrums zu sichern. Damit bliebe der Region auf Dauer eine Institution erhalten, die die Phantasie und Kreativität der Hochschulangehörigen und ihrer Partner aus Industrie und Wissenschaft zu Gunsten der Innovationsfähigkeit der Region, der Profilierung der Hochschule und neuer Chancen für Absolventen nutzt und fördert.

Ich hoffe sehr, dass Sie, liebe Leserin / lieber Leser, nach der Lektüre der oben genannten nüchternen Zahlen und der folgenden faszinierenden Beiträge aus den Arbeitsgebieten diese Einschätzung teilen.

Rückblick

17.02.2012: FELIX FELLHAUER ERHÄLT BEST PAPER AWARD

Felix Fellhauer, Bachelorstudent im Studiengang Elektro- und Informationstechnik der Hochschule Aschaffenburg, ist auf dem 47. Workshop der Multi-Projekt-Chip-Gruppe in Offenburg mit dem Preis für den besten Tagungsbeitrag (IEEE SSCS Best Student Paper Award) ausgezeichnet worden. Der Nachwuchswissenschaftler gewann den Preis für seine Forschungsarbeit zur Echtzeit-Bildverarbeitung. Felix Fellhauer beschäftigt sich mit der Erkennung von Objekten in Schwarz-Weiß-Bildern. In seinem prämierten Tagungsbeitrag „Echtzeit-BLOB-Analyse mit Lauflängenkodierung und -dekodierung auf einem FPGA“ stellt er ein neues Verfahren vor, das die Suche nach Objekten in den Bilddaten von einer Videokamera bereits während der Übertragung und ohne Unterbrechung des Datenstroms ermöglicht. Die Arbeit wurde von Prof. Dr.-Ing. Konrad Doll, AG Intelligente Systeme und Leiter des Labors für Rechnergestützten Schaltungsentwurf, betreut.

27.02.2012: ROTER TEPPICH IN OBERNBURG – PODIUMSDISKUSSION ZUM THEMA WISSENSTRANSFER

Das Gelände des ICO in Obernburg, Sitz des Zentrums für Wissenschaftliche Services, war am 27.02.2012 Schauplatz einer Podiumsdiskussion mit prominenten Teilnehmern: Dr. Wolfgang Heubisch, Staatsminister für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Martin Zeil, Staatsminister für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, Dr. Eberhard Kroth, Geschäftsführer von Reis Robotics GmbH & Co. KG, Prof. Dr. Gerhard Sextl vom Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC in Alzenau sowie Prof. Dr. Hans-Georg Stark, Vizepräsident der Hochschule Aschaffenburg, gaben sich die Ehre. Thema der Podiumsdiskussion, die von Albert Franz, dem Geschäftsführer der Mainsite GmbH & Co. KG sowie Vizepräsident der IHK Aschaffenburg, moderiert wurde, war der Wissenstransfer im Dreieck Hochschule – Wirtschaft – Region.

Alle Beteiligten waren voll des Lobes über die Forschungseinrichtung der Hochschule. So wurden der Standort sowie die Infrastruktur am Bayerischen Untermain hervorgehoben, denn durch die Angliederung des ZeWiS an das nahegelegene Ballungsgebiet Frankfurt/Rhein-Main und auch an die ansässige Industrie wird viel Expertenwissen gebündelt. Dieses Wissen aus unterschiedlichen Fachgebieten ist unerlässlich für immer neue Innovationen und für die interdisziplinäre Entwicklung der Industrie. In diesem Sinne forderte Staatsminister Heubisch „Offenheit für Forschung“ in der hiesigen Wirtschaft, denn „es gibt nichts gefährlicheres, als stehenzubleiben.“ Dennoch waren sich alle einig, dass man sich auf dem bisher Erreichten nicht ausruhen sollte.

10.07.2012: AUF DER SPUR VON VERBORGENEN MIKRODEFEKTEN

Am 10.07.2012 fand die offizielle Übergabe des Computertomographen durch die Geschäftsführer der Firma Wenzel an das ZeWiS statt. Dank der apparativen Erweiterung ist nun eine Abdeckung vielseitiger Prüfaufgaben möglich. Bereits seit Anfang 2011 wird in der Forschungseinrichtung mit dem Desktop-CT exaCT®S der Firma Wenzel Volumetrik gearbeitet, diesen ergänzt nun sein „großer Bruder“ der exaCT®M. Mit dem 130-kV-Computertomographen exaCT®S konnten in den letzten Monaten zahlreiche Fragestellungen aus der regionalen Industrie bearbeitet werden. Die positiven Erfahrungen und gute Zusammenarbeit trugen erheblich dazu bei, die unterfränkische Kooperation zwischen der Wenzel Group und ZeWiS weiter auszubauen.



Dr. Wolfgang Heubisch und Martin Zeil bei der Podiumsdiskussion

10.07.2012: INNOVATION DURCH KOOPERATION

Auch in Zukunft sollen fachkundige Hochschulen den Unternehmen als Impulslieferanten dienen – mit dieser Prämisse organisierte am 10.07.2012 der Verband der Bayerischen Metall- und Elektroarbeitgeber (vbm bayme) den diesjährigen Hochschultag in Würzburg. Die Hochschulen aus Aschaffenburg und Würzburg sowie die Julius-Maximilians-Universität Würzburg hatten an diesem Tag die Gelegenheit, sich mit Experten der angewandten Forschung auszutauschen und Möglichkeiten und Chancen für Kooperationen zu erörtern, während in den Info-Workshops aus den Themenbereichen „Energiewende“ und „Mensch-Maschine-Interaktion“ konkrete Problemlösungen für die betriebliche Praxis vorgestellt wurden.

12.07.2012: AUSGEZEICHNET – MASTERSTUDENTIN ERHÄLT FÖRDERPREIS

Katharina Stricker, Absolventin des Master-Studiengangs Elektro- und Informationstechnik der Hochschule Aschaffenburg, ist auf der Jahresvollversammlung des mst-Netzwerks Rhein-Main in Darmstadt mit dem Förderpreis 2012 ausgezeichnet worden. Die Nachwuchswissenschaftlerin gewann den Preis für ihre Forschungsarbeiten über die mikrofluidische Auftrennung von Blutfettsäuren. Das mst-Netzwerk Rhein-Main prämiiert einmal jährlich eine Abschlussarbeit von Studierenden natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge, in der herausragende F&E-Ergebnisse zur Mikrosystemtechnik dokumentiert sind. Die prämierte Arbeit entstand am Transferzentrum ZeWiS der Hochschule Aschaffenburg gemeinsam mit Frau Prof. Dr.-Ing. Christiane Thielemann, Leiterin des biomat-Labors, und Dr. Klaus Drese vom Institut für Mikrotechnik in Mainz. Die Ansätze und Lösungen der Arbeit zeigen Wege auf, wie man in Zukunft die aufwändige und teure Analyse von Fettsäuren im Blut vereinfachen und kostengünstig ermöglichen kann.

11.09.2012: BIOSENSOREN STATT TIERVERSUCHE

Die hessische Umweltministerin Lucia Puttrich würdigte im Hessischen Landtag in Wiesbaden drei Forschungsarbeiten, die zu einem Ersatz von Tierversuchen durch Versuche an Zellkulturen oder durch Computersimulationen führen. Andreas Daus, Doktorand an der Technischen Universität Darmstadt und wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Aschaffenburg wurde für seine Untersuchungen zu „Biosensoren“ ausgezeichnet. Die Auszeichnung ist mit einem Preisgeld in Höhe von 7.500 Euro verbunden. In einem Kooperationsprojekt der Arbeitsgruppe von Prof. Paul Layer von der Technischen Universität Darmstadt und Prof. Christiane Thielemann vom Transferzentrum ZeWiS der Hochschule Aschaffenburg hat Andreas Daus ein neuartiges Biosensorsystem auf der Basis dreidimensionaler Zellkultursysteme entwickelt. Damit ist es künftig möglich, Aussagen über die Wirkung pharmakologischer Substanzen oder ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung auf biologisches Gewebe zu treffen und dabei auf Tierversuche zu verzichten. Die Forschungsergebnisse wurden bereits mehrfach in renommierten Journalen publiziert und auf internationalen Konferenzen vorgestellt.

Rückblick

15.10.2012: GUTE AUSSICHTEN FÜR ZEWIS

Nachdem der Staatsminister für Wissenschaft, Forschung und Kunst Dr. Wolfgang Heubisch Ende Februar 2012 im Rahmen seiner Innovationstour ZeWiS einen Besuch abstattete, war am 15. Oktober der bayerische Landesvater Horst Seehofer persönlich vor Ort. Begleitet von Dr. Paul Beinhofer, dem Regierungspräsidenten von Unterfranken, konnte er sich während seines Besuchs davon überzeugen, dass die Anschubfinanzierung für ZeWiS in Höhe von 10 Mio. Euro sehr gut angelegt ist. Während der anschließenden Diskussionsrunde, an der neben der ZeWiS- und Hochschulleitung und den Politikern aus der Region auch Wirtschaftsvertreter wie Johannes Oswald von Oswald Motoren, Dr. Eberhard Kroth von Reis Robotics, Dr. Gerald Heimann von der Zentec GmbH und Christian Gries von Gries Deko teilnahmen, hatten die Beteiligten die Gelegenheit, auf aktuelle Anliegen aufmerksam zu machen. Die wohl vielversprechendste Aussage machte der Ministerpräsident, als er erklärte: „Nachdem ich gesehen habe, was nach einer so kurzen Zeit aus ZeWiS geworden ist, würde ich mir wegen der Fünf-Jahres-Begrenzung keine Sorgen machen. Ich werde dafür sorgen, dass es keine Rolle spielt.“

20.12.2012: 2,5 MILLIONEN EURO FÜR DIE FORSCHUNG

Die Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung angewandter Forschung erhält von der unterfränkischen Regierung 2,5 Millionen Euro für den Aufbau und die Einrichtung eines Anwenderzentrums. In diesem Zentrum sollen Funktionselemente, Prozesse und Produkte hinsichtlich ihrer Ressourceneffizienz erforscht werden. Angedockt ist das Anwenderzentrum an die Arbeitsgruppe Materials des ZeWiS. Die Projektlaufzeit läuft vom 01. November 2012 bis zum 31. Oktober 2017.

23.01.2013: STARTSCHUSS FÜR DIE FORSCHUNGSKOOPERATION MIT EINER BRASILIANISCHEN UNIVERSITÄT

Die Hochschule Aschaffenburg erhält für ihre Forschungskooperation mit der Universität von São Paulo eine Anschubfinanzierung des Bayerischen Hochschulzentrums für Lateinamerika (BAYLAT). Im Mittelpunkt der Kooperation steht ein gemeinsames Forschungsprojekt, das neue Erkenntnisse in der Untersuchung neuronaler Zellsignale liefern soll. Die gewonnenen Ergebnisse bieten die Möglichkeit, bisherige Zellexperimente mit noch höherer Präzision durchzuführen und noch exakter analysieren zu können. Beteiligt an dem auf zwei Jahre angelegten Forschungsvorhaben sind Wissenschaftler des BioMEMS-Labors des ZeWiS, unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Christiane Thielemann sowie deren brasilianische Kolleginnen und Kollegen des Institute of Mathematics and Computer Science.

25.04.2013: ERSTE KOOPERATIVE PROMOTION AN DER HOCHSCHULE ASCHAFFENBURG

Andreas Daus ist der erste Student der Hochschule, der nach seinem abgeschlossenen Master-Studium als Ingenieurwissenschaftler in rund vier Jahren promoviert und den Dokortitel erworben hat. Seine mit Auszeichnung bestandene Promotion erfolgte in Kooperation mit der TU Darmstadt. Die Doktoreltern waren Prof. Dr. Paul Layer (FB Biologie TUD) und Prof. Dr.-Ing. Christiane Thielemann (Leiterin des BioMEMS-Labors im Transferzentrum ZeWiS). In der gleichen Zusammenarbeit erhielt Andreas Daus im Herbst letzten Jahres bereits eine Auszeichnung. Im Wiesbadener Landtag wurde ihm von der hessischen Umweltministerin Lucia Puttrich der Hessische Tierschutz-Forschungspreis für herausragende Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Biosensorensysteme überreicht.



Der bayerische Ministerpräsident Horst Seehofer besucht ZeWiS

28.06.2013: AUSGEZEICHNETE FORSCHUNG ZU NANOSTRUKTURIERTEN MIKROELEKTRODEN

Auf dem „Internationalen Workshop zu Mikro- und Nanosystemtechnologie für Systeme mit hohem Aspektverhältnis“ in Berlin hat Christoph Nick, Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter am ZeWiS der Hochschule Aschaffenburg, einen Best Poster Award erhalten. Er forscht im Rahmen seines Promotionsvorhabens an nanostrukturierten Mikroelektroden, die zur Messung von elektrischer Zellaktivität verwendet werden. Im BioMEMS-Labor, unter der Leitung von Frau Prof. Dr.-Ing. Christiane Thielemann, hat Nick ein neuartiges Verfahren entwickelt, bei dem vertikale Goldnanodrähte auf Mikroelektroden aufgebracht werden. Über diese lässt sich dann beispielsweise die Zellaktivität von Nervenzellen messen.

12.07.2013: BEST PAPER AWARD FÜR DAS KO-FAS-FORSCHERTEAM

Auf dem international besetzten „Embedded Vision Workshop“, der in Portland, USA im Rahmen der Konferenz CVPR stattfand, hat eine Forschergruppe des ZeWiS der Hochschule Aschaffenburg den Preis für die beste Veröffentlichung erhalten. Ausgezeichnet wurde der Konferenzbeitrag „FPGA-based Real-Time Pedestrian Detection on High-Resolution Images“, den die Masterstudenten Michael Hahnle und Matthias Hisung gemeinsam mit dem Doktoranden Frerk Saxen unter Leitung der Professoren Ulrich Brunsmann und Konrad Doll verfasst haben. Die Aschaffener Wissenschaftler arbeiten unter anderem im Rahmen der Forschungsinitiative Ko-FAS (Kooperative Fahrerassistenzsysteme, www.kofas.de) an der kameragestützten Erkennung von Personen bzw. Fußgängern im Straßenverkehr. Die Autoren haben ein Verfahren entwickelt, das es mit Hilfe von speziellen integrierten Schaltungen erlaubt, selbst bei hochaufgelösten Bildern in HD-Qualität in kürzester Zeit Personen zu detektieren. Für das Forscherteam ist die Auszeichnung eine große Anerkennung, nicht zuletzt auch deshalb, weil die Veröffentlichung in Konkurrenz zu Arbeiten aus der Industrie und von internationalen Universitäten weltweit stand.

31.07.2013: FORSCHERGRUPPE DES ZEWIS IM OPEL-TESTCENTER DUDENHOFEN

Am 29. und 31. Juli sowie am 9. August 2013 untersuchte die Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. Zindler (AG Automotive am ZeWiS) auf dem Testgelände der Adam Opel AG die eigenen Entwicklungen auf Herz und Nieren. Im Rahmen des Forschungsprojektes CONSTANT wurde am ZeWiS eine Vorrichtung zum Test innovativer Fußgängerschutzsysteme entwickelt und aufgebaut. Durch die wachsende Bedeutung vorausschauender Fahrzeugsicherheits- und Fußgängerschutzsysteme im Fahrzeugmarkt gewinnt auch der Test solcher Fahrerassistenzsysteme an Bedeutung.

Um Fahrzeugsicherheitssysteme gemäß ihrem späteren Einsatzzweck erproben zu können, müssen kritische Verkehrssituationen möglichst realitätsnah auf dem Testgelände nachgebildet werden. Da viele aktuelle und zukünftige Sicherheitssysteme mit einer Fußgängererkennung ausgestattet sind, hat es sich die Arbeitsgruppe um Prof. Zindler zur Aufgabe gemacht, eine Vorrichtung zu entwickeln, die Fußgängerattrappen hochgenau vor einem näherkommenden Fahrzeug positionieren kann. Durchgeführt werden die Entwicklungen im Rahmen des Projektes CONSTANT, einem Verbundprojekt der Hochschule, dem Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme in Dresden und Industrieunternehmen, welches durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird. Die erste Einsatzerprobung der Fußgängeranlage fand nun im Opel-Testcenter in Dudenhofen statt.

Rückblick

22.08.2013: MATERIALFLUSS UNTER DER LUPE

Von Anfang Mai bis Anfang Juli waren sieben Studenten der Hochschule Aschaffenburg im Rahmen einer Projektarbeit bei Pirelli mit dem Thema Rücklauf beschäftigt, seitens ZeWiS von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Alm betreut. Der Auftrag war es, den physischen Materialfluss zu dokumentieren und mit der Nachverfolgbarkeit in den EDV-Systemen zu vergleichen, um Schwachstellen und Verbesserungspotenziale aufzuzeigen.

Des Weiteren sollte ein EDV-System entwickelt werden, das bei Vorgabe eines Produktionsplanes einen Forecast für die Generierung und Aufarbeitung von Rücklauf ausgeben soll. In mehreren Workshops und Fabrikbegehungen wurden die einzelnen Wege des Rücklaufes aufgenommen und die entsprechenden Buchungen zu den Bewegungen im PCS nachvollzogen. Die Projektgruppe deckte Schwachstellen auf, für die Handlungsempfehlungen ausgesprochen wurden, um die Transparenz des Rücklauf-Materialflusses zu optimieren. Für Pirelli war dieses Projekt eine neue und gelungene Form der Kooperation mit der Hochschule Aschaffenburg, aus der weitere Aktivitäten entstehen können.

18.09.2013: AUTOS WARNEN, WENN'S BRENZLIG WIRD

Funkbasierte, kooperative Techniken können dazu beitragen, die Sicherheit im Straßenverkehr signifikant zu steigern. Durch Einsatz dieser Techniken wird es künftig möglich sein, kritische Verkehrssituationen an innerstädtischen Gefahrenpunkten, insbesondere auch mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern, schon frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. So lautet die grundlegende Erkenntnis, die Experten aus Industrie und Forschung in ihrer vierjährigen intensiven Zusammenarbeit im Rahmen der Forschungsinitiative Ko-FAS – Kooperative Sensorik und kooperative Perzeption für die Präventive Sicherheit im Straßenverkehr gewonnen haben. Mit einem Gesamtvolumen von 23,6 Mio. Euro ist die Initiative eines der großen nationalen Kooperationsprojekte im Bereich der automobilen Verkehrssicherheit. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) förderte die Projektpartner mit 14,9 Mio. Euro, 8,7 Mio. Euro trugen die Industriepartner bei. Das Ko-FAS-Konsortium setzt sich zusammen aus 17 Partnern, darunter die Automobilhersteller BMW und Daimler, die Fahrzeugzulieferer Continental, Delphi, SICK sowie Forscher aus Universitäten, Hochschulen und Fraunhofer-Instituten. Die Arbeitsgruppe des ZeWiS der Hochschule Aschaffenburg um die Professoren Ulrich Brunsmann und Konrad Doll steuert hier vor allem hochperformante Lösungen zu Aufgaben aus der Bildverarbeitung bei. Die wichtigsten Ergebnisse der gemeinsamen Arbeit präsentierte das Ko-FAS-Konsortium am 18. und 19. September in einer zweitägigen Abschlussveranstaltung vor 200 Fachleuten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Medien.

01.10.2013: MAINPROJECT ZIEHT NACH ZWEI JAHREN EINE ZWISCHENBILANZ

Rund vierzig Teilnehmer aus Wirtschaft, Industrie und Forschung trafen am 01. Oktober 2013 in den Räumlichkeiten von mainprojekt (ZeWiS / ICO Obernburg) aufeinander. Der Anlass: Das zweijährige Bestehen von mainprojekt. Am 01. Oktober 2011 startete mainprojekt mit dem Vorhaben Methodenwissen zum Thema Lean Management, Dienstleistungsmanagement und IT-Management zu vermitteln und bei der konkreten Verbesserung von Prozessen mitzuwirken. Dieses Kooperationsprojekt der Hochschule mit der MainSite GmbH findet in Abstimmung mit dem ZeWiS statt. Die vom Europäischen Sozialfonds



Sozialfonds (ESF) geförderten Aktivitäten richten sich an Unternehmen und deren Mitarbeiter in der Region Bayerischer Unterraum mit Fokus auf den Standort des Industrie Centers Obernburg.

25.10.2013: „EIN GLÜCKSFALL FÜR DEN AUFBAU DER HOCHSCHULE“

Die Hochschule Aschaffenburg hat ihren Gründungsdekan Prof. Dr. Ulrich Brunsmann feierlich in den Ruhestand verabschiedet. In den Jahren 1995 bis 2000 war Brunsmann maßgeblich für den Aufbau und die positive Entwicklung der jüngsten bayerischen Hochschule verantwortlich. „Professor Brunsmann hat das Amt des Gründungsdekans nicht nur ausgeübt, sondern im Sinne des Gründungsauftrags gestaltet“, sagte Präsident Prof. Dr. Wilfried Diwischek in seiner Festrede in der Aula der Hochschule.

Er dankte Brunsmann für sein großes Engagement. Seiner hervorragenden Aufbauarbeit sei es zu verdanken, dass der Wissenschaftsrat 1991 die Verselbstständigung der jungen Hochschule in Aschaffenburg vorschlug. „Brunsmann war ein Glücksfall für den Aufbau in Aschaffenburg“, zitierte Diwischek einen internen Vermerk des Ministeriums. 40 Jahre war Brunsmann in Forschung (unter anderem am ZeWiS) und Lehre tätig. Der Hochschule Aschaffenburg und ZeWiS werden Ulrich Brunsmann auch nach seiner Pensionierung weiter verbunden bleiben. In Würdigung seiner vielfältigen Verdienste für die Hochschule hat der Senat Prof. Dr. Brunsmann zum Ehrensensator ernannt.

07.11.2013: PROJEKT KARABONITA ZEIGT WEGE ZUR KAPITALAUSSTATTUNG VON UNTERNEHMEN

Am 7. November 2013 fand auf dem Campus der Hochschule in Aschaffenburg ein erster „Konsens-Workshop“ statt. Das Anfang April im Transferzentrum ZeWiS gestartete Projekt „KaRaBonita – Kapital – Rating – Bonität“ bewertet die sogenannten „weichen Faktoren“, die bei der Beurteilung von Unternehmen (dem „Rating-Prozess“) von Kreditinstituten bei der Kapitalvergabe berücksichtigt werden. In einer Interviewserie sowohl mit Kreditinstituten als auch mit Unternehmen wurde eine Reihe von Ergebnissen erzielt, die in diesem ersten Konsens-Workshop vor einem größeren Publikum präsentiert und diskutiert wurden.

Die Diskussion im Anschluss fand eine rege Beteiligung sowohl durch Vertreter von Unternehmen als auch von Kreditinstituten. Dies zeigt, wie hoch der Bedarf an Weitergabe von Expertenwissen im Bereich Kapitalausstattung für Unternehmen ist. „Mehr Transparenz“ bis hin zu „Erklärungen von Bankfunktionen“ sind nur zwei kurze Auszüge aus der Diskussionsrunde. Wie kann ein Unternehmen mit welchen Faktoren punkten, um eine Kreditentscheidung positiv zu beeinflussen? Die Fragen sind vielfältig und sollen in künftigen Veranstaltungen aufgegriffen und sukzessive aufgearbeitet werden.

Rückblick

ZeWiS-Workshops in Kooperation mit der IHK Aschaffenburg und der Zentec GmbH

10.02.2011	Arbeitskreis Implantate (AG Frau Prof. Thielemann)
15.03.2011	Workshop Leistungselektronik und Stromrichtertechnik (AG Prof. Teigelkötter)
13.04.2011	Workshop Materialprüfung im industriellen Umfeld (AG Prof. Kaloudis)
20.09.2012	KontAKS-Workshop und Abschlusspräsentation (MainProject und AG Prof. Alm und Prof. Hofmann)
20.09.2012	Workshop Leistungsmessung (AG Prof. Teigelkötter)
30.11.2012	Workshop Fahrzeugregel- und Fahrzeugsicherheitsysteme (AG Prof. Zindler und Prof. Doll)

Öffentlichkeitsarbeit am ZeWiS

16.05.2013	ZeWiS-Infostand auf der Campus-Careers-Veranstaltung der Hochschule Aschaffenburg
25.06.2013	ZeWiS-Infostand auf dem 6. Entwicklerforum Akkutechnologien in der Stadthalle Aschaffenburg
30.07.2013	Cluster-Treff/Automation Valley „Energieeffizienzkonzepte in Industrieparks und -anlagen“, ausgerichtet in Kooperation mit dem ZeWiS
24.10.2013	59. Tagung des Arbeitskreises Metallographischer Erfahrungsaustausch Rhein-Main in Aschaffenburg, ausgerichtet vom ZeWiS

Hinweis: Das komplette Veranstaltungsprogramm des Bereichs Wissenstransfer findet sich auf Seite 84ff.



Kompete

Automotive

**Intelligente Systeme
und Automatisierung**

Materials

enzfelder

Energieeffizienz

Wissenstransfer

Automotive

Competent Control

Arbeitsgruppe Prof. Dr.-Ing. Klaus Zindler

1. Ziele und Inhalte

Mit Competent Control wurde ein Kompetenzzentrum für angewandte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet innovativer Fahrzeugregel- und Fahrzeugsicherheitssysteme gegründet. Das Ziel der in Kooperation mit Industriepartnern durchgeführten Arbeiten liegt auf der Erforschung vorausschauender und selbsttätig agierender Fahrzeugsicherheits- und Fußgängerschutzsysteme. Dies sind Systeme, welche sicherheitskritische Verkehrssituationen durch Interpretation der zur Verfügung stehenden Umfildsensoren frühzeitig erkennen und anschließend der Situation angemessene Maßnahmen zur Vermeidung eines Unfalls selbsttätig einleiten. Die Entwicklung vorausschauend agierender Fahrzeugsicherheitssysteme beinhaltet u. a. die folgenden Aufgabenstellungen:

- die Erforschung innovativer Steuerungs- und Regelalgorithmen zur Unfallvermeidung durch autonomen Brems- und Lenkeingriff,
- die Erforschung von Algorithmen zur Echtzeitberechnung von Ausweichtrajektorien in Gefahrensituationen,
- die Entwicklung neuer Testverfahren, welche der hohen Komplexität vorausschauend agierender Sicherheitssysteme gerecht werden.

Im Berichtszeitraum wurden dazu die im Folgenden dargestellten Ergebnisse erzielt. Für eine tiefergehende Darstellung sei auf die wissenschaftlichen Veröffentlichungen im Anhang verwiesen.

2. Forschungsergebnisse aus Projektphase 1

2.1 Aufbau eines Demonstrators zum vorausschauenden Fußgängerschutz

Innerhalb der ersten Projektphase wurde in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. K. Doll und Prof. Dr. rer. nat. U. Brunsmann ein Versuchsträger zum vorausschauenden Fußgängerschutz entwickelt. Da ein Fußgänger aufgrund seines Bewegungsvermögens sehr abrupt eine Bewegung starten oder seine Bewegungsrichtung ändern kann und andererseits ein motorgetriebenes Fahrzeug sich sehr schnell nähert, kann eine gefährliche Situation innerhalb von wenigen hundert Millisekunden entstehen. Es genügt deswegen häufig nicht, eine Warnung an den Fahrer auszugeben. Die Zukunft der Fahrerassistenzsysteme liegt daher im selektiven oder gleichzeitigen autonomen Bremsen und Ausweichen, um auch Unfälle zu verhindern oder zumindest die Unfallfolgen abzumildern, wenn der Fahrer dies aufgrund seiner Reaktionszeit nicht mehr kann. Der entwickelte Demonstrator greift diese Zielstellung auf. Er ist dazu in der Lage, ein automatisches Ausweichmanöver vor einem auf die Straße laufenden Fußgänger durchzuführen, ohne dabei die eigene Fahrspur zu verlassen (vgl. Abb. 1).

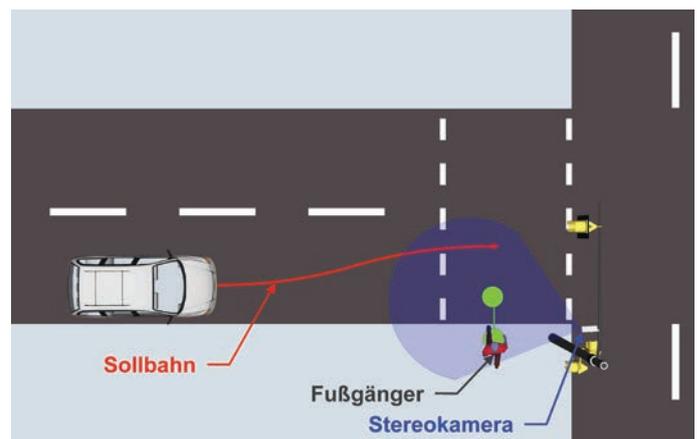


Abb. 1: Automatisches Ausweichmanöver vor einem auf die Straße laufenden Fußgänger

Die zur videobasierten Fußgängerintentionserkennung erforderliche Algorithmik wurde von der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. K. Doll und Prof. Dr. rer. nat. U. Brunsmann



entwickelt (siehe Beitrag Seite 46ff.). Hiermit ist es möglich, aus den Bildern einer stationär montierten Stereokamera die Absicht eines Fußgängers, auf die Straße zu laufen, noch innerhalb des ersten Schritts zu erkennen. Diese und weitere für die Berechnung der Ausweichtrajektorie relevanten Informationen werden mittels WLAN in das Fahrzeug übertragen.

Die auf dem Fahrzeugrechner implementierten Algorithmen zur Realisierung der autonomen Ausweichbewegung basieren auf den Ergebnissen der Arbeitsgruppe Competent Control (Abb. 2).

Hierzu zählen vor allem die Algorithmen zur Echtzeitberechnung der Ausweichbahn in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Fußgängerposition. Die zur zentimetergenauen Spurführung notwendigen Steuerungs- und Regelalgorithmen basieren auf den Arbeitsergebnissen des Forschungsschwerpunktes INVI und wurden in Competent Control an die vorliegende Aufgabenstellung adaptiert. Der aktive Lenkeingriff erfolgt mittels eines im Rahmen studentischer Arbeiten konstruierten elektrischen Lenkaktors (Abb. 3).



Abb. 3: Elektrischer Lenkaktor

Das Ergebnis dieser Forschungsarbeit wurde im Oktober 2012 anlässlich des Besuchs des bayerischen Ministerpräsidenten Horst Seehofer im ZeWiS vorgeführt (Abb. 4) und bildet die Grundlage für eine wissenschaftliche Veröffentlichung im Rahmen des IEEE Intelligent Vehicles Symposiums 2013 [Köhler et al. 2013].

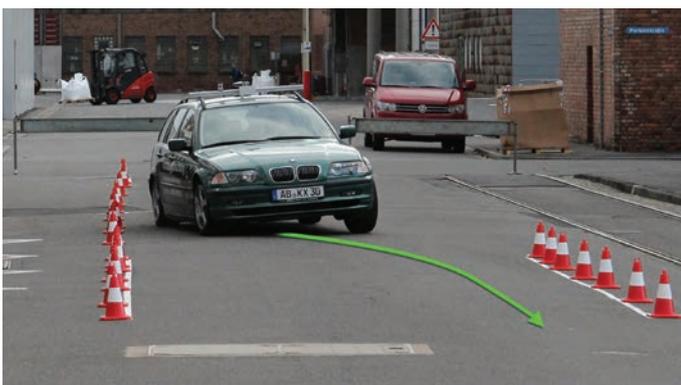


Abb. 2: Erprobung der Algorithmen zur Realisierung der autonomen Ausweichbewegung

Automotive



Abb. 4: Erläuterung der Funktionsweise des aktiven Fußgängerschutzsystems für den bayerischen Ministerpräsidenten



2.2 Konstruktion und Aufbau einer Testanlage zur Positionierung von Fußgängerattrappen im Fahrzeugsicherheitsversuch

Während sich für die Erprobung passiver Fahrzeugsicherheitssysteme bereits genormte Testverfahren wie z. B. der Verbraucherschutztest Euro NCAP etabliert haben, befindet sich die Erprobung und Qualifizierung vorausschauend agierender Fahrzeugsicherheits- und Fußgängerschutzsysteme noch im Anfangsstadium. Zu begründen ist dies mit der hohen Komplexität der vorausschauenden Sicherheitssysteme, welche unterschiedlichste Gefahrensituationen rechtzeitig und vor allem richtig interpretieren müssen, um anschließend daraus die richtigen Maßnahmen zur Unfallvermeidung abzuleiten. Dies macht die Entwicklung neuer Testmethoden und vor allem neuer Testanlagen erforderlich.

Verschiedene industrielle Arbeitskreise, wie der vFSS- (vorausschauende Frontschutzsysteme) und der AEB (Autonomous Emergency Braking), arbeiten derzeit an Vorschlägen für standardisierte Testverfahren für vorausschauende Fußgängerschutzsysteme. Grundidee ist die Erprobung der Sicherheitssysteme im Fahrversuch durch eine möglichst realitätsnahe Nachbildung sicherheitskritischer Verkehrs-

situationen mit Fußgängerbeteiligung. Abb. 5 zeigt ein Beispiel eines solchen Testszenarios. Es stellt die im realen Straßenverkehr am häufigsten vorkommende Unfallsituation mit Fußgängerbeteiligung nach, bei der ein Fußgänger die Straße überquert, ohne ein sich näherndes Fahrzeug zu beachten (Zeitpunkt 1).

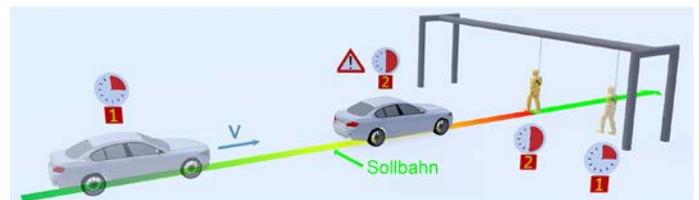


Abb. 5: Beispielszenario

Bei der Testdurchführung wird ein mit dem zu evaluierenden Fußgängerschutzsystem ausgestattetes Versuchsfahrzeug mit definierter Geschwindigkeit v entlang der in der Abbildung dargestellten Sollbahn in die Pre-Crash-Phase geführt (Zeitpunkt 2).

Zur Gewährleistung einer gefahrlosen Versuchsdurchführung ist das Verhalten des Fußgängers unter Verwendung einer geeigneten Attrappe nachzubilden. Dies erfordert den Einsatz einer Testanlage zur gezielten Positionierung der Fuß-

gängeratrappe im Fahrversuch. Die Anlage muss folgenden Anforderungen genügen:

- Gewährleistung einer schadensfreien Kollision zwischen Fahrzeug und Attrappe
- Gewährleistung einer ausreichend hohen Attrappengeschwindigkeit und -beschleunigung zur realistischen Nachbildung der Bewegung eines Fußgängers
- Realisierung verschiedener Bewegungsprofile
- Zeitgenaue Positionierung der Attrappe in Abhängigkeit von der Fahrzeugbewegung

Ein wesentliches Ergebnis der 1. Projektphase ist die Entwicklung einer Testvorrichtung, die den genannten Anforderungen gerecht wird. Es handelt sich um eine Anlage in Portalbauweise mit einer hängenden Schaumstoffattrappe (Abb. 6).



Abb. 6: Im Projekt Competent Control entwickelte Testanlage

Die Konstruktion beinhaltet eine Schwenkvorrichtung mit integrierter Rotationsbremse, die im Falle einer Kollision einen Schaden am Fahrzeug verhindert (Abb. 7, linker oberer Teil). Zur Gewährleistung der geforderten hochdynamischen und genauen Positionierung der Attrappe werden eine Linearachse mit Zahnriemenantrieb und ein positionsgeregelter Synchron-Servomotor eingesetzt (Abb. 7, links unten). Die Bewegungssteuerung der Anlage erfolgt unter Verwendung der im rechten, oberen Teil von Abb. 7 gezeigten Industriesteuerung. Diese bietet den Vorteil einer einfachen Reali-

sierung verschiedener Bewegungsprofile. Zur Erstellung der Steuerungsprogramme können die vom Hersteller in Form einer Bibliothek zur Verfügung gestellten PLCopen Motion-Control-Funktionsbausteine genutzt werden.

Die entwickelte Testvorrichtung unterstützt zwei unterschiedliche Betriebsarten, um die geforderte Synchronisation der Attrappen- und der Fahrzeugbewegung zu erreichen. Bei der ersten Betriebsart wertet die Industriesteuerung die Interrupt-Signale zweier in geringem Abstand hintereinander angeordneter Lichtschranken aus (Abb. 7, rechts unten), um den Startzeitpunkt der Attrappenbewegung an die gemessene Fahrzeuggeschwindigkeit anzupassen. Die zweite Betriebsart kennzeichnet sich durch einen WLAN-Datenaustausch zwischen dem Fahrzeugrechner und der Industriesteuerung. Die Positionierung der Attrappe erfolgt hierbei in Abhängigkeit von der in Echtzeit an die Anlage übertragenen Fahrzeugposition und -geschwindigkeit.

Die entwickelte Anlage wurde bereits in diesem Jahr zur Durchführung erster Testkampagnen auf dem Opel-Testgelände in Dudenhofen eingesetzt. Die Bildfolge in Abb. 8 illustriert beispielhaft ein von der vFSS-Gruppe vorgeschlagenes Manöver zum Test von Notbremsystemen, bei der sich ein Fußgänger hinter einer Sichtverdeckung plötzlich auf die Straße bewegt.

Das Testmanöver wird vollständig automatisiert durchgeführt. Hierbei kommen die im BMBF-Projekt CONSTANT entwickelten Steuerungs- und Regelalgorithmen zur automatisierten Fahrzeugführung sowie zur gezielten Positionierung der Fußgängeratrappe zum Einsatz [Heinlein et al. 2013], [Hahn et al. 2013b], [Hahn et al. 2012b], [Zindler et al. 2012b].

Automotive

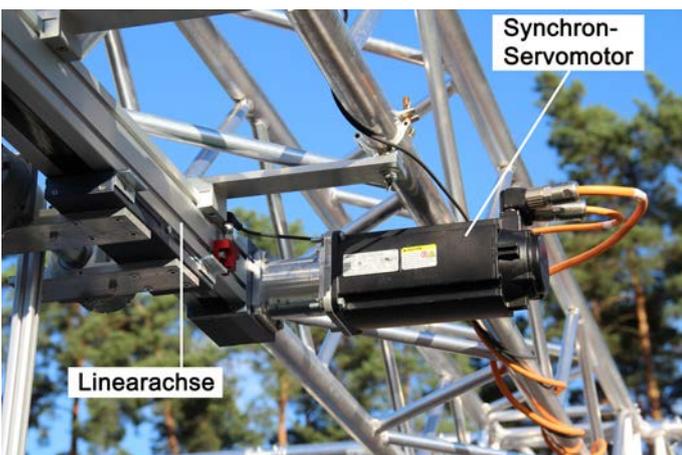
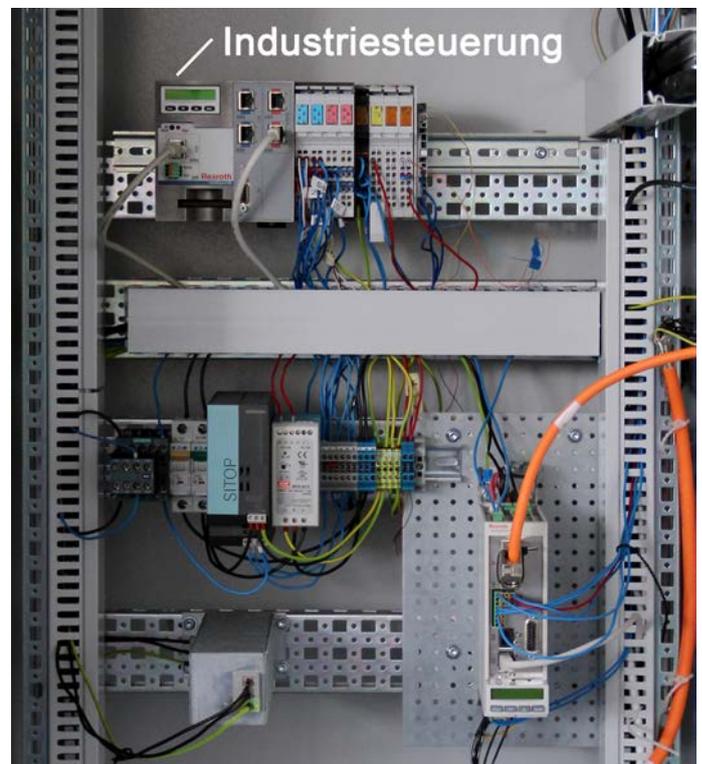
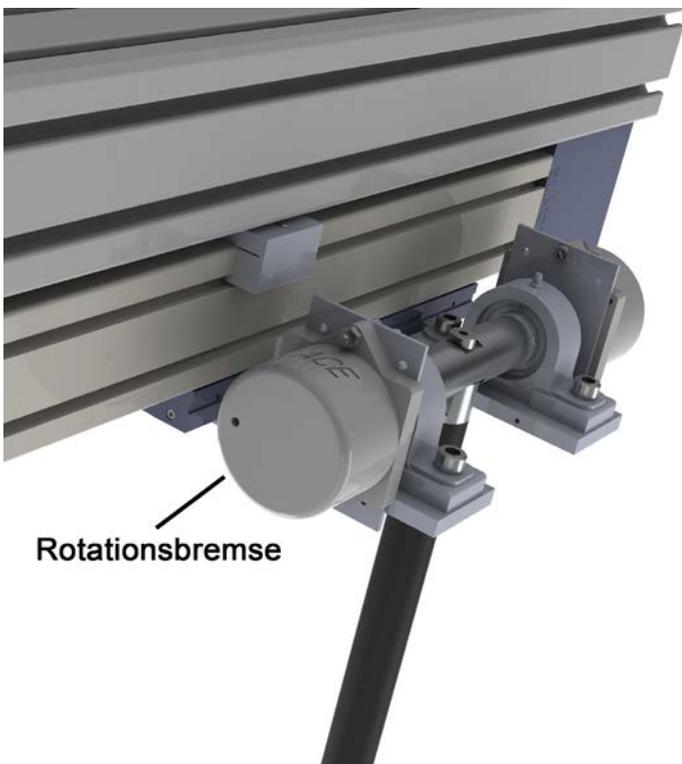


Abb. 7: Schwenkvorrichtung mit integrierter Rotationsbremse (links oben), Linearachse mit Synchron-Servomotor (links unten), Schaltschrank mit Industriesteuerung (rechts oben) und zur Synchronisation eingesetzte Lichtschranke (rechts unten).

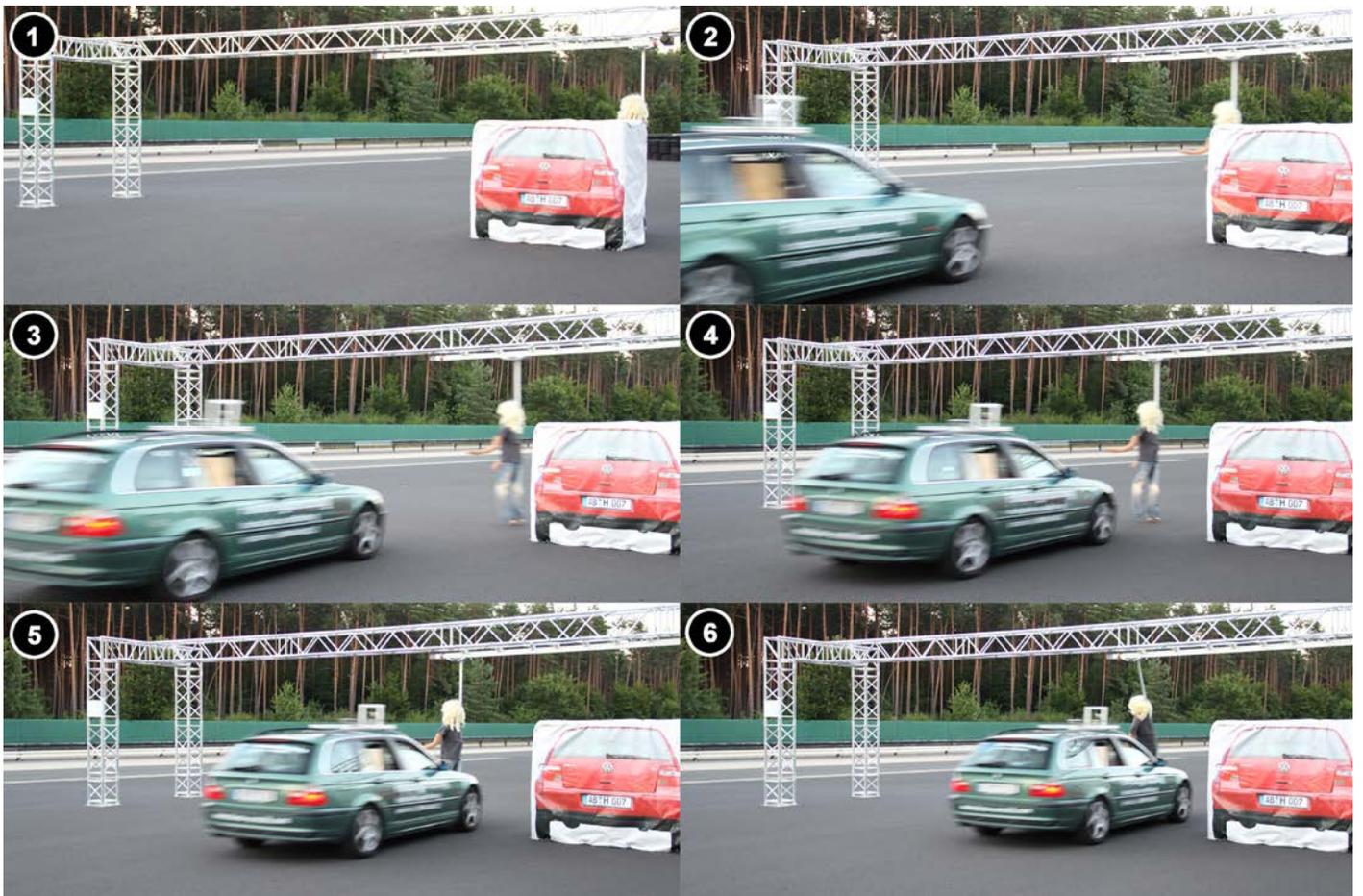


Abb. 8: Bildfolge einer vollständig automatisierten Testfahrt

Automotive

3. Förderprojekte

Neben den zuvor genannten technischen Inhalten ist es ein wichtiges Anliegen den regionalen und überregionalen Automobilzulieferern zukunftsweisende FuE- und Wissenstransferkompetenz anzubieten. Die Kooperation mit den Unternehmen erfolgt im Rahmen von öffentlich geförderten FuE-Projekten, die aufbauend auf der in Competent Control erlangten Expertise in der ersten Projektphase initiiert bzw. unter Verwendung dieser Erkenntnisse erfolgreich abgeschlossen wurden. Es folgt ein Überblick über die im Berichtszeitraum neu initiierten bzw. bearbeiteten Förderprojekte.

Forschungsschwerpunkt „Intelligente Verkehrssicherheits- und Verkehrsinformationssysteme“ (INVI):

Laufzeit:	04/2010-03/2013
Fördermittelgeber:	Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst
Fördersumme inkl. Projektpauschale:	400.000 €

Ziele und Inhalte

An dem im März dieses Jahres abgeschlossenen Forschungsschwerpunkt INVI waren insgesamt sechs Arbeitsgruppen der Fakultät Ingenieurwissenschaften beteiligt. Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. K. Zindler befasste sich mit Grundlagenuntersuchungen zur automatischen Spurführung. Die entwickelten Steuerungs- und Regelungsalgorithmen bilden eine wichtige Basis für den in Abschnitt 2 beschriebenen Demonstrator zum vorausschauenden Fußgängerschutz. Darüber hinaus stand die Erforschung von Algorithmen zur Schätzung nicht messbarer Fahrzeugzustandsgrößen in Echtzeit im Fokus der Untersuchungen [Zindler et al. 2012a].

Letztere sollen in Competent Control zur Realisierung zukünftiger Fahrzeugsicherheitssysteme zum Einsatz kommen.

Projekt „Controlled Standardized Testscenarios“ (CONSTANT)

Projektleitung:	Prof. Dr.-Ing. K. Zindler
Laufzeit:	10/2011-09/2014
Fördermittelgeber / Förderprogramm:	Bundesministerium für Bildung und Forschung / FHprofUnt
Fördersumme inkl. Projektpauschale:	286.000 €
Projektpartner:	GeneSys Elektronik GmbH, Continental Safety Engineering International GmbH, Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme

Ziele und Inhalte

Das zentrale Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung von Methoden für den halb- und vollautomatisierten Test vorausschauender Fahrzeugsicherheitssysteme. Hierdurch wird die erforderliche hochgenaue und reproduzierbare Erprobung der Sicherheitssysteme ermöglicht. Ein wichtiges Ergebnis von CONSTANT ist ein rechnergestütztes System zur längs- und querdynamischen Führung von Versuchsfahrzeugen im Fahrversuch. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung von Steuerungs- und Regelungsalgorithmen zur gezielten Positionierung von Fußgängerattrappen in Abhängigkeit von der Fahrzeugbewegung. Letztere kommen an der im Projekt Competent Control entwickelten Testvorrichtung zum Einsatz (s. Abschnitt 2.2). Die Ergebnisse wurden im Rahmen mehrerer wissenschaftlicher Publikationen der Öffentlichkeit vorgestellt [Heinlein et al. 2013], [Hahn et Zindler 2013a], [Hahn et al. 2013b], [Hahn et al. 2012a], [Hahn et al. 2012b], [Zindler et al. 2012b].

Projekt AFUSS

Projektleitung:	Prof. Dr.-Ing. K. Doll, Prof. Dr.-Ing. K. Zindler
Laufzeit:	7/2013–6/2016
Fördermittelgeber / Förderprogramm:	Bundesministerium für Bildung und Forschung / Ingenieurwachstum
Fördersumme inkl. Projektpauschale:	432.000 €
Projektpartner:	Continental Safety Engineering International GmbH, GeneSys Elektronik GmbH, Universität Kassel, Universität Ulm, Universität Magdeburg

Ziele und Inhalte

Das in Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. Doll durchgeführte Projekt „Aktiver Fußgängerschutz“ (AFUSS) wurde im Berichtszeitraum beantragt und bewilligt. Es ist dem vorausschauenden Fußgänger- und Radfahrerschutz gewidmet und baut auf den Ergebnissen der ersten Projektphase von Competent Control auf. Die Arbeitspakete umfassen sowohl die Weiterentwicklung der Algorithmen zur Planung der fahrspurhaltenden Ausweichtrajektorie als auch die Erforschung fortgeschrittener Regelungsalgorithmen zur querdynamischen Fahrzeugführung. Ziel ist die Gewährleistung einer hochgenauen Spurführung im fahrphysikalischen Grenzbereich durch gezielte Berücksichtigung der nichtlinearen Reifencharakteristik. Ebenso soll die in CONSTANT entwickelte Methodik zum Test von Notbremsystemen auf die Erprobung ausweichender Fußgängerschutzsysteme ausgedehnt werden. Unter Einbeziehung zweier kooperativer Promotionen und zweier Partner aus der Wirtschaft wird im Rahmen dieses Projekts zugleich ein nachhaltiges Konzept zur Ingenieurwachstumsförderung im Bereich der angewandten Wissenschaften aufgebaut.

4. Veröffentlichungen

[Heinlein et al. 2013]

S. Heinlein, S. Hahn, K. Zindler: Control Methods for Automated Testing of Preventive Pedestrian Protection Systems, Eingereicht zur Veröffentlichung in International Journal of Vehicle Systems Modelling, 2013.

[Köhler et al. 2013]

S. Köhler, B. Schreiner, S. Ronalter, K. Doll, U. Brunsmann, K. Zindler: Auto-nomous Evasive Maneuvers Triggered by Infrastructure-Based Detection of Pedestrian Intentions, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV' 13), Gold Coast, June 23-26, 2013.

[Hahn et al. 2013b]

S. Hahn, M. Schulte, K. Zindler: Automated Testing of forward-looking Vehicle Safety Systems in Driving Tests, 1st SafetyAssist, Test & Simulation Conference, Aschaffenburg, 2013.

[Hahn et al. 2012a]

S. Hahn, S. Heinlein, K. Zindler: Prüfmethode für vorausschauende Fahrzeugsicherheitsysteme, ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift 11-2012, Springer Automotive Media, S. 840-844, 2012.

[Hahn et al. 2012b]

S. Hahn, S. Heinlein, K. Zindler: Regelung von Testfahrzeugen und Testvorrichtungen zur Funktionsprüfung vorausschauender Fahrzeugsicherheits- und Fußgängerschutzsysteme, 28. VDI/VW-Gemeinschaftstagung Fahrerassistenz und Integrierte Sicherheit, Wolfsburg, VDI-Berichte Nr. 2166, S. 367-374, 2012.

[Zindler et al. 2012a]

K. Zindler, S. Hahn, R. Herrmann: Querdynamische Zustandsschätzung, Hanser Automotive Electronics Systems, Heft 3/4, Carl Hanser Verlag, S. 27-31, 2012.

[Zindler et al. 2012b]

K. Zindler, S. Hahn, S. Zecha, G. Jürgens: Querdynamische Fahrzeugführung zur reproduzierbaren Erprobung von Sicherheitssystemen, at-Automatisierungstechnik 60 (2), Oldenbourg-Verlag, S. 61-73, 2012.

Intelligente Systeme und Automatisierung

Intelligente Fahrerassistenz- und Sicherheitssysteme (IFAS)

Arbeitsgruppe Prof. Dr.-Ing. Konrad Doll und Prof. Dr. Ulrich Brunsmann

Im Forschungsbereich IFAS werden Themen aus den Gebieten Computer Vision, Mustererkennung, Computational Intelligence und Intelligente Sensorik bearbeitet. Im Fokus stehen derzeit Fragestellungen der Echtzeit-Bilddatenverarbeitung. Dazu werden neben herkömmlichen CPUs programmierbare Bausteine (FPGAs) und Grafikprozessoren (GPUs) eingesetzt. Intelligente Sensorik-Hardware wird mittels Chip-Design auf Transistorebene entwickelt.

Ziele des Forschungsbereiches

Der sicheren Mobilität kommt in der Folge einer noch immer signifikanten Zahl von Unfalltoten auf Deutschlands Straßen und der stetig älter werdenden Bevölkerung eine besondere gesellschaftliche Bedeutung zu. Die IFAS-Gruppe befasst sich zusammen mit Autoherstellern und Zulieferern mit der Anwendung intelligenter, bildverarbeitender und anderer Sensorik – sowohl im Auto als auch im Verkehrsumfeld – vornehmlich mit dem Ziel, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen. Im Berichtszeitraum standen dazu die infrastrukturgebundene Erkennung und Verfolgung von Fußgängern, die zu den ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Vulnerable Road Users, VRU) zählen und bei einem Unfall oft besonders schwerwiegend verletzt werden, im Vordergrund. Ergebnisse der Arbeiten, die hardwarebeschleunigte Algorithmen, Chip Design, Fußgängerintentionserkennung und Ausweichassistenten umfassen, werden im Folgenden zusammengefasst. Zu wissenschaftlichen Details wird auf die zitierten Veröffentlichungen der Arbeitsgruppe verwiesen.

Neben den technisch-wissenschaftlichen Zielen ist das Leitmotiv der IFAS-Gruppe die Integration aktueller Forschung

in Standardlehrveranstaltungen des Ingenieurstudiums [Macht 2011].

Sensor-Hardware und hardwarebeschleunigte Algorithmen

Anwendungen, die dem Chip Design auf Transistorebene als Ziel zugrunde liegen, sind die intelligente, volldigitale TDC (Time-to-Digital-Converter) – oder FDC (Frequency-to-Digital-Converter)-basierte Sensorik sowie die höchstauflösende Zeitmessung, die beispielsweise für die Positionsbestimmung mittels Laserscannern erforderlich ist. Die Arbeitsgruppe IFAS setzt mit den hier beschriebenen Entwicklungen Arbeiten fort, die im Forschungsschwerpunkt Intelligente Sensorik (Intellisens) unter Förderung des Bayerischen Staatsministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst sowie der regionalen Industrie begonnen wurden.

Mit fallender Strukturgröße wird die Entwicklung konventioneller AD-Konverter komplexer. Insbesondere setzt die geringe Einsatzspannung von Transistoren kleinerer Gate-Längen die Signaldynamik Grenzen. Neuere Konzepte nutzen CMOS-TDCs, die in der digitalen Domäne arbeiten, zur Entwicklung volldigitaler Sensorik und AD-Wandler. Aufbauend auf einer Patentanmeldung [Brunsmann 2009] wurden ein Sensorsignalkonverter für TDC-basierte digitale Sensorik [Fuchs 2011], ein ringoszillatorbasierter Temperatursensor mit skalierbarer Auflösung [Brönner 2011] und ein TDC-basierter ADC [Sänger 2013] entwickelt. Sensor und TDC wurden via Europractice in einem industriellen 0,35- μm -CMOS-Prozess gefertigt. Die Funktion beruht jeweils auf unterschiedlichen Laufzeitverzögerungen entsprechend speziell entworfener CMOS-Verzögerungsleitungen. Der Temperatursensor, der eine Chipfläche von 0,21 Quadratmillimeter einnimmt (vgl. Abb. 1), setzt diese Laufzeitverzögerungen in Ringoszillatorfrequenzen um und erreicht eine Auflösung von etwa 1 mK/LSB bei einer Konversionsrate von 1 Hz. Der TDC-basierte ADC erreicht eine Spannungsempfindlichkeit von 125 ps/mV und eine Auflösung von 70 μV .

Die videobasierte Erkennung und Verfolgung von Fußgängern in Echtzeit erfordert optimierte Algorithmen auf der CPU [Saxen 2011] und vielfach auch den Einsatz von Graphic Processing Units (GPUs) [Weimer 2011] und Field Programmable Gate Arrays (FPGAs) [Kempf 2012], [Hahnle 2013] zur Beschleunigung. Auch an dieser Stelle setzt die Arbeitsgruppe IFAS mit den hier beschriebenen Entwicklungen Arbeiten fort, die im Forschungsschwerpunkt Intelligente Verkehrssicherheits- und Informationssysteme (INVI) begonnen wurden.

Bei der bildbasierten Erkennung von Fußgängern wird häufig der von Dalal und Triggs entwickelte Histograms-of-Oriented Gradients-Deskriptor in Verbindung mit einer Support Vector Machine (SVM) für die Klassifikation verwendet. Diese Vorgehensweise bildet auch die Basis des Ansatzes der IFAS Arbeitsgruppe. Es wurde ein neuer, ressourcen- und geschwindigkeitsoptimierter Ansatz vorgestellt, bei dem sowohl die Deskriptorenberechnung als auch die Klassifikation sowie die Skalierung für unterschiedliche Personengrößen im Bild auf einem FPGA implementiert sind. Dies ermöglicht, zusammen mit einem Zeitmultiplexverfahren für die Multiskalenberechnung, eine Vollbildklassifikation bei 60 Full-HD-Bildern (1920 x 1080 Pixel) pro Sekunde mit einer Latenz

von weniger als 150 μ s. Damit können in einer Skalenstufe pro Sekunde 1,8 Mio. HOG-Deskriptoren sowie die dazugehörigen Klassifikationsergebnisse mit der SVM berechnet werden. Auf einem Xilinx Virtex-5-FPGA sind so im Multiskalenbetrieb bis zu 11 Mio. Klassifikationsfenster pro Sekunde auswertbar, was bestehende FPGA-Implementierungen um den Faktor 10 übersteigt (siehe Abb. 2).

Die beschriebene Forschungsarbeit [Hahnle 2013] wurde auf dem 9th IEEE Embedded Vision Workshop, der im Rahmen der IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Conference stattfand, mit dem Best Paper Award ausgezeichnet.

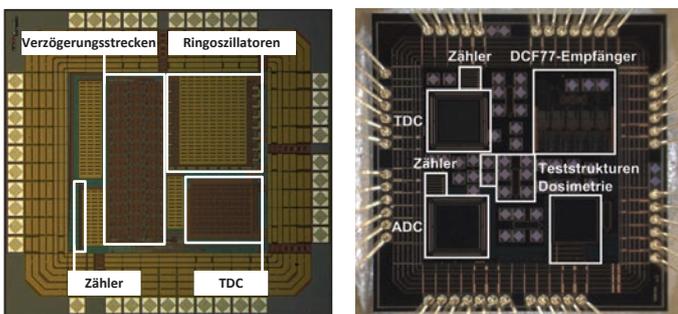


Abb. 1: Sensor-IC (links) und TDC-basierter ADCs (rechts).

Abb. 2: Leiterplatte mit Xilinx Virtex FPGA (oben) und Fußgängererkennung (unten).

Intelligente Systeme und Automatisierung

Fußgängerintentionserkennung

Die Früherkennung der Fußgängerabsicht, eine Straße zu betreten, zählt zu den Herausforderungen der aktuellen Forschung zur Steigerung der Verkehrssicherheit. Bereits ein Zeitgewinn von wenigen Millisekunden kann die Verletzungsschwere erheblich mindern oder einen Unfall vermeiden. IFAS hat videobasierte Verfahren hierzu entwickelt.

Mit Motion Contour History Images (Abb. 3), die mit Support Vector Machines, einer Methode des maschinellen Lernens, klassifiziert werden, gelingt die Erkennung einer Loslaufbewegung innerhalb des ersten Schritts, noch bevor der Fuß die Straße berührt. Mit der Veröffentlichung dieser Arbeiten [Köhler 2012b] hat sich die Arbeitsgruppe innerhalb der am besten bewerteten Beiträge zur IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC 2012) platziert und besondere internationale Anerkennung erfahren [Köhler 2012a].

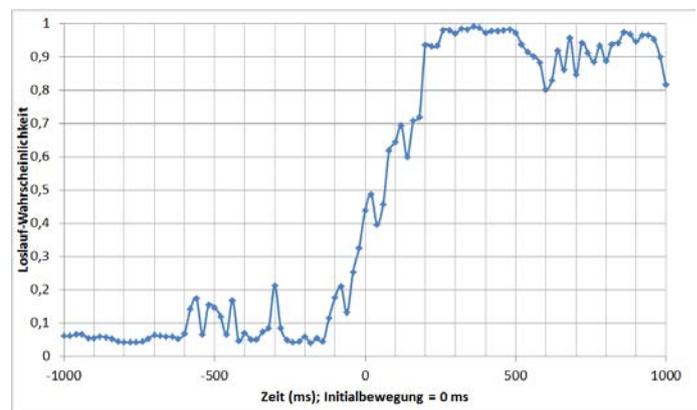


Abb. 3a, b: Motion Contour History Image (erstes Bild), Wahrscheinlichkeit des Loslaufens in Abhängigkeit von der Zeit (zweites Bild).

Ausweichassistenz

Unter Anwendung der Ergebnisse zur Fußgänger-Intentionserkennung hat die IFAS-Gruppe zusammen mit der Gruppe Compent Control (siehe Seite 26ff.) einen Demonstrator entwickelt, der die Gefahr erkennt, ein Warnsignal in das Forschungsauto der Hochschule überträgt und dieses automatisch um den loslaufenden Fußgänger herumlenkt [Köhler 2013].

Vor Ort konnte sich der Bayerische Ministerpräsident Horst Seehofer bei einem Fahrversuch am 15.10.2012 davon überzeugen, dass dies auch funktioniert. Dies war die erste öffentliche Demonstrationsfahrt eines infrastrukturgesteuerten automatischen Fußgängerausweichsystems weltweit (Abb. 4).



Abb. 4: Erklärung des Demonstrationsexperiments (links) und Einstieg zur Probefahrt (rechts).

Forschungsprojekte, Kompetenzen und Infrastruktur

Die Forschungsgruppe ist Partner der Automobilindustrie und deren Zulieferer im Forschungsprojekt Ko-PER (Kooperative Perzeption) der Forschungsinitiative Ko-FAS (Kooperative Fahrerassistenzsysteme). Ko-FAS, gefördert vom BMWi, ist eine der derzeit größten Forschungsinitiativen zur Verkehrssicherheit Deutschlands. Im Rahmen von Ko-PER hat die IFAS-Gruppe in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe von Prof. Dietmayer, Universität Ulm, und der Stadt Aschaffenburg eine europaweit einzigartige öffentliche Forschungskreuzung aufgebaut. Ausgestattet mit 14 Laserscannern, zehn Videokameras und Kommunikationstechnologie ermöglicht sie es, das vollständige Verkehrsumfeld im Kreuzungsbereich verdeckungsfrei zu erfassen und via Funk in Echtzeit an Verkehrsteilnehmer zu kommunizieren [Goldhammer 2012]. Zusammen mit dem KoFAS-Partner Continental Safety Engineering International hat die IFAS-Gruppe ein neuartiges, Kamera- und Transponder-basiertes Fahrerassistenzsystem zur Kollisionsvermeidung entwickelt [Westhofen 2012].

Die ZeWiS-Forschungsgruppen Competent Control und IFAS haben gemeinsam das vom BMBF geförderte Ingenieur-nachwuchsprojekt AFUSS (Aktiver Fußgängerschutz) initiiert. Dieses Projekt wird den Betrieb der öffentlichen Forschungskreuzung über die Laufzeit von Ko-PER hinaus sichern und die Kompetenzen beider Forschungsgruppen in der Entwicklung und Bewertung von Ausweichassistenten bündeln.

Die IFAS-Gruppe arbeitet unter der Leitung der Professoren Konrad Doll und Ulrich Brunsmann auf den Kompetenzfeldern Kreuzungs- und Fahrerassistenz, digitale Bildverarbeitung in Echtzeit, Mustererkennung und intelligente Sensorik. Sie umfasste im Mittel über den Berichtszeitraum zwei Doktoranden und 16 Masterkandidaten. Neben der Forschungskreuzung steht die übliche Laborausstattung einschließlich des rechnergestützten Schaltungsentwurfs und des Chip Designs zur Verfügung. Das gesamte Forschungsvolumen der IFAS-Gruppe, vier bilaterale, proprietäre Industrieprojekte eingeschlossen, lag im Berichtszeitraum bei 1.375 Mio. €.

Intelligente Systeme und Automatisierung

Veröffentlichungen / Referenzen

[Brönnner et al. 2011]

A. Brönnner, D. Fuchs, U. Brunsmann: A Ring-Oscillator-based Temperature Sensor with Scalable Resolution, 46. MPC-Workshop, Furtwangen, pp. 1–6, Juli 2011, Best Student Paper Award.

[Brunsmann et al. 2009]

U. Brunsmann, T. Tille: Sensoreinrichtung, Patentanmeldung DE102007048727 A1, 2009.

[Fuchs et al. 2011]

D. Fuchs, A. Brönnner, U. Brunsmann: Universeller Sensorsignalkonverter für TDC-basierte digitale Sensorik, 46. MPC-Workshop, Furtwangen, pp. 17–23, Juli 2011.

[Goldhammer et al. 2013]

M. Goldhammer, M. Gerhard, S. Zernetsch, K. Doll, U. Brunsmann: Early Prediction of a Pedestrian's Trajectory at Intersections, 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013), Den Haag, Holland, pp. 237–242, 2013.

[Goldhammer et al. 2012]

M. Goldhammer, E. Strigel, D. Meissner, U. Brunsmann, K. Doll, K. Dietmayer: Cooperative Multi Sensor Network for Traffic Safety Applications at Intersections, 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2012), Anchorage, Alaska, USA, pp. 1178–1183, 2012.

[Hahnle et al. 2013]

M. Hahnle, M. Hisung, F. Saxen, U. Brunsmann, K. Doll: FPGA-based Real-Time Pedestrian Detection on High Resolution Images, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), EVW, Portland, USA, pp. 629–635, 2013, Best Paper Award.

[Kempf et al. 2012]

J. Kempf, M. Schmitt, S. Bauer, U. Brunsmann, K. Doll: Real-Time Processing of High-Resolution Image Streams using a Flexible FPGA Platform, Proceedings of the Embedded World Conference, Nürnberg, 2012.

[Köhler et al. 2013]

S. Köhler, B. Schreiner, S. Ronalter, K. Doll, U. Brunsmann, K. Zindler: Autonomous Evasive Maneuvers Triggered by Infrastructure-Based Detection of Pedestrian Intentions, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV' 13), Gold Coast, Australien, pp. 519–526, 2013.

[Köhler et al. 2012a]

S. Köhler, M. Goldhammer, S. Bauer, S. Zecha, K. Doll, U. Brunsmann, K. Dietmayer: Stationary Detection of the Pedestrian's Intention at Intersections, zur Veröffentlichung angenommen in: IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine ITSC 2012 Special Issue, Invited Paper.

[Köhler et al. 2012b]

S. Köhler, M. Goldhammer, S. Bauer, K. Doll, U. Brunsmann, K. Dietmayer: Early Detection of the Pedestrian's Intention to Cross the Street, 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2012), Anchorage, Alaska, USA, pp. 1759–1764, 2012.

[Sänger et al. 2013]

F. Sänger, U. Brunsmann: Analog-zu-Digital-Konverter auf Basis eines Puls-Shrinking TDCs, 50. MPC-Workshop, Konstanz, Juli 2013.

[Saxen et al. 2011]

F. Saxen, K. Doll, U. Brunsmann: Support Vector Pruning with SortedVotes for Large-Scale Datasets, IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems (ICIS 2011), Guangzhou, China, pp. 305–309, 2011.

[Macht et al. 2011]

S. Schlotterbeck-Macht, K. Doll, U. Brunsmann: Introducing Chip Design using Speed of Light, 7th. In Proceedings of the International CDIO Conference, Kopenhagen, Dänemark, 2011.

[Weimer et al. 2011]

D. Weimer, S. Köhler, C. Hellert, K. Doll, U. Brunsmann, R. Krzikalla: GPU Architecture for Stationary Multisensor Pedestrian Detection at Smart Intersections, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'11), Baden-Baden, pp. 89–94, 2011.

[Westhofen et al. 2012]

D. Westhofen, C. Gründler, K. Doll, U. Brunsmann, S. Zecha:
Transponder- and Camera-Based Advanced Driver Assistance
System, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV' 12), Alcalá
de Henares, Spanien, pp. 293–298, 2012.

Intelligente Systeme und Automatisierung

Entwicklungs- und Testsysteme für Automation, Robotik und Automotive (ETARA)

Arbeitsgruppe Prof. Dr.-Ing. Kai Borgeest,
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Bruhm, Prof. Dr.-Ing. Alexander Czinki,
Prof. Dr.-Ing. Peter Fischer

Übergeordnetes Ziel des Projektes ETARA ist es, das an der Hochschule Aschaffenburg vorhandene Know-How in den Bereichen Regelungstechnik, Automatisierungstechnik und Testing zu bündeln, auszubauen und in den Wissens- und Technologietransfer einzubringen. Teilziele auf diesem Wege waren und sind:

- Stärkere interne und externe Vernetzung des Projektteams
- Aufbau und Einsatz einer standardisierten Soft- und Hardwarestruktur, welche es erlaubt, flexibel auf unterschiedlichste Anfragen und Anforderungen aus den Bereichen Lehre, Forschung und Industrie zu reagieren,
- Aufbau und Erweiterung der Entwicklungs- und Testinfrastruktur.

Zu diesem Zweck werden Rapid Control Prototyping Werkzeuge eingesetzt, welche gängige Zielsysteme aus verschiedenen Anwendungsbereichen unterstützen. Für die Systemtests werden neben universell einsetzbaren Laborsystemen (z.B. Systeme der Fa. dSPACE) auch diverse industrielle Zielsysteme in Hardware vorgehalten.

Des Weiteren werden Einrichtungen für die Testautomatisierung (insbesondere ein HIL-Simulator) sowie exemplarische Regelstrecken (ETARA-Fahrzeug ETAbot, Prüfstände im Labor für Mechatronische Systeme, Industrieroboter) verwendet.

Im Rahmen des Teilprojektes ETAbot wird die von der ETARA-Projektgruppe aufgebaute flexible Hard- und Softwarearchitektur exemplarisch erprobt. Als Basis für diese Arbeiten wurde ein mobiles Robotersystem (ETAbot) entwickelt und mit der genannten Hard- und Softwarearchitektur ausgestattet.

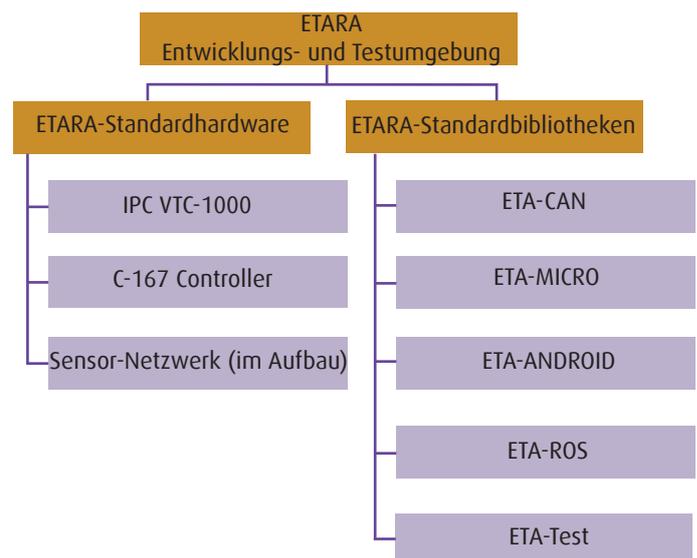


Abb. 1: Standardisierte Entwicklungs- und Testumgebung „ETARA“

Als Grundlage für aktuelle und zukünftige Tests dient ein Anwendungsszenario, welches von einem schweren Unfall mit starken chemischen und nuklearen Emissionen ausgeht. Hierbei wird von einer menschengefährdenden Umgebung mit hohen Risiken ausgegangen.

Ein hierfür eingesetztes autonome System muss folgende Eigenschaften aufweisen:

- hohe Robustheit und Flexibilität
- hohe Mobilität in einem unbekanntem, ggf. auch stark unwegsamem Gelände
- Flexibilität in Bezug auf Explorationsstrategie und Durchführung
- hochgenaue Erfassung der Ist-Position / Lokalisierung
- multisensorielle Erfassung von Umweltinformationen und Echtzeitverarbeitung vor Ort

Diese Anforderungen sind auch typisch für eine Vielzahl ähnlicher Anwendungen in artverwandten Bereichen wie den folgenden:

- Automotive (Autonomes Fahren, Hindernis- und Gefahrenerkennung, Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation)
- Industrierobotik (Adaption klassischer Roboter an veränderliche Umgebungen und „unscharf“ formulierte Aufgabenstellungen)
- Automation (hochgenaue und schnelle Erfassung und Verarbeitung von Sensorinformationen, künstliche Intelligenz, verteilte Intelligenz)

Entsprechend sind die Ergebnisse auch teilweise oder in Gänze in diese Bereiche übertragbar. Die in ETARA entwickelte und aufgebaute modulare, offene Systemarchitektur (siehe Abb. 2) ermöglicht die flexible Erprobung innovativer Automatisierungskonzepte unter Einbeziehung leistungsfähiger Sensorik.



Abb. 2.: ETAbot-Steuerungsarchitektur

Für den Erfolg eines Automatisierungssystems ist – neben der Realisierung einer flexiblen und hinreichend leistungsfähigen Hard- und Software – vor allem auch die einfache Bedienbarkeit von großer Bedeutung. Im Rahmen des Teilprojektes ETAbot wurde daher eine eigens für die ETAbot-Roboterplattform gestaltete HMI-Schnittstelle erstellt.

Als Basis hierfür dient ein handelsübliches Tablet, welches mit dem Betriebssystem Android betrieben wird. Sowohl die Bedienung als auch das Erscheinungsbild der Bedienoberfläche wurden hierbei bewusst an das Aussehen und die Bedienlogik (Look & Feel) von üblichen Handy-Apps angelehnt. Auf diese Weise werden eine intuitive Bedienbarkeit durch die User unterstützt und mögliche Einstiegsbarrieren beim Einsatz des Programmes gesenkt. Ein Schwerpunkt der Entwicklung lag auf einer möglichst flexiblen Adaptierbarkeit der Bedienoberfläche an unterschiedliche Aufgaben und Bedienpersonen. Ein integriertes User-Management erlaubt es, unterschiedlichen Usergruppen individuelle Funktionalitäten und Rechte bereitzustellen. In der höchsten User-Gruppe, ist ein direkter Zugriff via WLAN auf die CAN-Schnittstelle des Roboters möglich, sodass direkt vom Tablet aus unmittelbare Zugriffe auf tiefere Ebenen der Steuerungsarchitektur möglich sind.

Als Ergänzung für die autonome Bewegungssteuerung wurde zudem eine manuelle Bedienung der Fahrfunktionen über die Roboter-App realisiert. Hierzu wurden zwei Bewegungsmodi implementiert, welche eine Bedienung des Roboters wahlweise über ein joystickähnliches, grafisches Bedienelement oder aber über die Neigung des Tablets relativ zum Gravitationsfeld der Erde ermöglichen.

Intelligente Systeme und Automatisierung

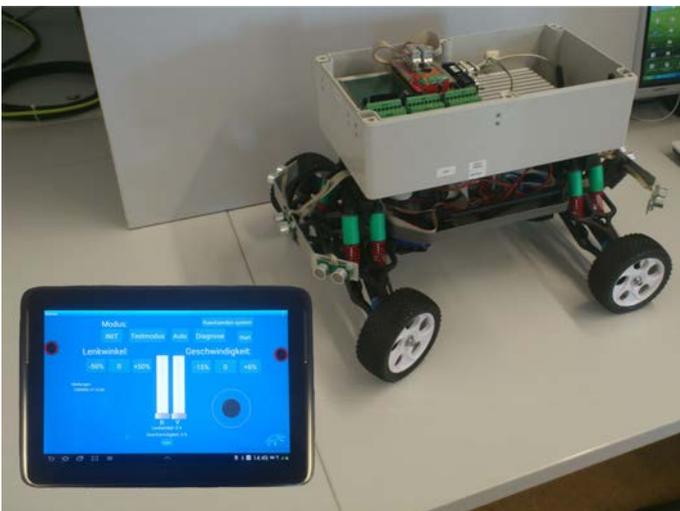


Abb. 3: Für ETABot entwickeltes Touch-HMI auf Tablet-Basis

Der entwickelte Mobilroboter ETABot verfügt sowohl über einen Industrie-PC (IPC), auf dem unter dem Betriebssystem Linux die universelle Robotik-Plattform ROS arbeitet, sowie für harte Echtzeitanforderungen über einen 16-bit-Mikrocontroller. Der IPC kann über WLAN mit externen Rechnern kommunizieren, womit noch eine dritte Rechenebene zur Verfügung steht. Der ETABot wurde mit einer Vielzahl von Standardsensoren für das autonome Fahren ausgestattet. Zudem wurde er so ausgelegt, dass er auf einfache Weise um weitere Sensoren für physikalische Messgrößen oder zur Umgebungserfassung (Kamera, Laserscanner) erweitert werden kann.

Für die integrierten Technologien wurden auch die notwendigen Hilfsmittel zur Entwicklung beschafft und in Betrieb genommen. Diese stehen nun auch zukünftigen Anwendungen zur Verfügung. Die Rechner-/Sensorikplattform des ETABot ist im Einsatzbereich also nicht auf die Anwendung in Mobilrobotern beschränkt. Zukünftig sollen neue Anwendungsszenarien erschlossen werden. Dies kann von einfachen Explorationsszenarien bis hin zur Anwendung als Scaled Vehicle zur Erprobung fortgeschrittener Fahrerassistenzsysteme reichen.

Das in ETARA verwendete Robot Operating System ROS ist ein Software-Framework, dessen Entwicklung von einer Open Source Community vorangetrieben und seit 2012 von der Open Source Robotics Foundation OSRF koordiniert wird. ROS ist stark modularisiert und umfasst neben dem Systemkern roscore eine Vielzahl von sogenannten Packages, die ihrerseits wiederum zu Stacks zusammengefasst werden können. Es steht ein sehr breites Spektrum von Funktionalitäten zur Verfügung: Unterstützt werden verschiedenste Sensoren und Aktoren, Busschnittstellen, Bildverarbeitungsalgorithmen, Simulationsmodelle für diverse Roboter, Methoden zur Bahnplanung und Hindernisvermeidung, HMI-Geräte, etc.

Die einzelnen Nodes von ROS sind gekapselt und kommunizieren untereinander nach dem Publisher/Subscriber-Prinzip über sogenannte Topics. ROS ist von Haus aus netzwerkfähig und unterstützt verteilte Applikationen, insbesondere das Zusammenspiel von eingebetteten und externen Rechnern. Mechanismen zur Einbindung von Cloud-Services sind ebenfalls verfügbar.

Das ETARA-Team baut sukzessive die Kompetenzen auf, welche erforderlich sind um praxistaugliche Lösungen auf der Basis von ROS zu entwickeln. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erwähnen, dass die in ROS verfügbaren Funktionalitäten nicht nur für die mobile Robotik relevant sind. Unter dem Namen ROS Industrial hat sich eine Interessensgruppe konstituiert, die sich auf die Steuerung klassischer Industrieroboter fokussiert und die Weiterentwicklung in diesem Bereich vorantreibt.

Aufbau und Erweiterung der Entwicklungs- und Testinfrastruktur: HIL-Testplatz (Hardware in the Loop)

Beim Entwurf und beim Test eingebetteter Systeme ist es oftmals zweckmäßig, das System nicht in seiner realen, sondern in einer simulierten Umgebung zu betreiben.



Auf diese Weise können insbesondere auch Situationen simuliert werden, die im realen System entweder prinzipiell nicht oder aus Kosten- und Sicherheitsgründen nur eingeschränkt dargestellt werden können. Ferner erlaubt HiL auch einen schnellen Wechsel zwischen unterschiedlichen Betriebsszenarien. Hierzu wird die Umgebung in ein Simulationsmodell abgebildet und der spezielle Simulationsrechner wird über zusätzliche Ein- und Ausgabekarten mit der zu entwickelnden oder zu testenden Hardware verknüpft. Dadurch kann die Hardware ohne reale Umgebung in geschlossene Regelkreise eingesetzt werden.

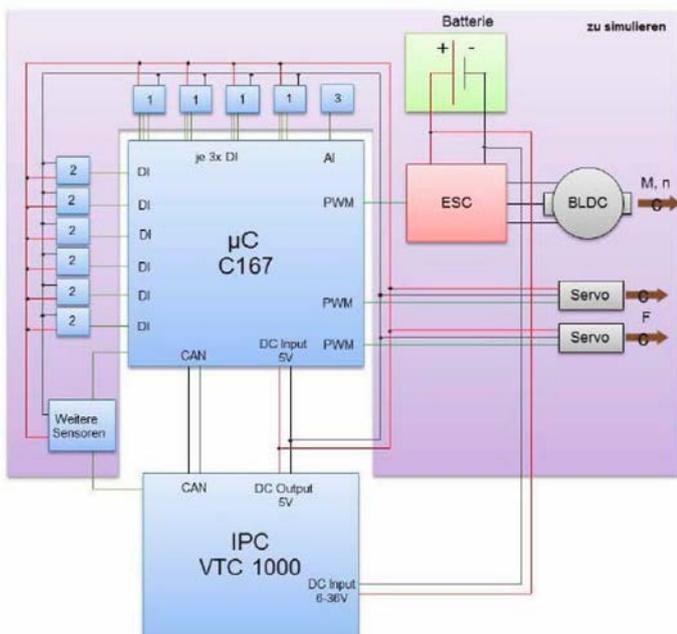


Abb. 4: ETARA-Systemarchitektur mit exemplarischer HiL-Umgebung (Chr. Imhof).

Im ETARA-Projekt wurde ein HiL-System aufgebaut, das exemplarisch in der Entwicklung der ETAbot-Steuerung verwendet wird, durch seine Konfigurierbarkeit aber auch für zahlreiche andere Anwendungen (u. a. automobile Steuergeräte) einsetzbar ist.

Ein besonderer Schwerpunkt ist der Einsatz des HiL-Systems zur Optimierung der Energieeffizienz. Autonome Fahrzeuge wie der ETAbot müssen wie Elektrofahrzeuge aus mitgeführten Akkumulatoren versorgt werden, und dadurch ist ihre Reichweite begrenzt.

Wie lässt sich deren Reichweite vergrößern? Intuitiv finden sich zwar schnell Antworten, um aber die Energieeffizienz systematisch zu untersuchen, muss eine Vielzahl von Versuchen durchgeführt werden. Primitive Versuche messen, wie lange das Fahrzeug unter verschiedenen Betriebsbedingungen einsatzfähig bleibt. Derartige Versuchsreihen sind sehr aufwändig, selbst wenn unter Anwendung statistischer Methoden (DOE, Design of Experiments) die Anzahl durchzuführender Versuche systematisch auf ein Minimum reduziert wird. Hier bietet sich der Einsatz von Simulationen an. Die erforderlichen Simulationsmodelle wurden erstellt und können nun eingesetzt werden. Da ein neuer Versuch nun nur noch die Anpassung weniger Modellparameter erfordert, können ganze Versuchsserien automatisch durchlaufen und teilautomatisch geplant werden. Statistische Auswertungen aller Einflussgrößen können durchgeführt werden und durch die Anwendung von Optimierungsverfahren auf die Testparameter können sogar automatisch Worst-Case-Szenarien bestimmt werden.

Simulations- und Rapid Control Prototyping-Systeme für industrielle Anwendungen

Das ETARA-Team hat in der ersten ZeWiS-Projektphase seine Kompetenz auf dem Gebiet der simulationsbasierten Entwicklungs- und Testverfahren für industrielle Automatisierungslösungen erfolgreich eingesetzt. In diesem Zusammenhang spielt das Rapid Control Prototyping (RCP), d. h. die automatische Codegenerierung für diverse Echtzeit-Zielsysteme eine wichtige Rolle. Die in der Simulation bereits vorgetesteten Automatisierungslösungen können auf diese Weise unter Echtzeitbedingungen erprobt werden.

Intelligente Systeme und Automatisierung

Das entsprechende Testszenario wird auch als SiL-Test bezeichnet (Software in the Loop).

Im ZeWiS-Projekt ForTeRob (siehe unten) wurde diese Methodik eingesetzt, um zusammen mit externen Partnern (insbesondere der Firma Reis Robotics GmbH) kraftsensitive Steuerungsverfahren für Industrieroboter zu entwickeln, wie sie z. B. bei Schleif- und Polieranwendungen benötigt werden. Dabei kamen als RCP-Zielhardware Systeme der Fa. dSPACE zum Einsatz, die über den CAN-Bus der Robotersteuerung in Echtzeit in deren interne Steuerungsabläufe eingebunden waren.

Weitere Projektaktivitäten

Mit zwei industriellen Partnern wurden extern finanzierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte für automatisierungstechnische Aufgabenstellungen durchgeführt. Im Rahmen von ZeWiS/ETARA wird seit Juni 2011 das Projekt ForTeRob (Force controlled Teleoperated Machining with Standard Industrial Robots) bearbeitet. In Zusammenarbeit mit der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, dem Roboterhersteller Reis Robotics sowie der Firma Metallbau Heidenau als exemplarischem Endanwender werden Automatisierungslösungen für das kraftsensitive Schleifen mit Standard-Industrierobotern erarbeitet. Die Projektergebnisse lassen sich auf weitere Roboteranwendungen übertragen, für die eine schnell und feinfühlig reagierende Kraftregelung erforderlich ist.

Die nachfolgende Auflistung gibt einen Überblick der wesentlichen Arbeiten und Ergebnisse des Projekts ForTeRob:

- Systematischer Vergleich von Kraftregelungsansätzen unter Verwendung verschiedener Einspeisestellen in die Kaskadenstruktur der Bewegungsregelung
- Identifikation und Untersuchung der für die Kraftregelung relevanten Eigenschaften verschiedener Roboterachsen (Grundachsen, Handachsen, direkt angetriebene Linearachse)
- Implementierung und Kalibrierung von Reibmodellen für die an der Kraftregelung beteiligten Achsen
- Sensorlose Kraftregelung mit Reibungskompensation
- Entwicklung, Implementierung und Erprobung des FineForce-Kraftregelungsansatzes, bei dem wegen der i.A. besseren mechanischen Eigenschaften bevorzugt die Handachsen zur Kraftregelung eingesetzt werden
- Stabiles und zuverlässiges Antasten von Werkstückoberflächen mit Übergang von der Bewegungs- zur Kraftregelung
- Untersuchung des Einflusses der Zykluszeiten auf die Qualität der Kraftregelung
- Entwicklung von Benchmark-Tests, um die Kraftregelperformance von Industrierobotern beurteilen und vergleichen zu können
- Entwicklung und Evaluation einer telematischen Kontrollschnittstelle, die es einem Experten erlaubt, den Anwender bei der kraftsensitiven Werkstückbearbeitung zu unterstützen und entsprechende roboterbasierte Fertigungsprozesse aus der Ferne zu begleiten

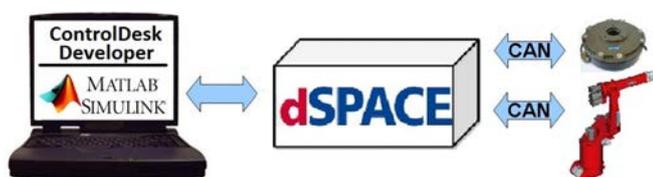


Abb. 5: Systemstruktur für das Rapid Control Prototyping im Projekt ForTeRob

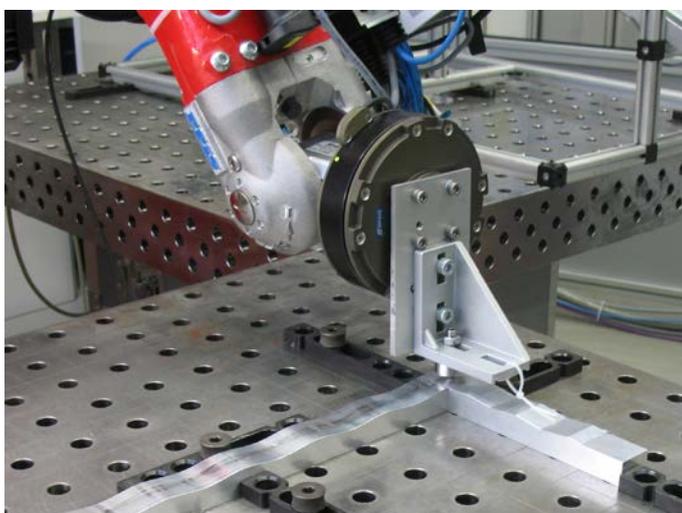


Abb. 6: Links: Untersuchung des Störverhaltens der Kraftregelung durch Abfahren eines Sinusprofils. Rechts: Anwendung der entwickelten Kraftregelungsalgorithmen auf das Schleifen mit Industrierobotern.

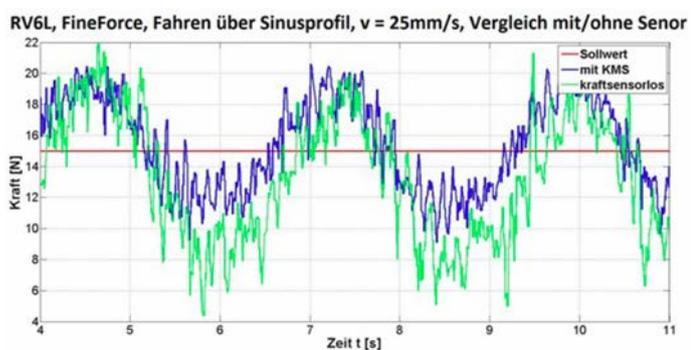


Abb. 7: Kraftregelung am Sinusprofil mit (blau) und ohne Kraftsensor (grün) im Vergleich.

Intelligente Systeme und Automatisierung

Logistik und Tourenoptimierung

Arbeitsgruppe Prof. Dr. Michael Eley

Aus dem klassischen Stückgutgeschäft haben sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten durch die Abgrenzung eines gesonderten Marktes für Kurier-, Express- und Paketsendungen so genannte KEP-Dienste entwickelt. Das bei weitem größte Segment im KEP-Markt bilden dabei die Paketdienste, die sich auf den Transport von Kleinpakete mit einem Gewicht von bis zu 31,5 kg spezialisiert haben. Aufgrund der von den Paketdienstleistern gegenüber den Kunden gemachten Laufzeitgarantien (z. B. 24-Stunden-Lieferung bei einem Transport innerhalb Deutschlands) haben Paketdienste daher leistungsfähige Transportnetze entwickelt, die sicherstellen, dass die Sendungen in der gewünschten Zeit beim Empfänger ankommen.

Diese Transportnetze verbinden die physischen Standorte der Transportunternehmen, also Depots und Umschlagstandorte miteinander. Der typische Transportablauf in diesen Netzen sieht so aus, dass während des so genannten Vorlaufs innerhalb der Depotgebiete Sendungen von Kunden abgeholt werden. Die Sendungen werden dann zu größeren Ladungen gebündelt und im so genannten Hauptlauf zwischen den Depots transportiert. Anschließend werden im Nachlauf die Sendungen innerhalb der Depotgebiete an die Kunden ausgeliefert. Vor- und Nachlauf werden auch unter dem Begriff Nahverkehr zusammengefasst da sie weitestgehend zeitgleich im Zeitfenster zwischen 7.00 Uhr und 16.00 Uhr in den einzelnen Depotgebieten stattfinden.

Innerhalb dieser Transportnetze ist insbesondere die Organisation und Planung des Nahverkehrs eine zentrale Optimierungsaufgabe für die Paketdienstleister. Bei KEP-Diensten verursacht der Nahverkehr jährliche Kosten von mehreren hundert Millionen Euro. Eine optimierte Planung führt allerdings neben der Kostenreduktion auch zu einer deutlichen Reduktion von Emissionen und leistet somit

einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Logistik. Das Planungsproblem für den Nahverkehr in den einzelnen Depotgebieten lässt sich wie folgt beschreiben: Ausgehend von einem Depot müssen Touren für eine vorgegebene Fahrzeugflotte berechnet werden, sodass der individuelle Güterbedarf einer Menge von Kunden gestillt wird.

Pro Fahrzeug wird eine separate Route berechnet, deren Start und Zielpunkt an ein und demselben Depot liegen. Daneben muss jeder Kunde mindestens einmal besucht werden. Als Zielsetzung gilt es ein vorgegebenes Kriterium, z. B. die insgesamt zurückgelegte Fahrstrecke der Flotte, die Anzahl benötigter Fahrzeuge oder noch näher zu spezifizierende Kosten, zu minimieren. Bei der Optimierung müssen darüber hinaus noch weitere Nebenbedingungen berücksichtigt werden:

- Vorgegebene Zeitfenster für die Abholung und die Ablieferung müssen eingehalten werden.
- Besonders bei der Berücksichtigung von Expresssendungen müssen enge Zeitfenster beachtet werden.
- Unterschiedlicher Fahrzeugtypen im Hinblick auf die transportierbare Anzahl an Paketen, dem Gewicht der Pakete und dem Volumen der Pakete müssen beachtet werden. Darüber hinaus können die maximalen Fahrzeiten der Fahrzeuge unterschiedlich sein.
- Fahrzeiten können zudem tageszeitabhängig schwanken
- Die Abholung und Ablieferung von Sendungen sollte möglichst zeitgleich erfolgen.
- Im Rahmen von sog. Abstimmungskonzepten sollen mit Kunden zeitabhängig alternative Zustellpunkte definiert werden können.
- Ein *Load Ballancing* zwischen den einzelnen Touren sollte sichergestellt werden.

Allerdings sind keine Planungsunterstützungssysteme für den Nahverkehr am Markt verfügbar, die die umfangreichen Nebenbedingungen vollständig berücksichtigen und somit sicherstellen, dass die ermittelten Lösungen auch umgesetzt

werden können. Daher findet die Planung in der Praxis in der Weise statt, dass die einzelnen Depotgebiete in mehrere Tourengebiete unterteilt werden. Dieser Lösungsansatz führt allerdings nur zu suboptimalen Lösungen da insbesondere kein Ausgleich zwischen Touren in unterschiedlichen Tourengebieten erfolgen kann. Vielversprechender ist es dagegen sämtliche Aufträge für ein gesamtes Depotgebiet in einem Pool zusammenzufassen und dann alle Aufträge simultan zu planen.

Zur Lösung des Planungsproblems werden in Zusammenarbeit mit mehreren KEP-Dienstleistern Algorithmen entwickelt. Dabei werden unterschiedliche Varianten des Optimierungsproblems betrachtet (Abb. 1):

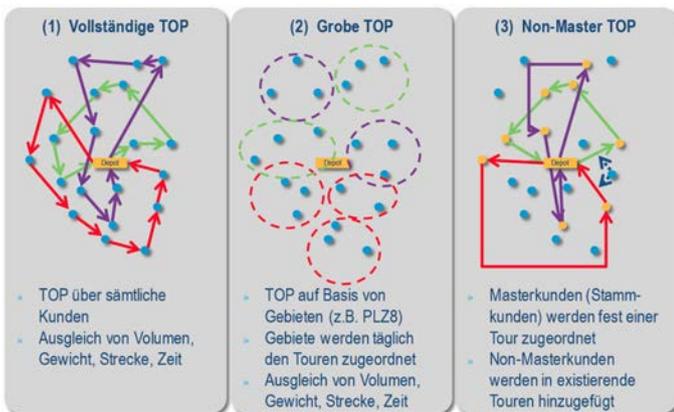


Abb. 1: Varianten des Tourenplanungsproblems (TOP)

- Vollständige Tourenplanung unter Berücksichtigung aller Kunden
- Eine Tourenplanung basierend auf den Ergebnissen einer Gebietsoptimierung
- Eine eingeschränkte Tourenoptimierung für nicht regelmäßig anzufahrende Kunden

Aufgrund der vorgegebenen Problemgröße mit mehreren tausend Transportaufträgen pro Tag sowie der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Rechenzeit kommen dabei

effiziente Heuristiken als Lösungsverfahren zum Einsatz. Besonders Suchverfahren mit variablen Nachbarschaften haben sich hier als vorteilhaft erwiesen. Die Visualisierung der erzeugten Lösungen erfolgt mithilfe von geographischen Informationssystemen (Abb. 2).

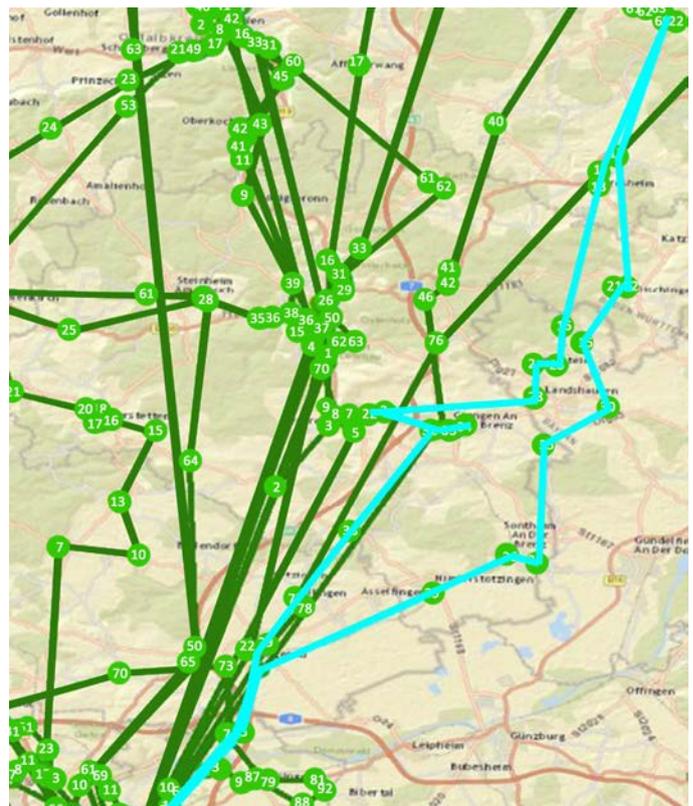


Abb. 2: Mögliches Ergebnis einer Tourenoptimierung

Materials

Einführung

Der Bereich Materials setzt sich aus den Forschungsgruppen Biomaterials, Materials Testing & Reliability und dem Laserapplikationszentrum LAZ zusammen. Die Kompetenzen Werkstoffe sowie Nano- und Mikrosysteme werden in diesen Bereichen gebündelt. In der Mikrosystemtechnik werden die unterschiedlichsten Funktionen, Materialien und Komponenten in einem System miteinander vereint. Basistechnologien wie die Mechanik, die Optik und die Elektronik kommen in ihr zum Einsatz. Besondere Bedeutung kommt neuen Materialien in der Mikrosystemtechnik zu. Bei aktuellen Entwicklungen in der Mikro- und Nanotechnologie sowie Photonik spielen neue Werkstoffe eine herausragende Rolle und ermöglichen oft erst die Neu- und Weiterentwicklung von Produkten und Verfahren.

Sowohl Fragestellungen, welche die Schnittstelle zwischen Zellen und Chip, Lab-on-Chip und Biosensorik betreffen, als auch die Lasermaterialbearbeitung, die optische Messtechnik sowie photonische Systeme und Sensorik am Laserapplikationszentrum LAZ stehen im Fokus des Bereichs Materials. Darüber hinaus ist die Charakterisierung (mikro-)elektronischer Baugruppen mit diversen zerstörenden als auch zerstörungsfreien Prüfverfahren möglich. Im Mittelpunkt steht hierbei die Computertomographie, welche nun nach der Medizin in der Industrie zahlreiche Anwendungen findet. Umfassendes Know-how und eine gute Ausstattung im Bereich Werkstoff- und Mikrosystemtechnik, optische Technologien und Biomaterialien sind die bestehenden Voraussetzungen für die einschlägige Kernkompetenz des Bereichs Materials. Hauptaufgabengebiet ist die Entwicklung, Charakterisierung, Bearbeitung und Anwendung neuer Materialien im Bereich der Mikrosystemtechnik und Mikroelektronik sowie Optik und Life Sciences und daraus folgend eine nachhaltige Forschungs- und Entwicklungstätigkeit im Bereich Materials an der Schnittstelle zwischen Grundlagenforschung und technischer Anwendung.

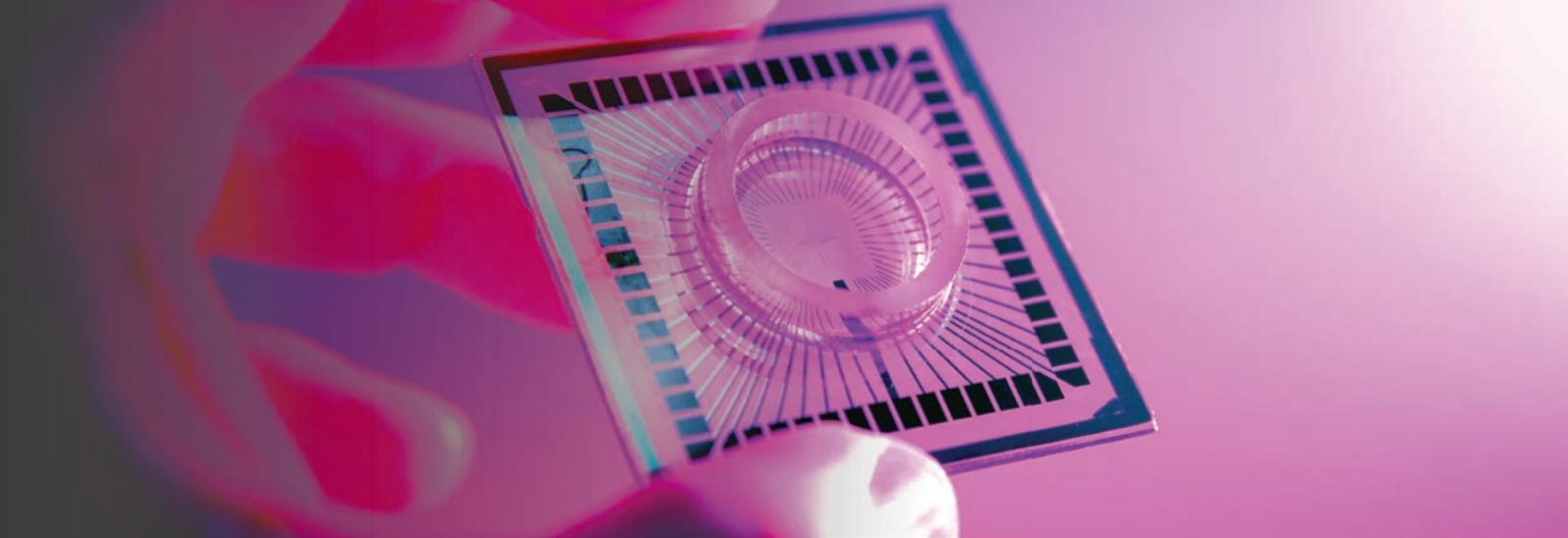
Biomaterials und Biosensoren

Arbeitsgruppe Prof. Dr.-Ing. Christiane Thielemann

Ob Maus, Affe oder Mensch, komplexe Lebensformen sind aus einer Vielzahl einzelner Zellen aufgebaut, deren Zusammenleben durch den Austausch und die Verarbeitung von Informationen bedingt ist. Nerven- und Herzmuskelzellen bedienen sich elektrischer Prinzipien, die im klinischen Alltag durch nichtinvasive, makroskopische Verfahren wie Elektroenzephalografie (EEG) oder Elektrokardiografie (EKG) untersucht werden können.

Für ein detailliertes Verständnis interzellulärer Kommunikation sowie zellulärer Reaktionen auf chemische oder physikalische Reize bieten sich daneben in-vitro-Modelle an. Mit geeigneten Systemen können einzelne Zellen in Suspension oder in einem überschaubaren Netzwerk auf Petrischalen untersucht und manipuliert werden. Das Verständnis, die Anwendung und die Optimierung der Schnittstelle zwischen biologischen Systemen und artifiziellen Einheiten stellen die Motivation für die Forschungstätigkeiten im biomat-Labor dar.

Das biomat-Team unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Christiane Thielemann besteht aktuell aus einem Postdoktoranden, sechs Doktoranden, sieben Masterstudenten und drei Bachelorstudenten. Dabei ist der Frauenanteil mit über 30 % für einen ingenieurwissenschaftlichen Bereich bemerkenswert hoch. Durch zahlreiche Drittmittelvorhaben konnten die Forschungsprojekte in den letzten zwei Jahren stark intensiviert werden. Es besteht eine Vielzahl von Kollaborationen mit nationalen Unternehmen, Instituten und Universitäten. Ein Austausch von Wissenschaftlern mit der Universität São Paulo, Brasilien, hat 2013 das Spektrum der Partner auch auf die internationale Ebene erweitert. Neben wissenschaftlichen Kollaborationen werden vom biomat-Team ferner Dienstleistungen, etwa im Bereich der



Materialcharakterisierung oder der Mikrosystemtechnologie angeboten. Im Folgenden wird ein Auszug aus den laufenden Projekten im biomat-Labor vorgestellt.

Zellbasierte Biosensoren

Biosensoren sind miniaturisierte Analysensysteme, in denen biologisch sensitive Elemente an Signalwandler gekoppelt werden, um funktionale oder analytische Informationen über physikalische und chemische Stimuli zu erhalten.

Das biologisch sensitive Element kann aus Enzymen, Organellen, aber auch ganzen Zellverbänden gebildet werden. Letzteres erlaubt eine Spezifizierung als zellbasierte Biosensoren, da neben der analytischen Klassifizierung eine physiologische Beschreibung der Interaktion von Reiz und lebendem System möglich ist.

Die nichtinvasive und damit langzeitstabile Untersuchung elektrophysiologischer Eigenschaften von in-vitro-Systemen ist durch sog. Mikroelektroden Arrays (MEAs) möglich.

Bei diesem Verfahren werden zelluläre Netzwerke aus Neuronen oder Kardiomyozyten auf planare, substratintegrierte Mikroelektroden immobilisiert. Mit dieser Kopplung lassen sich Ionenströme während eines Aktionspotenzials extrazellulär ableiten. Die Amplituden der gemessenen Signale liegen im Bereich von etwa 10^2 - 10^3 μ V und sind insbesondere von der Zell-Elektroden-Kopplung abhängig.

Die physiologische Relevanz derartiger Biosensoren ist von der Wahl des Zellkulturmodells bestimmt. In Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Paul Layer, Fachbereich Biologie, Technische Universität Darmstadt, wurden erfolgreich neuartige Systeme auf Basis dreidimensionaler Zellnetzwerke entwickelt.

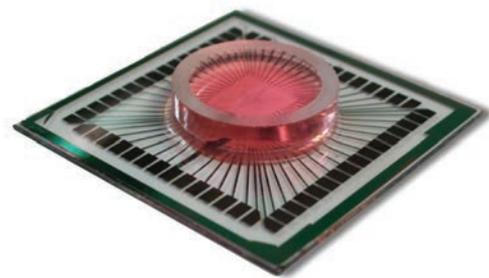


Abb. 1: Mikroelektroden-Array zur elektrophysiologischen Untersuchung von Neuronen und Kardiomyozyten

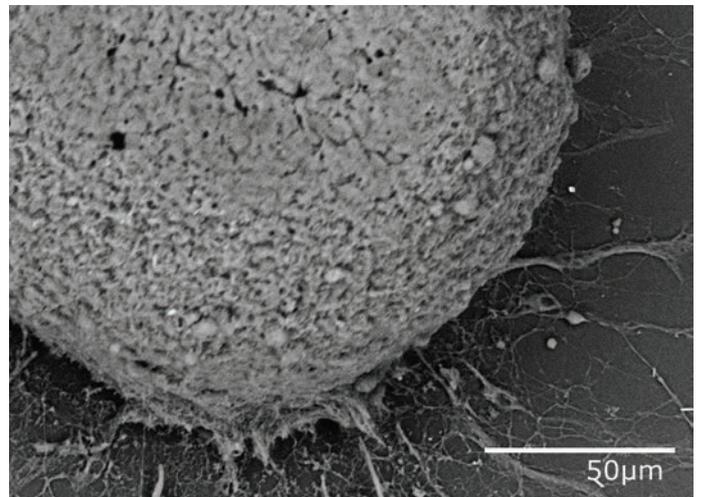


Abb. 2: Dreidimensionales Zellsystem aus Neuronen. Die Netzwerke bestehen aus einigen hunderttausend einzelnen Zellen die nach wenigen Tagen in Kultur intrinsische Aktivität entwickeln.

Materials

Pharmakologie

Die Applikation pharmakologisch wirksamer Substanzen führt zu spezifischen Änderungen im intrinsischen Signalmuster der in-vitro-Systeme. In neuronalen Systemen ist die Gamma-Amino-Buttersäure (GABA, engl. Gamma-Aminobutyric Acid) der wichtigste hemmende Neurotransmitter. Seine Rezeptoren sind Zielstruktur für eine Reihe von Arzneimitteln, aber auch von Krampfgiften. Bicucullin beispielsweise blockiert die inhibitorische Funktion von GABA was eine Steigerung der Netzwerkaktivität nach Zugabe der Substanz erwarten lässt. In den Experimenten mit Mikroelektroden-Arrays konnte dieser Effekt bestätigt werden. Neuronale Zellen reagierten auf die Applikation von Bicucullin mit einer erhöhten Anzahl von Ereignissen sowie einer zunehmenden Synchronisierung der Netzwerkaktivität.

Der charakteristische Verlauf der Aktionspotenziale von Kardiomyozyten spiegelt sich auch in den extrazellulären Ableitungen mit Mikroelektroden-Arrays in Form repetitiver, formkonstanter Feldpotenziale wider. Durch selektive Blockierung von Ionenkanälen mit Arzneistoffen ist eine Manipulation des Feldpotenzialverlaufs möglich. Kaliumkanalblocker der Gruppe Antiarrhythmika verzögern beispielweise die Repolarisation während des Aktionspotenzials und führten in den Experimenten zu einer Verlängerung der Plateauphase.

Damit erlauben Mikroelektroden-Arrays eine funktionale Analyse der elektrophysiologischen Wirkmechanismen von Arzneistoffen. Den Anforderungen entsprechend könnten Mikroelektroden-Arrays schließlich als wertvolles System zur Ermittlung pharmakologisch-toxikologischer Profile in der Arzneimittelentwicklung dienen. Die Forschungstätigkeiten des biomat-Labors im Bereich der zellbasierten Biosensorik für Anwendungen in der Pharmakologie sind inzwischen mehrfach publiziert und wurden im vergangenen Jahr durch die Hessische Landesregierung mit dem Tierschutz-

Forschungspreis ausgezeichnet. Damit wurde der originelle und innovative Ansatz der Arbeiten und insbesondere das Potenzial der entwickelten Biosensoren zur Vermeidung oder Verminderung von Tierversuchen honoriert.

Life Cycle Assessment

Arzneimittel tragen zu einem hohen Lebensstandard bei und sind heutzutage nicht mehr aus dem Alltag wegzudenken. Derzeit sind auf der Roten Liste mehr als 2.000 verschiedene Wirkstoffe für Humanarzneimittel registriert. Die Verkaufsmenge lag im Jahr 2001 allein in Deutschland bei über 37.000 Tonnen. Es wird geschätzt, dass 10 bis 20 Prozent dieser Menge aus verschiedenen Gründen nicht verbraucht werden und somit mehrere tausend Tonnen Arzneimittelabfall pro Jahr anfallen.

Dieser Abfall wird jedoch nicht immer ordnungsgemäß im Restmüll oder – wenn möglich – bei einer Apotheke entsorgt, sondern gelangt über den Ausguss (Toilette, Waschbecken usw.) in den Wasserkreislauf. Hinzu kommt, dass viele Medikamente nach Einnahme zum Teil unverändert aus dem Körper ausgeschieden werden bzw. ihre Umbauprodukte (Metabolite) immer noch pharmakologisch aktiv sind.

Seit Anfang der 90er Jahre die ersten Arzneimittel durch Zufall in Wasserproben entdeckt wurden, konnten bisher 130 Wirkstoffe in Oberflächengewässern und sogar 23 Wirkstoffe im Trinkwasser nachgewiesen werden. Bei den Wirkstoffen handelt es sich unter anderem um Analgetika, Antiepileptika, Lipidsenker, Antibiotika und Hormone (z. B. aus der Antibabypille). Letztere sind nachgewiesenermaßen für das Aussterben bestimmter Fischpopulationen verantwortlich, was die Umweltrelevanz der Arzneimittelspurenstoffe unterstreicht.



Ob durch die Wasserbelastung ein Risiko für den Menschen besteht, ist aufgrund von mangelnden Daten bezüglich der chronischen Exposition im Niedrigdosisbereich wissenschaftlich umstritten. Daher werden im Rahmen eines vom Bayerischen Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst geförderten Projektes im biomat-Labor gemeinsam mit der Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau Verfahren entwickelt, um das zytotoxische Potenzial der Wirkstoffe zu untersuchen. Dabei stellen Mikroelektroden-Arrays eine einfach zu handhabende Methode dar, die Aussagen über die Mechanismen neuroaktiver Substanzen ermöglicht.

Lernen, Gedächtnis und Neuroimplantate

Die scheinbar stochastischen, intrinsischen Signalmuster von neuronalen Systemen unterliegen der Genese bzw. Reorganisation von Neuriten und Synapsen. Ein funktionales Verständnis neuronaler Prozesse von Lernen und Gedächtnis gestaltet sich nicht zuletzt wegen der Komplexität des menschlichen Gehirns schwierig: Das menschliche Gehirn besteht aus einer Billion Nervenzellen, von denen wiederum jede an die 10.000 Verbindungen zu anderen Zellen eingehen kann. Abhilfe schafft auch hier die Idee, statt diesen komplexen Gebildes das Zusammenspiel und Verhalten weniger Zellen *in vitro* zu untersuchen.

Die Konzentration auf ein überschaubares Netzwerk trägt dazu bei, neuronale Informationsverarbeitung unter kontrollierten Laborbedingungen zu erforschen und zu verstehen. Hierzu entwickelt das biomat-Labor ein System, dass sowohl die Messung von Zellsignalen als auch die präzise Stimulation auf Einzelzellebene ermöglicht. Diese Stimulation ermöglicht es einerseits den Aufbau der Zellnetzwerke nachzuvollziehen, da diese im Gegensatz zu beispielsweise Herzmuskelzellen nicht nur Verbindungen mit den nächstgelegenen Zellen eingehen, sondern aufgrund

ihrer langen Verzweigungen auch zu den Synapsen weit entfernter Neuronen. So werden Rückschlüsse möglich, die beispielsweise in computerbasierte neuronale Netzwerke einfließen können.

Andererseits können musterbasierte Stimulationen helfen, das Lernverhalten der Zellen zu verstehen, wenn sich über die Dauer einer längerfristigen Stimulation bestehende Wege ausbauen bzw. neue Verbindungen etablieren.

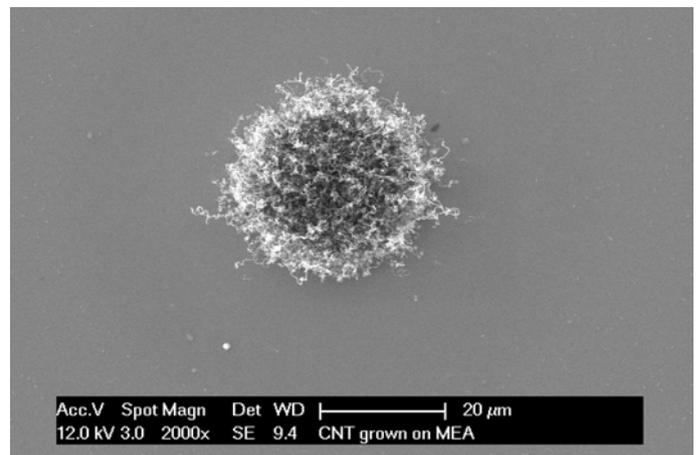


Abb. 3: Neuartige Nanomaterialien zur Ableitung und Stimulation von Nervenzellen. Durch die Integration von Carbon Nano Tubes (CNTs, Kohlenstoffnanoröhren) wird eine deutlich bessere Zell-Elektroden-Kopplung realisiert.

Die Stimulation von neuronalen Signalen findet darüber hinaus eine wichtige Anwendung in Neuroimplantaten, die – eingesetzt in Cochlea, Retina oder Gehirn – gezielt Unfallschäden oder die Folgen von Krankheiten lindern helfen sollen.

Durch die Integration neuer Nanomaterialien in die für die Ableitungen und Stimulationen vorgesehenen Elektroden sollen hier deutlich verbesserte Bedingungen für die Patienten geschaffen werden.

Materials

Signalverarbeitung

Ein wichtiger Bestandteil bei sämtlichen Experimenten ist die Verarbeitung bzw. Analyse der gewonnenen Signale. Vor allem bei komplexen Messdaten neuronaler Netzwerke ist es essentiell, so viele Informationen wie möglich aus den gewonnenen Daten zu extrahieren, um dadurch Aussagen über das Verhalten des Netzwerks zu ermöglichen. Dazu werden im biomat-Labor Algorithmen zur Signalverarbeitung entwickelt und u. a. mit MATLAB umgesetzt. Die so entstandene Softwareplattform DrCell steht seit Oktober 2013 auch Arbeitsgruppen auf internationaler Ebene zur Verfügung.

Bei den Algorithmen gilt es zunächst, sämtliche Zellsignale aus den gewonnenen Messdaten zu ermitteln und somit die Aktivität der einzelnen Zellen zu bestimmen. Dies beinhaltet zum einen die exakte zeitliche Erfassung jedes einzelnen Signals, zum anderen die Abgrenzung der Zellsignale vom unerwünschten Hintergrundrauschen. Des Weiteren können die erfassten Zellsignale mittels spezieller Mustererkennungsalgorithmen spezifischen Neuronen zugeordnet werden. Durch diese so genannten Spike-Sorting-Verfahren werden die Signalmuster einzelner Nervenzellen ermittelt und voneinander abgegrenzt, um so jeden Spike einer bestimmten Zelle zuzuordnen.

Ist die Aktivität der einzelnen Zellen exakt erfasst, so können in der Folge eingehendere Analysen bezüglich des gesamten Netzwerks durchgeführt werden. So wurde etwa im Projekt BAYLAT in Zusammenarbeit mit der Universität von São Paulo, Brasilien, der Signalverlauf eines Impulses durch das Nervenzellnetzwerk nachverfolgt, wodurch u. a. die Relevanz einzelner Zellen im Hinblick auf die gesamte Neuronenkultur erfasst werden konnte. Zudem kann auf diese Weise untersucht werden, inwieweit gewisse Netzwerkmerkmale statisch sind oder zeitlich variieren bzw. durch bestimmte Stimuli wie künstliche Spannungsimpulse verändert werden können.

Elektroenzephalogramm (EEG)

Zur Adressierung der Aktivität von Nervenzellen auf makroskopischer Ebene – im menschlichen Gehirn – stehen laborierte Verfahren wie beispielsweise das Elektroenzephalogramm (EEG) zu Verfügung.

Durch intelligente Signalverarbeitung und Algorithmen wird es möglich, daraus Erkenntnisse über die Reaktionen des Gehirns auf äußere Einflüsse zu gewinnen. Zu diesem Zweck werden durch verschiedene Stimuli gezielt sogenannte Event Related Potentials (ERPs) erzeugt.

Sie werden als Vorbereitung auf Körperbewegungen vom Gehirn interpretiert und können vielleicht eines Tages helfen schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt Gefahrensituation im EEG zu erkennen. Im biomat-Labor liegt der Fokus auf der Entwicklung neuer Algorithmen zur Beschreibung von EEG Signalen im Zeit- und Frequenzbereich.

In Zusammenarbeit mit dem Team von Prof. Dr.-Ing. Klaus Zindler (AG Automotive) sollen hier auch neue Impulse für den Bereich der Verkehrssicherheit etabliert werden.

Glucose Sensor

Ähnlich wie beim Menschen der Blutzuckerspiegel Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand des Patienten zulässt, lassen sich durch den Zuckergehalt der extrazellulären Flüssigkeit Rückschlüsse auf die Vitalität einzelner Zellen ziehen. Die Kontrolle des Glucosegehalts im Zellkulturmedium ist also ein wichtiger Faktor bei allen Zell-basierten Experimenten. Im biomat lab wird ein neuartiger Glucosesensor entwickelt und charakterisiert. Dies beinhaltet auch die Bereitstellung und Anwendung der Oberflächenchemie, die zur Funktionalisierung der epitaktischen Goldoberfläche als Sensormatrix notwendig ist. Der Glucosesensor basiert auf

einer funktionalisierten Goldoberfläche, die spezifisch auf die Anwesenheit von Zuckermolekülen reagiert, die sich auch in der extrazellulären Flüssigkeit befinden (Glucose).

Gemeinsam mit der Firma Heraeus Sensor Technology GmbH, Kleinostheim, ist ein oberflächenresistiver Sensor mit ultradünnen, epitaktischen Platin- und Goldschichten realisiert worden. Der wesentliche Vorteil des Sensors gegenüber anderen oberflächensensitiven Sensoren, wie zum Beispiel die Oberflächen-Plasmonen Resonanz Methode (SPR), ist die außerordentlich einfache elektronische Auswertung des Sensorsignals und die Miniaturisierbarkeit des Gesamtsystems.

Rasterkraftmikroskop (AFM)

Das Rasterkraftmikroskop, aufgrund seiner Funktionsweise auch Atomic Force Microscope (AFM) genannt, stellt seit seiner Erfindung im Jahre 1986 eines der Standardmessgeräte der Oberflächenforschung dar. Mit seinem bestechend einfachen Funktionsprinzip eröffnete es als erstes Messgerät den Einblick in die Nanowelt nichtleitender Materialien.

Abseits der Möglichkeit, Oberflächentopographie bis hin zur atomaren Auflösung zu untersuchen, ist das Rasterkraftmikroskop in der Lage, chemische, magnetische, elektrische und zahlreiche weitere Materialeigenschaften im Mikro- und Nanobereich darzustellen. Durch den Einsatz einer leitfähigen AFM-Spitze können durch eine Spannung zwischen Spitze und Material gezielt Ladungsträger in das Substrat eingebracht werden.

Befindet sich auf dem Substrat eine nichtleitende Schicht, wie z. B. ein Polymer oder ein Oxid, so bleiben diese Ladungsträger dort lokal gespeichert. Der Stoff, der nun für eine gewisse Zeit lang ein elektrostatisches Feld erzeugt, wird fortan als Elektret bezeichnet. Mittels dieser Methode,

die als AFM Charge Writing (AFM-CW) bekannt ist, können Elektretstrukturen mit einer minimalen Größe von unter 100 nm erzeugt werden und anschließend mittels Kelvin Probe Force Microscopy (KPFM) charakterisiert werden.

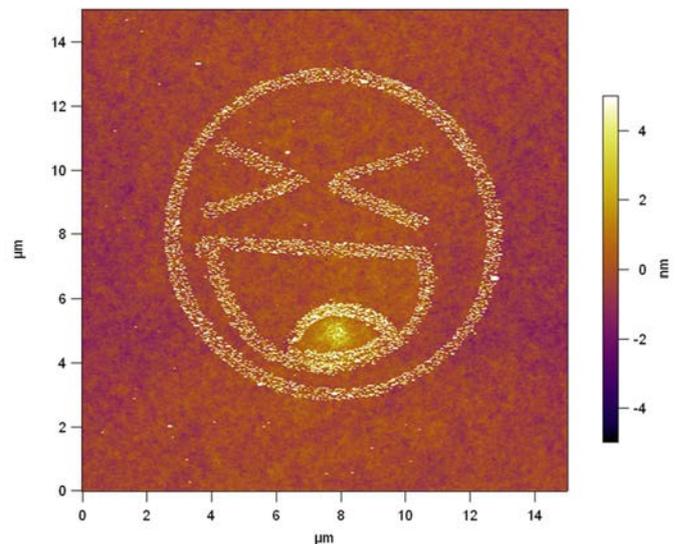


Abb. 4: Erzeugung und Messung von Nanostrukturen mit einem Rasterkraftmikroskop

Eine Anwendung findet sich in der Erzeugung von Nanostrukturen. Aufgrund elektrostatischer Anziehung können Nanopartikel, die durch chemische Modifikation ein elektrisches Potenzial besitzen, gezielt auf Nano-Elektrete platziert werden. So können verlässlich Strukturen mit Dimensionen unter 200 nm hergestellt werden und durch das AFM sowohl topographisch wie auch elektrisch charakterisiert werden.

In Verbindung mit Electric Nano Contact Printing (e-NCP), einem Verfahren, welches Strukturen durch Stempel mit nanoskaligen Mustern überträgt, können mit dieser Methode sehr schnell großflächige Nanostrukturen hergestellt werden.

Materials

Laserapplikationszentrum LAZ

Arbeitsgruppe Prof. Dr. Ralf Hellmann

Der Beginn der Aktivitäten des Laserapplikationszentrums LAZ am Zentrum für Wissenschaftliche Services war zunächst durch eine umfangreiche Erweiterung der apparativen Ausstattung sowie durch den Aufbau der personellen Struktur geprägt. Durch die bereits in der ersten Phase erfolgreiche Einwerbung von Drittmitteln wurden die dabei getätigten Investitionen nur zu etwa 40 % aus ZeWiS-Mitteln bestritten, während 60 % bereits durch zusätzlich eingeworbene Mittel gedeckt werden konnten.

Die wesentlichen Ausstattungen im Bereich der Lasertechnik sind eine Hochleistungsflachbett-Schneidanlage mit einem 4kW-Faserlaser, eine wasserstrahlgeführte Laserschneidanlage, ein modulares Lasermikromaterialbearbeitungssystem mit Ultrakurzpulslasern variabler Pulslänge sowie ein Lasermikromaterialbearbeitungsplatz mit Excimer-UV-Laser. Bei den Anlagen handelt es sich um hochwertige F&E-Geräte, die aber auch serientaugliche Komponenten und Bauteile in mittleren Stückzahlen produzieren können.

Die Systeme wurden zum Teil selbst konstruiert und realisiert oder auf der Basis eigener Konstruktionen kundenspezifisch und an die Gegebenheiten am ZeWiS angepasst aufgebaut. Mit diesen Anlagen deckt das Laserapplikationszentrum LAZ weite Teile der modernen Lasermaterialbearbeitung von der Makrobearbeitung (z.B. Schneiden von bis zu 20 mm Edelstahl und 25 mm Baustahl), über die Mikrobearbeitung (z. B. die Laserablation dünner Schichten) bis zur Nanotechnologie (z.B. die laserinduzierte Photopolymerisation von Voxeln der Größenordnung 100 nm) ab und bietet daher der Industrie gute Anknüpfungspunkte für vielfältige, gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie Dienstleistungen. Diese Lasermaterialbearbeitungsanlagen werden durch eine umfangreiche optische

Messtechnik zur Werkstoffanalyse, Werkstückprüfung, Topographiemessung und Untersuchung optischer Eigenschaften ergänzt. Das Laserapplikationszentrum LAZ verfügt dabei unter anderem über ein Rasterelektronenmikroskop, ein laser-scannendes Mikroskop, Ellipsometer sowie umfangreiche Messtechnik zur Charakterisierung von Laserstrahlung.

Neben den Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten wurden im Rahmen zahlreicher Dienstleistungsaufträge vornehmlich Aufgaben in den Bereichen der Lasermaterialbearbeitung, der Lasermesstechnik und optischen Messtechnik sowie der Werkstückuntersuchung bearbeitet. Die Aufträge dazu kamen vornehmlich von Unternehmen aus der erweiterten Region Bayerisch Rhein-Main. Bemerkenswert ist allerdings, dass das Laserapplikationszentrum LAZ auch überregional und international Aufträge akquirieren konnte.

Am Laserapplikationszentrum LAZ sind derzeit vier wissenschaftliche Mitarbeiter, zwei Ingenieure und ein Techniker aktiv und bearbeiten mehrere Industrieprojekte sowie öffentlich geförderte Vorhaben in Kooperation mit der Industrie. Darüber hinaus werden zahlreiche Dienstleistungsaufträge bearbeitet.

Projektübersicht

Aus der Vielzahl an Projekten werden in diesem Bericht exemplarisch drei Vorhaben dargestellt, die den Umfang und die Form des Kooperationsangebotes des Laserapplikationszentrums LAZ am ZeWiS aufzeigen sollen (Industrierauftragsforschung, Förderung der Kooperation von LAZ und Bayerischen Unternehmen durch die Bayerische Forschungsförderung sowie Förderung der angewandten Forschung und Entwicklung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF). Darüber hinaus geben exemplarisch aufgeführte Dienstleistungsarbeiten einen Einblick auch in dieses Angebot.



Beispiel eines Industrieprojektes: Entwicklung eines Laserschneidsensors

Laserschneiden von Metallen mit Hochleistungslasern ist ein industriell etablierter Prozess. Einhergehend mit der Entwicklung der Lasertechnik geht dabei der Trend hin zu immer höheren Laserleistungen, wobei sich für Schneidanwendung neben dem CO₂-Laser mittlerweile Faser- und Scheibenlaser etabliert haben. Diese Festkörperlaser werden industriell im Hochleistungsbereich typisch mit Leistungen von ein bis vier Kilowatt eingesetzt. Durch solch hohe Leistungen können zunehmende Materialstärken mit guter Qualität und ansprechenden Geschwindigkeiten geschnitten werden. Der Laserschneidprozess wird dabei durch eine Vielzahl an Eingangsparametern wie zum Beispiel Laserleistung, Gasdruck, Düsenabstand und Vorschubgeschwindigkeit beeinflusst. Zudem bestimmen Störgrößen (z.B. thermische Linsenbildung, Verschmutzung von Optiken, Leistungsschwankungen) und die teilweise unregelmäßigen Eigenschaften des zu trennenden Werkstoffs (z.B. Schwefeleinschlüsse in Stahl) die Schnittqualität. Selbst bei konstanten Prozessparametern und stabiler Maschinenfunktion kann es somit im Ergebnis zu Schwankungen der Schnittqualität kommen. Eine in den Anlagen auftretende ungewollte Änderung der Prozess- und Anlagenparameter verstärkt diese Qualitätsschwankungen, die bis hin zum Schnittabriss führen können. Um einen Schnittabriss zu vermeiden wird meist einem gegenüber der maximalen Geschwindigkeit mit einem reduzierten Vorschub geschnitten, was einen Effizienzverlust bedeutet.

Durch einen Schnittabriss wird meist ein Teil des Bleches beschädigt, sodass es nicht mehr für die weitere Produktion verwendet werden kann. Aus diesem Grund entsteht eine unnötig hohe Menge an Metallschrott. Auch mit Geschwindigkeitsreserve kommt es häufig zu Schnitten mit Mängeln wie Grat- oder Riefenbildung. Dadurch müssen häufig Bleche mit aufwändigen und energieintensiven Methoden wie Vibrationsgleitschleifen nachbearbeitet werden.

Um die Ressourceneffizienz von Laserschneidmaschinen zu erhöhen, entwickelt das LAZ in Zusammenarbeit mit einem bayerischen Unternehmen einen Laserschneidsensor. Dieser misst die Temperatur in der Prozesszone während des Laserschneidens. Die Temperatur in der Prozesszone bestimmt dabei die Viskosität der Schmelze und das Aufschmelzverhalten. Dabei führt beim Laserschneiden ein unstabiler Schmelzfluss zu starker Riefen und Gratabbildung. Ebenfalls lassen sich durch Schwankungen der Temperatur in der Prozesszone Schnittabriss vorhersehen und dadurch vermeiden.

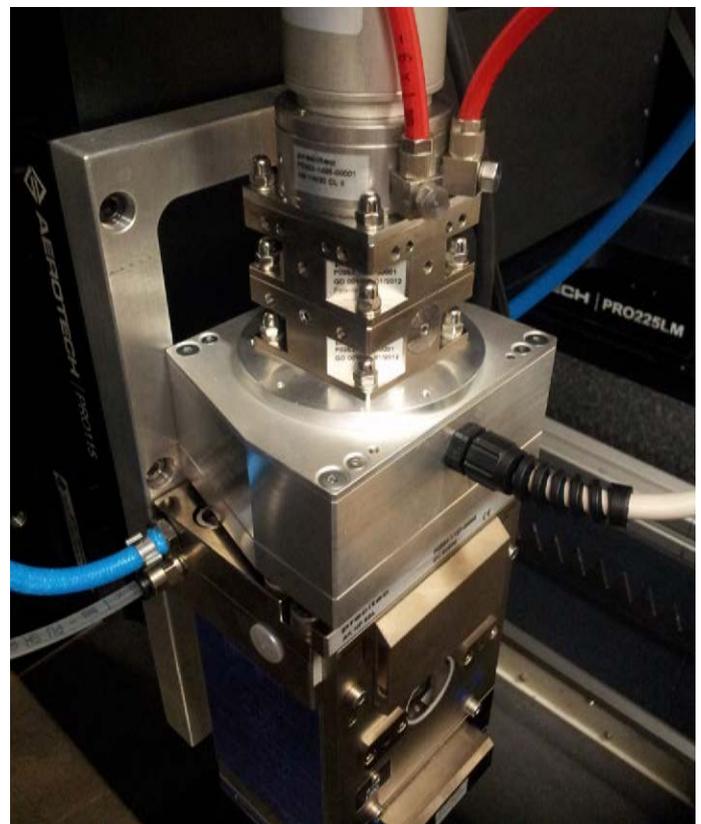


Abb. 1: Laserschneidsensor am LAZ, angebaut an einen kommerziellen Schneidkopf einer 4kW-Faserlaser-Schneidanlage.

Materials

Mit Hilfe dieses Sensors ist somit ein geregelter Schneidprozess möglich, der eine Reduzierung der Geschwindigkeitsreserve und damit eine höhere Produktivität erlaubt, die den Schneidgas- und Energieverbrauch senkt. Durch die Verringerung von Schnittabbrissen wird zudem der Anteil an beschädigten Blechen reduziert und durch eine gleichmäßig hohe Schnittqualität die energie- und arbeitsintensive Nachbearbeitung verringert.

Beispiel eines durch die Bayerische Forschungstiftung geförderten Projektes mit Industriebeteiligung

In der Elektronikindustrie und Sensorik werden Keramiksubstrate besonders für Leistungsanwendungen, Anwendungen bei hohen Temperaturen, in der Dickschichttechnik und für sehr kleine Bauteile verwendet. Keramiken zeichnen sich gegenüber anderen Substratmaterialien insbesondere durch eine höhere Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitig höherem Isolationswiderstand sowie eine höhere Härte und chemische Beständigkeit aus. Zudem liegt der thermische Ausdehnungskoeffizient nahe dem von Silizium.

Ein großer Nachteil der keramischen Substrate ist hingegen ihre schlechte mechanische Bearbeitbarkeit. Aufgrund der hohen Härte und der Sprödigkeit lässt sich das meist verwendete Aluminiumoxid mechanisch nur mit Diamantwerkzeugen bearbeiten, wobei selbst die Diamantwerkzeuge dabei stark verschleifen und die erreichbaren Bearbeitungsgeschwindigkeiten sehr klein sind. Daher werden alternativ zur mechanischen Bearbeitung bevorzugt Laserprozesse verwendet, die höhere Produktivität und kaum Verschleiß aufweisen. Beim Trennen mittels Laser werden hauptsächlich zwei Verfahren eingesetzt: Schmelzschnneiden sowie Ritzen und Brechen. Letzteres Verfahren hat den Nachteil, dass nur Geraden gebrochen werden können – komplexe Innenkonturen sowie komplexere Außenkonturen können damit nicht gefertigt werden. Meist wird für beide Prozesse der gleiche Laser in unterschiedlichen Leistungsstufen verwendet.

Derzeit ist in den Produktionsstätten hauptsächlich der CO₂-Laser zu finden, da diese Strahlquelle mit hoher Leistung, Strahlqualität und Zuverlässigkeit schon lange verfügbar ist und die Keramiken bei dieser Wellenlänge eine hohe Absorption aufweisen. Weiterhin zeichnet sich dieser Laser durch niedrige Investitionskosten aus. Durch die fortlaufende Miniaturisierung stößt der CO₂-Laser aufgrund seiner großen Wellenlänge von 10,6 µm beim Schneiden kleiner Löcher im Bereich mehrerer 10 µm beugungsbedingt jedoch an seine Grenzen. Durch das zehnmal höhere Strahlparameterprodukt von CO₂-Lasern im Vergleich zu Faserlasern (bei gleichem M²) können beim Faserlaser gleicher benötigter Fokusbereich (doppelte Rayleigh-Länge) wesentlich kleinere Fokusbereiche erreicht werden. Aus diesem Grund müssen für die weitere Miniaturisierung, die derzeit von der Elektronikindustrie gefordert wird, kürzere Wellenlängen eingesetzt werden.

Dabei bietet sich besonders der Faserlaser an, der mit 1,07 µm eine wesentlich kürzere Wellenlänge hat als der CO₂-Laser und seit wenigen Jahren ebenfalls mit hohen Leistungen, Strahlqualitäten und Zuverlässigkeit auf dem Markt erhältlich ist.

Zusätzlich hat der Faserlaser gegenüber dem CO₂-Laser einen wesentlich höheren Wirkungsgrad aufzuweisen, was bei derzeit hohen Energiekosten und Energiesparbemühungen einen nicht unwesentlichen Faktor darstellt. Bisheriges Hemmnis für den Einsatz des Faserlasers ist mitunter, dass bei seiner Wellenlänge Aluminiumoxid eine Reflexion von nur 79 % bei Raumtemperatur aufweist. Während des Laserprozesses erwärmt sich die Prozesszone jedoch stark, was mit einer erhöhten Absorption einhergeht.

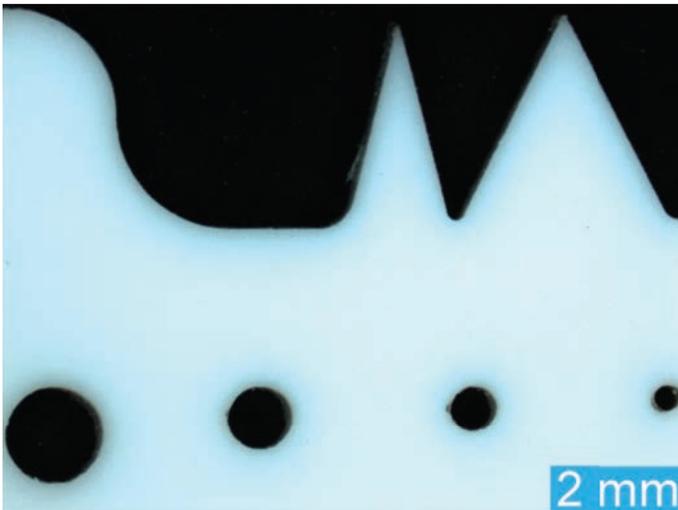
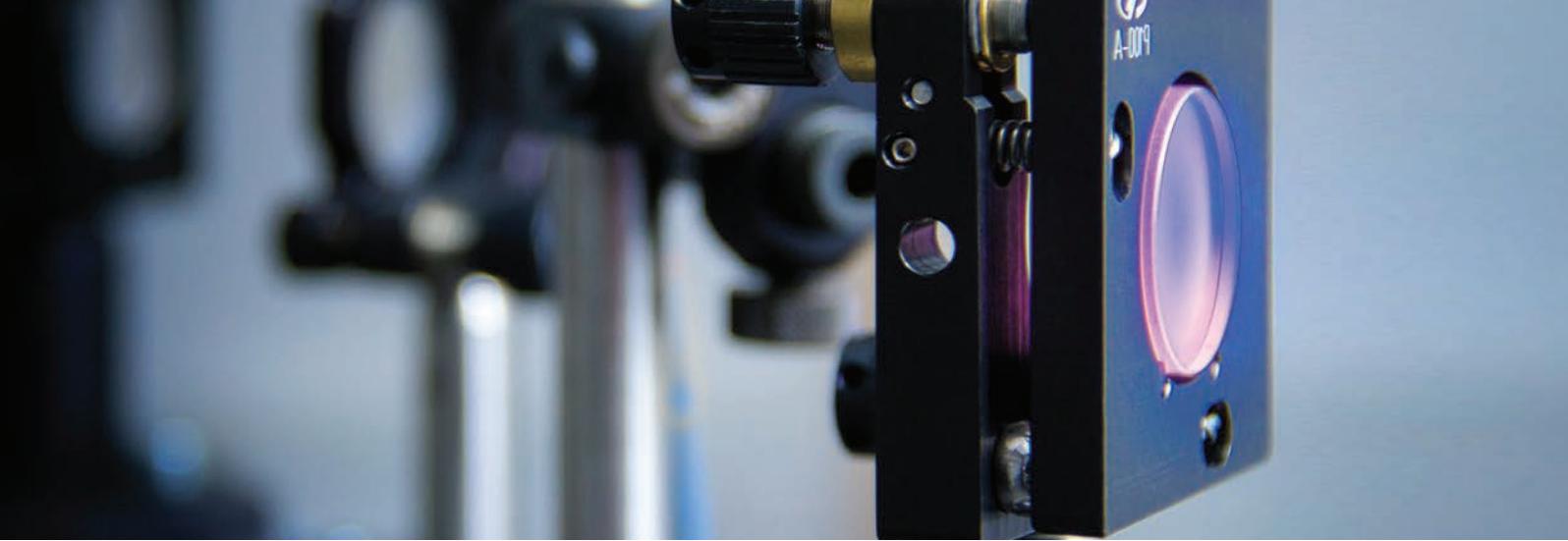


Abb. 2: Faserlaserkonturschnitt in Aluminiumoxid mit Löchern, Außen- und Innenkanten, hergestellt am LAZ.

Im Rahmen des hier beschriebenen Projektes wird die Bearbeitung von keramischen Substraten für die Elektronik und Sensorik mit moderner Faserlasertechnologie untersucht und optimiert. Neben dem meistverwendeten Aluminiumoxid werden dabei auch andere Keramiken mit verbesserten thermophysikalischen Eigenschaften für den Einsatz in der Hochleistungselektronik bearbeitet. Als Bearbeitungsprozesse werden das Schneiden, das Ritzen und das Bohren untersucht. Neben der Produktivität wird die Qualität der Bearbeitungsprozesse optimiert, die sich auf die Konturtreue, die Rissbildung und mechanische Festigkeit sowie Temperaturwechselbeständigkeit auch bei kleinsten Strukturen wie Löchern sowie Außen- und Innenkanten bezieht. Das durch die Bayerische Forschungstiftung geförderte Projekt wird gemeinsam mit bayerischen Unternehmen aus der Keramikindustrie und Lasertechnik durchgeführt.

Am Laserapplikationszentrum LAZ wird darüber hinaus die 3D-Mikrostrukturierung von Keramiken und Halbleitern untersucht, die für eine Bauteil- oder Technologieoptimierung in der Hochleistungselektronik entscheidend ist.

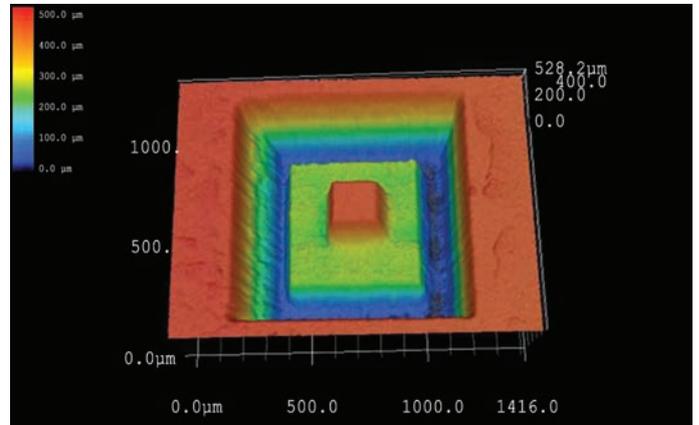


Abb. 3: 3D-Lasermikrostrukturierung von Aluminiumoxid, hergestellt am LAZ.

Die aktuellen Arbeiten dazu werden gemeinsam mit zwei bayerischen Partnern durchgeführt.

Beispiel eines öffentlich geförderten Projektes des Bundes mit multilateraler Industriebeteiligung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens LADIS wird die laser-gestützte generative Fertigung von Mikrobau-teilen für sensorische, medizintechnische und optische Komponenten untersucht. Dabei kommt das sogenannte Laserdirektschreiberverfahren mit modernster Ultrakurz-puls-lasertechnik zum Einsatz. Die wesentlichen Ziele des Vorhabens sind dabei die Verbesserung des räumlichen Auflösungsvermögens (Sub-100 Nanometer) für eine verbesserte Bauteilperformance und die Erhöhung der Produktivität für eine industrielle Umsetzung. Neben den technologischen Grundlagen werden ausgewählte Komponenten der zuvor genannten Anwendungen der Medizintechnik, Sensorik und Photonik applikationsnah hergestellt und optimiert. Dabei beschreitet die Arbeitsgruppe innovative Ansätze in der verwendeten Lasertechnik sowie der Strahlformung und Strahlführung.

Materials

Das Forschungsvorhaben, an dem sich ein bayerischer und zwei außerbayerische Partner beteiligen, wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördert.

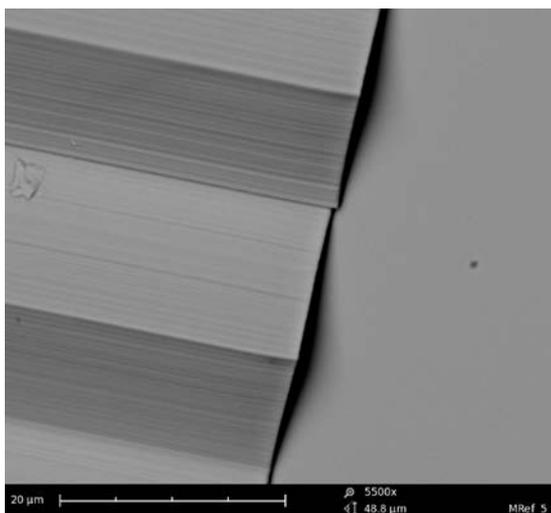


Abb. 4: Rasterelektronenmikroskopische Detailaufnahme eines Mikroreflektors hergestellt am LAZ.

Hervorzuheben ist, dass die Vorarbeiten zu diesem Forschungsvorhaben im Rahmen der Aktivitäten am ZeWiS die Grundlage für dieses Projekt gelegt haben und ohne diese Vorarbeiten in dieser Art nicht hätten begonnen werden können.

Darüber hinaus haben sich im Bereich der laserbasierten generativen Fertigung von Mikrobauteilen ausgehend vom Projekt LADIS bereits weitere Kooperationen mit bayerischen und auch europäischen Unternehmen ergeben. Grund dieser rasanten Entwicklung ist das zunehmende Interesse an generativen Fertigungsverfahren mit dem Laser und die Neugestaltung industrieller Fertigungsprozesse mit Blick auf Industrie 4.0.

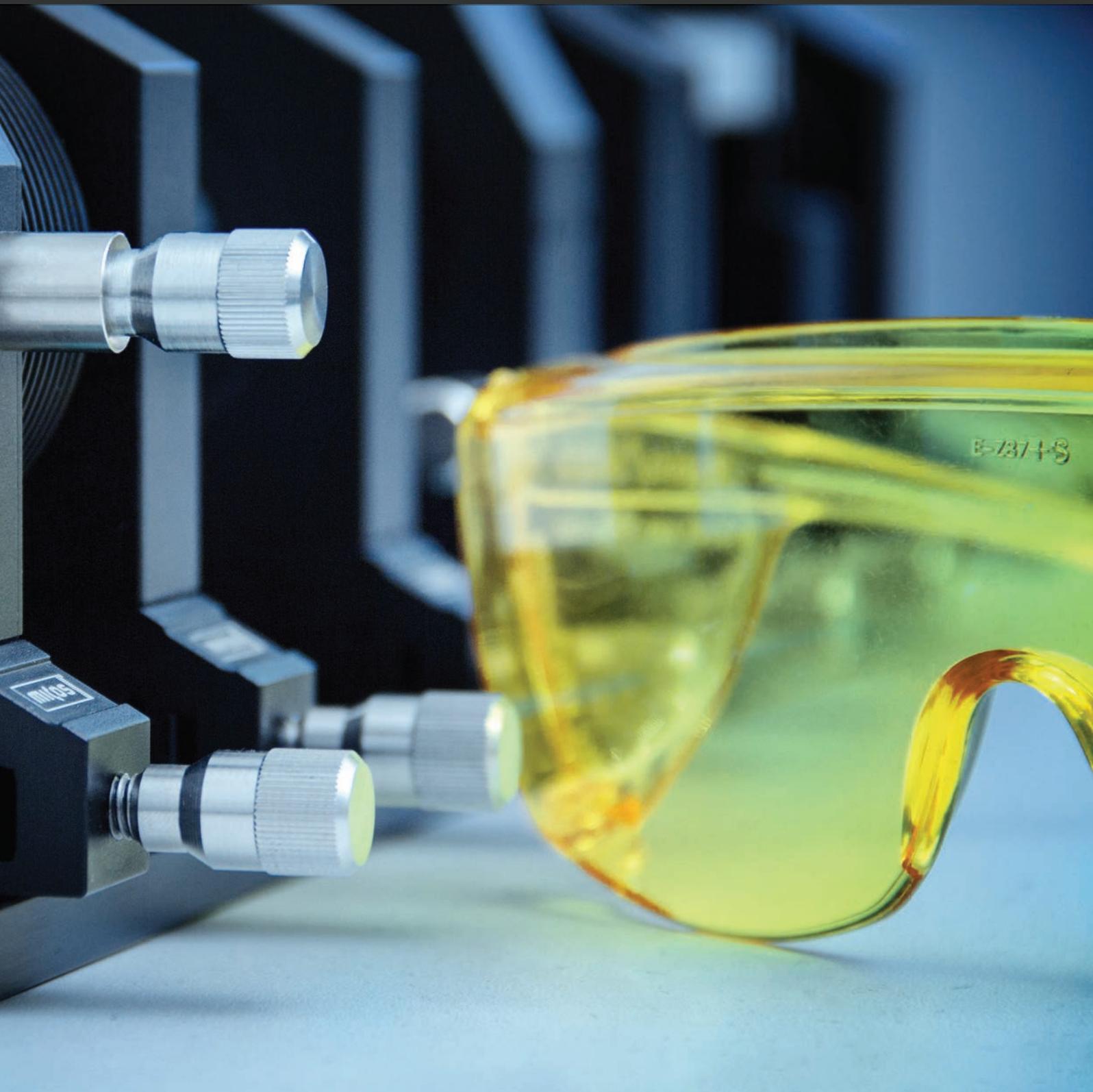
Laseroptische Fertigungs- und optische 3D-Digitalisierungsverfahren wecken hierbei zunehmendes Interesse. Das Laserapplikationszentrum LAZ hat sich mit seiner apparativen Ausstattung und fachlichen Ausrichtung auch hier positioniert.

Im Zusammenhang mit einer ressourceneffizienten Gestaltung von laserbasierten Fertigungsverfahren gelang dem Laserapplikationszentrum LAZ auch der Brückenschlag zur Fraunhofer Projektgruppe IWKS in Alzenau und dem jüngst gegründeten Fraunhofer Anwendungszentrum für Ressourceneffizienz.

Dienstleistungsaufträge

Um das Dienstleistungsangebot des Laserapplikationszentrums LAZ aufzuzeigen, werden hier in Stichworten einige ausgewählte exemplarische Dienstleistungsaufträge der regionalen und überregionalen Industrie aufgeführt:

- Fehleranalyse optoelektronischer Systeme
- Vermessung und Charakterisierung von Laserstrahlquellen
- Optische Geometrie- und Topographievermessung von gekrümmten Oberflächen
- Optische Temperaturvermessung elektronischer Baugruppen
- Machbarkeitsstudie zur Oberflächenfreilegung von Beschichtungen mittels Laserstrahlung
- Machbarkeitsstudie zur Herstellung paralleler Schnittkanten in der Metallbearbeitung mittels wasserstrahlgeführtem Laserschneiden
- Laserschneiden von Blechteilen, Herstellung von Kleinserien
- Laserbeschriftung, Herstellung von Kleinserien
- Bearbeitung dünner Schichten mittels Laser



Materials

Materials Testing & Reliability

Arbeitsgruppe Prof. Dr. Michael Kaloudis

Die steigenden Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Produkten verlangt eine kontinuierliche Sicherung und Überprüfung der Produktqualität. Neben konventionellen Tests kommen immer häufiger neue Prüfmethoden zum Einsatz. Nicht mehr wegzudenken sind hierbei zerstörungsfreie Prüfverfahren, wie die Röntgen-Computertomographie.

Die Forschungsgruppe Materials Testing & Reliability unterstützt Industriekunden sowohl bei der Schadens- und Ausfallanalyse an Bauteilen, als auch bei der Ermittlung materialspezifischer Kennwerte. Das breite Angebot an Prüflösungen und die Unterstützung bei der Interpretation der Ergebnisse führen zu einer schnellen und effizienten Schadensanalyse.

Schwerpunkte

Das Produktportfolio erstreckt sich von mechanischen Prüfungen wie Scher- und Zugprüfungen sowie Rauheits- und Härtemessungen über thermoanalytische Prüfungen wie die Dynamisch Mechanische Thermische Analyse (DMTA) oder die Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC), mit welchen das thermische Verhalten von Materialien charakterisiert werden kann. Zur Charakterisierung von Gefügen oder Ausfallursachen in Bauteilen können metallographische Schliffproben angefertigt und mit bildgebenden Verfahren wie dem Licht- oder Rasterelektronenmikroskop untersucht werden. Im weiteren Verlauf sind oberflächenanalytische Auswertungen mittels Energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) oder Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA) möglich.

Auf diese Weise können der Aufbau und die chemische Zusammensetzung von Proben untersucht werden. Weiterhin stehen UV/Vis-Spektroskopie und Infrarotmikroskopie als

Methoden zur Untersuchung von organischen Substanzen zur Verfügung. Abrundend ist die Simulation von Umweltbedingungen durch den Einsatz diverser Klima- und Temperaturschockschränke möglich.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeitsgruppe ist die Untersuchung und Optimierung von Fertigungsprozessen und Materialien für elektrotechnische Baugruppen. Entsprechende Einrichtungen wie beispielsweise Bestückvorrichtungen, Schablonendrucker, Dispenser, Wellen- und Reflowlötanlagen sowie ein Drahtbondarbeitsplatz stehen zur Verfügung. Zur Schadens- und Ausfallanalyse elektronischer Baugruppen stehen neben konventionellen zerstörenden Prüfungen wie der Metallographie auch zerstörungsfreie Prüfungen zur Verfügung. Mittels Computertomographie (CT) kann zerstörungsfrei das Innere einer Baugruppe auf Defekte wie Hohlräume oder Risse untersucht werden.

Zusätzlich birgt die CT auch für die Dimensionskontrolle ein hohes Potenzial – insbesondere für verdeckte geometrische Strukturen. Anhand eines Soll-Ist-Vergleichs von gescannten CT-Daten zum CAD-Modell können übersichtlich Abweichungen des realen Bauteils aufgezeigt werden.

Computertomographie

Die industrielle Computertomographie hat sich zu einem bedeutenden Werkzeug der zerstörungsfreien Prüftechnik entwickelt. Durch die zwei Computertomographen exaCT®S und exaCT®M der Firma Wenzel Volumetrik, Singen, ist eine Abdeckung vielseitiger Prüfaufgaben möglich. Während der exaCT®S eine Beschleunigungsspannung von max. 130 kV hat und durch seine maximale Auflösung von 5 µm besonders für kleine Bauteile geeignet ist, ist es mit dem exaCT®M möglich größere Bauteile mit einer maximalen Höhe von bis zu 25 cm und einem Durchmesser von bis zu 14 cm mit einer Beschleunigungsspannung von 225 kV zu tomographieren.

Das Prinzip eines industriellen Röntgen-Computertomographen ist in Abb. 1 dargestellt. Die von der Röntgenröhre emittierte Röntgenstrahlung in Form eines Kegelstrahls durchdringt das Bauteil und wird von den einzelnen Materialien des Objekts teilweise absorbiert, wodurch die Strahlung geschwächt auf den Detektor trifft. Da sich das Bauteil während einer Messung um 360° dreht, nimmt der Detektor eine Vielzahl von zweidimensionalen Projektionsbildern auf, aus denen mittels geeigneter Algorithmen und leistungsstarker Rechner ein dreidimensionaler Datensatz von Volumenelementen (Voxeln) rekonstruiert wird.

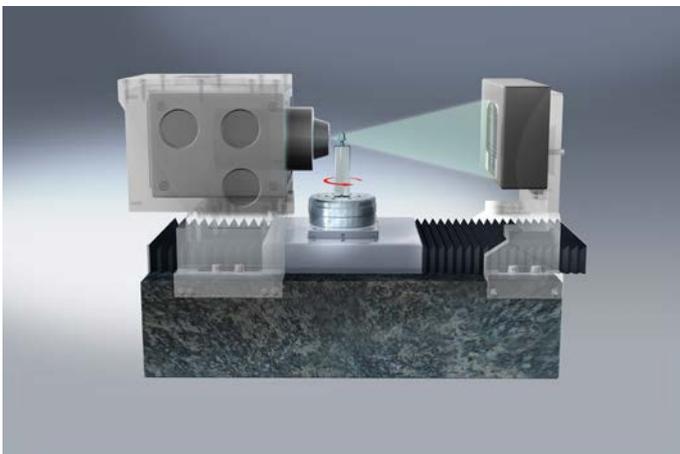
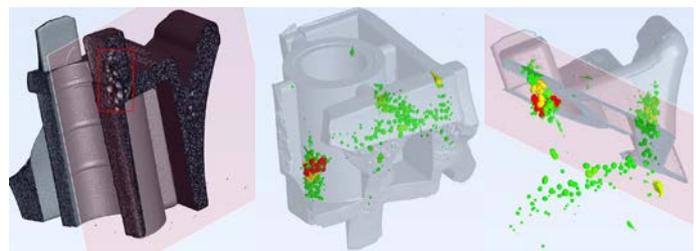


Abb. 1: Prinzip eines industriellen Röntgencomputertomographen der Firma Wenzel Volumetrik

Nach der Durchführung der Messung und der Rekonstruktion des Volumens ist es möglich, jede beliebige Schicht des zu prüfenden Bauteils aus unterschiedlichen Perspektiven auf Fehler hin zu überprüfen sowie das Bauteilinnere detailliert darzustellen. Es können Fehlstellen wie Poren und Risse gefunden und hinsichtlich ihrer Größe bzw. Lage bis in den Mikrometerbereich dokumentiert werden. Aufgrund interner Projekte und einer laufenden Promotion in der Arbeitsgruppe stehen vor allem die Detektion von Poren in Lötverbindungen elektronischer Baugruppen und deren Einfluss auf die Zuverlässigkeit im Vordergrund.

In Abbildung 2 ist die Detektion von Poren am Beispiel eines Kunststoffspritzgussteils dargestellt. Während in Abbildung 2a) die Poren bereits durch Legen einer Schnittebene durch das Volumenmodell ersichtlich sind, zeigen Abbildung 2b) und 2c) die größenabhängig eingefärbten Poren nach durchgeführter Porenanalyse im transparent dargestellten Volumenmodell. Zusätzlich wurde in Abbildung 2c) ein Teil des Volumenmodells durch eine Schnittebene ausgeblendet.



a) b) c)
Abb. 2: Kunststoffgussteil mit Porenanalyse

Neben der Detektion von Hohlräumen und Einschlüssen bietet die CT die Möglichkeit der Dimensionskontrolle von verdeckten inneren Strukturen. Anhand von Soll-Ist-Vergleichen von CAD- und CT-Daten können Abweichungen in Falschfarben anschaulich dargestellt werden. Soll-Ist-Vergleiche kommen oftmals bei Prototypen vor, um deren Abweichungen gegenüber dem CAD-Modell oder dem Master-Bauteil darzustellen.

Durch die enge Kooperation mit der Firma Wenzel Volumetrik, Singen, ist es möglich, neueste CT-Technologien und Lösungen zu verwenden. Zahlreiche Fragestellungen aus der regionalen und überregionalen Industrie wurden erfolgreich bearbeitet. Im Folgenden wird ein Projekt der Arbeitsgruppe Materials Testing & Reliability exemplarisch vorgestellt.

Materials

Systematische Evaluation der Güte von Röntgen-Computertomographen

Der zunehmende Einsatz von Computertomographen im Bereich der Bauteil-, Verbindungs- und Materialprüfung verlangt nach einer qualitativen Charakterisierung der Leistungsfähigkeit und nach einer Beurteilung der Eignung dieser Systeme bezogen auf die jeweilige Prüfaufgabe. Die Fehlerauffindwahrscheinlichkeit oder „Probability of Detection“ (POD) hat sich dafür bereits bei vielen zerstörungsfreien Prüfsystemen als wichtige Qualitätskennzahl unter Beweis gestellt. Vorreiter hierfür sind Branchen und Anwendungen mit höchsten Sicherheitsanforderungen wie Druckkesselbau, Luft- und Raumfahrt und Nukleartechnologie.

Eine POD für ein CT-System dagegen ist Neuland. Dies hängt zunächst damit zusammen, dass eine POD ein sehr aufwändiges Verfahren ist und somit vorwiegend bei Hochrisiko-Anwendungen, wie den oben genannten eingesetzt wird. Die für solche Anwendungen notwendige Prüfklasse B ist nach der aktuellen Norm DIN EN 12062 für digitale Radiographieverfahren aufgrund fehlender CEN-Normen für Flachdetektoren nicht erreichbar, wobei die Fachwelt diesen Zustand kontrovers diskutiert. Ein weiterer Grund für die Zurückhaltung ist die implementierte Bildrekonstruktion und das dreidimensionale CT-Bild, was die Anwendung der POD-Methode auf die Computertomographie erheblich erschwert.

Im Rahmen des laufenden Projekts wurde eine Methode ausgearbeitet, um CT-Systeme unter Verwendung der POD-Methode beurteilen zu können. Üblicherweise erstellt man eine POD auf Basis von Referenzfehlern, wofür ein spezieller Prüfkörper entwickelt wurde.

Prüfkörper

Der im Folgenden vorgestellte POD-Prüfkörper ist ausschließlich zur Simulation von Lufteinschlüssen, wie sie bei

Guss-, Sinter-, Löt-, oder 3D-Printverfahren auftreten, anwendbar. Die Computertomographie selbst ist darüber hinaus in der Lage, auch Materialeinschlüsse zu detektieren. Der verwendete Prüfkörper (Abb. 3) besteht aus zwei quadratischen Pressplatten aus Polymethylmethacrylat der Seitenlänge 35 mm und vier M5-Schrauben aus Polyethylen. Dazwischen befindet sich die eigentliche Probe, welche aus drei Schichten besteht: Probendeckel, Probenboden und dazwischen die Lochplatte mit jeweils einer Kantenlänge von 10 mm. Die Lochplatte trägt die Referenzfehler in Form von Bohrungen.

Zur Herstellung der Löcher wurden Mikrobohrer verwendet, da beim Bohren im Vergleich zu anderen Fertigungsverfahren die geringsten Formabweichungen beim eingebrachten Zylinder auftraten. Allerdings ist hierbei die Mindestgröße durch die kleinsten am Markt erhältlichen Bohrer von derzeit 30 μm Durchmesser vorgegeben. Eine geringe Formabweichung der Löcher ist besonders relevant, weil der Wahlparameter für die zu erstellende POD das Fehlervolumen ist, welches aus dem Lochdurchmesser und der Dicke der inneren Probenschicht errechnet wird. Die Wahl für einen Schichtaufbau der innenliegenden Probe ist darin zu begründen, dass die eingebrachten Bohrungen vor den Versuchsmessungen exakt vermessen- und lokalisierbar sein müssen, wofür das Plättchen mit den Referenzfehlern mittels Durchlichtmikroskopie untersucht wird.

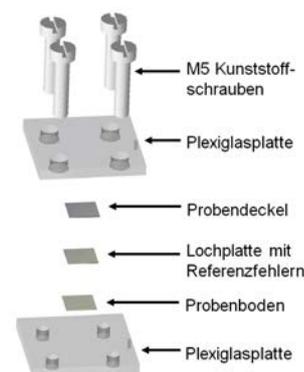
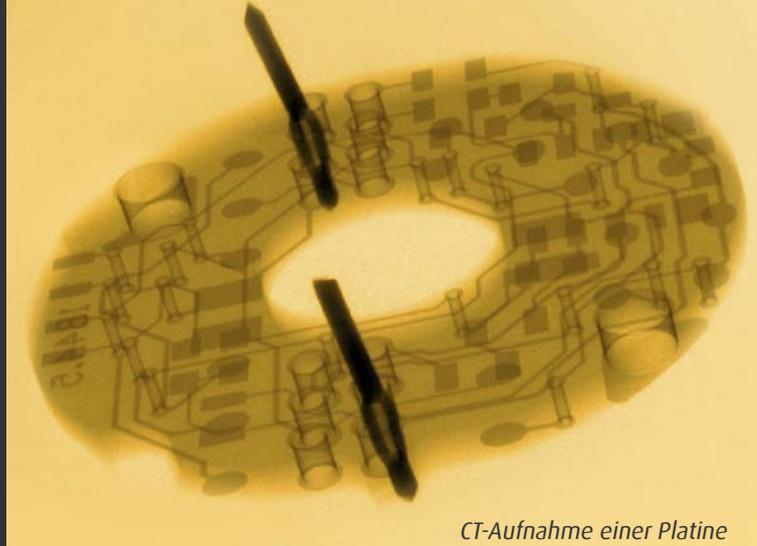


Abb. 3: POD-Prüfkörper



CT-Aufnahme einer Platine

Zur Vermeidung von Spalten zwischen den Schichten der Probe werden bei der Herstellung der Plättchen entstandene Grate durch Polieren entfernt und Späne und Partikel durch Reinigen mit Druckluft und Äthanol beseitigt. Durch Anziehen der Kunststoffschrauben entsteht eine Flächenpressung, welche Welligkeit und Unebenheit der Plättchen ausgleicht und einen künstlichen Einschluss erzeugt, für welchen das Volumen sehr genau berechnet werden kann.

Prüfkörper für den universellen Einsatz

Entsprechend den Vorgaben der Zielanwendung erfolgte die Auswahl der Probe, mit welcher der Prüfkörper bestückt wird. Die Probe kann aus den meisten Metallen und Kunststoffen hergestellt werden. Sehr spröde Materialien wie Glas sowie sehr harte Materialien wie beispielsweise Diamant oder Keramiken sind jedoch nicht mit dem vorgestellten Fertigungsverfahren des Bohrens herstellbar. Bei Multimaterial-Anwendungen wird das POD-Verfahren für jedes Material einzeln durchgeführt, wobei sich das Ergebnis der POD nach dem ungünstigsten Material richtet.

Die Detektionsfähigkeit von CT-Verfahren wird aus unterschiedlichen Gründen durch die Dicke des zu untersuchenden Materials beeinflusst. Aus diesem Grund muss die Probendicke sich ebenfalls nach dem ungünstigsten Fall, also der größten real vorkommenden Dicke richten. Die Referenzfehlerebene befindet sich hinsichtlich der Dicke standardmäßig bereits in der ungünstigsten Position, nämlich auf halbem Weg zwischen Eintritt der Strahlen in das Probenmaterial und ihrem Austritt.

Durchführung der Versuchsmessung

Die Röntgenenergie für eine Messung ist optimal, wenn sich das beste Signal-Rausch-Verhältnis ergibt, und nicht unbedingt dann, wenn das Durchstrahlungsbild am deutlichsten

ist. Röhrenspannung und Röhrenstrom sind so einzustellen, dass der Unterschied der linearen Schwächungskoeffizienten zwischen Material und Luft maximal wird, d.h. der Kontrast am größten ist. Die notwendige Strahlenenergie erhöht sich dabei mit der Weglänge der Strahlen im Material, also der Probendicke. Zusätzlich sollte auf den Grauwert des Probenmaterials geachtet werden. Als Richtwert nimmt man hier 10 % des Weißwertes bezogen auf den Schwarzwert, um von Anfang an ein gültiges Ergebnis zu erhalten. Je nach Material ist außerdem der Einsatz von Vorfiltern notwendig. Mit Filtern können bestimmte Schwächungsverhältnisse erreicht und Artefakte wie die Strahlaufhärtung eingedämmt werden.

Da die Systemparameter unter gewissen Umständen einander entgegenwirken, müssen bei der Einrichtprozedur häufig Kompromisse eingegangen werden. So wird die Messeinrichtung bei Prüfaufgaben kontrastoptimiert durchgeführt und Strahlaufhärtung für einen maximalen Kontrast bis zu einem gewissen Maß zugelassen. Strahlaufhärtung wird durch das polyenergetische Spektrum der Röntgenstrahlen und der Energieabhängigkeit des Schwächungskoeffizienten verursacht.

Für die Auswertung der CT-Daten können wahlweise ein oder mehrere Inspektoren eingesetzt werden, deren Fähigkeiten und Eignungen mit der Methode der Receiver Operation Characteristic beurteilt werden.

Die Auswertung und Berechnung der POD erfolgt durch eine Spezialsoftware, die von der US-Airforce entwickelt wurde. Die Machbarkeit der vorgestellten Methode wurde an dem Computertomographen exaCT®M 150HE der Firma Wenzel Volumetrik, Singen gezeigt.

Materials

Ergebnisse

Das Ergebnis einer POD gibt die statistische Wahrscheinlichkeit an, mit der eine bestimmte Fehlergröße mit dem untersuchten System übersehen wird. Abb. 4 zeigt beispielhaft eine solche berechnete POD-Kurve. Fehler der Größenordnung $72 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ wurden hier mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % gefunden. Für Fehler der Größen $94 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ erreichte das System eine Detektionswahrscheinlichkeit von 90 %. Dieses Fehlervolumen entspricht dem einer Kugel mit einem Durchmesser von ca. 56 μm .

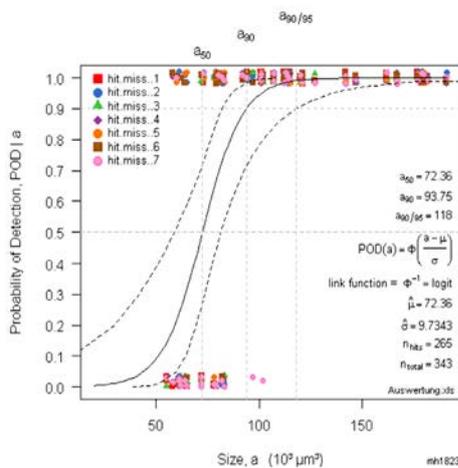


Abb. 4: POD-Kurve

Die aufgeführten Projektbeispiele aus dem Bereich Materials demonstrieren, dass sich die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten an der Schnittstelle zwischen Grundlagenforschung und technischer Anwendung bewegen.

Durch die enge und branchenübergreifende Zusammenarbeit mit klein- und mittelständischen Unternehmen sowie der Großindustrie hat sich über die Jahre ein praxisnaher und fundierter Erfahrungsschatz angesammelt, welcher künftig weiter ausgebaut werden soll.



Energieeffizienz

Effiziente Maschinen und zuverlässige Leistungselektronik

Arbeitsgruppe Prof. Dr.-Ing. Johannes Teigelkötter

Die Auslegung, Entwicklung und Prüfung von effizienten Maschinen und zuverlässiger Leistungselektronik ist der Forschungsschwerpunkt des Labors für Leistungselektronik, elektrische Maschinen und Antriebe an der hochschuleigenen Forschungseinrichtung ZeWiS. Mit Hilfe der ZeWiS-basierten Finanzierung über 300.000 Euro und den eingeworbenen Drittmitteln von 630.000 Euro konnten insgesamt elf Mitarbeiter angestellt werden. In Zusammenarbeit mit regional ansässigen Firmen wie zum Beispiel der Linde Material Handling GmbH, der Oswald Elektromotoren GmbH, der Magna E-Car Systems GmbH, der BMZ GmbH und dem TEC-Institut für technische Innovationen GmbH wurde eine anwendungsnahe Forschung institutionalisiert, welche bereits in Phase Eins herausragende Erfolge verzeichnen konnte. Unter anderem wurde eine Patentanmeldung zur Optimierung von Energiespeichern auf Basis von zuverlässiger Leistungselektronik realisiert. Die hohe Zahl der industriellen Kooperationen zeigt die große Bedeutung des Forschungsbereiches „Effiziente Maschinen und zuverlässige Leistungselektronik“ für die Region Bayerischer Untermain. Aus dem weit gefächerten Projektthema werden im Folgenden zwei Schwerpunkte ausführlicher beschrieben.

Zur Bestimmung der Effizienz von elektrischen Systemen werden heutzutage umfangreiche Analysen durchgeführt. Damit diese komplexen Messungen reproduzierbare und hochgenaue Ergebnisse liefern, sind eine ausführliche Dokumentation der physikalischen Gesetze in mathematischer Theorie und Simulation sowie ein Vergleich mit realen Werten von einer hochauflösenden Messtechnik erforderlich. In Bezug auf die schnelle Variation der zu messenden Größen und der aktuellen Anwendung im Bereich der emissionsfreien Mobilität nennt sich der Schwerpunkt „Hochdynamische

Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang von Elektrofahrzeugen“.

Der zweite Schwerpunkt bezieht sich auf die Wirkungsgradsteigerung. Bei langen Laufzeiten bewirkt im Leistungsbereich über 100.000 Watt schon die kleinste Wirkungsgradsteigerung eine deutliche Reduktion der Betriebskosten und eine starke Verbesserung der Wettbewerbsposition der produzierenden Firmen. Der Anstieg der Energiepreise und die Verringerung der konventionellen Kraftwerkskapazitäten führen zu einer verstärkten Nachfrage bezüglich sparsamer Motoren und Generatoren. Daher lautet der zweite beschriebene Schwerpunkt „Hocheffizienter Betrieb von permanentregten Synchronmaschinen am Netz“.

Hochdynamische Leistungsmessung im elektrischen Antriebsstrang von Elektrofahrzeugen

Die Beurteilung und Prüfung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen stellt hohe Ansprüche in Bezug auf Genauigkeit und Dynamik bei der Leistungsmessung. Ein wichtiges Ziel industrieller Innovationen ist die Steigerung der Effizienz der Einzelkomponenten, wie z. B. Energiespeicher, Umrichter und Motor, sowie daraus resultierend des gesamten Antriebsstrangs. Für die Entwicklung der Elektrofahrzeuge, sowie für die Bewertung des Entwicklungsfortschritts ist die zuverlässige Leistungsmessung im Antriebsstrang unumgänglich. Nur durch exakt reproduzierbare Messungen lässt sich der Wirkungsgrad eines Fahrzeugs ermitteln, beurteilen und als Vergleichsmaßstab heranziehen. Eine besondere Herausforderung stellt in diesem Zusammenhang die hohe Dynamik der zu messenden elektrischen und mechanischen Größen sowie der ständige Wechsel des Arbeitspunkts, wie er beim alltäglichen Einsatz eines Elektrofahrzeugs vorliegt, dar. Dieser Beitrag beschreibt die hochdynamische Leistungsmessung im Antriebsstrang mit Hilfe eines modernen, leistungsfähigen und frei programmierbaren Rohdatenerfassungsgerätes [1].



Darüber hinaus werden spezielle Messauswertungen anhand der elektrischen Größen mithilfe des Datenerfassungsgerätes berechnet, erläutert und die Ergebnisse dargestellt.

Durch den Zuwachs des Anteils regenerativer Energien ist der Einsatz von energieeffizienten Elektrofahrzeugen, neben vielen anderen Aspekten, gerade aus ökologischer Sichtweise sinnvoll [2].

Für die Entwicklung und die Bewertung der Effizienz eines Elektrofahrzeuges ist ein hochpräzises Messsystem unverzichtbar. Mit diesem lassen sich die Funktion der Einzelkomponenten, sowie des gesamten Antriebsstrangs ermitteln. Ein einfaches Blockschaltbild eines solchen elektrischen Antriebsstrangs ohne zusätzliche mechanische Komponenten ist in Abb. 1 dargestellt. Die elektrische Maschine wird über einen Zweipunktwechselrichter aus der Batterie mit Energie versorgt. Der Wechselrichter speist die Maschine mit einer geeigneten Klemmenspannung. Je nach Höhe der Zwischenkreisspannung werden als Leistungshalbleiterschaltenelemente MOSFETs (Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistors) oder IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors) eingesetzt.

MOSFETs eignen sich für Batteriespannungen unter 150 V. Bei höheren Spannungsklassen werden üblicherweise IGBTs eingesetzt. Zur Bewertung der Effizienz wird der Wirkungsgrad des Systems bestimmt. Hierfür ist eine präzise Messung von Strom, Spannung und den mechanischen Größen Drehzahl und Drehmoment wichtig, um eine plausible Wirkungsgradberechnung durchführen zu können.

In [3] werden die Grundlagen zur Leistungsberechnung und Wirkungsgradbestimmung beschrieben. Hierbei wird zunächst von sinusförmigen elektrischen Größen ausgegangen und die Theorie im Anschluss auf beliebige periodische Signale erweitert.

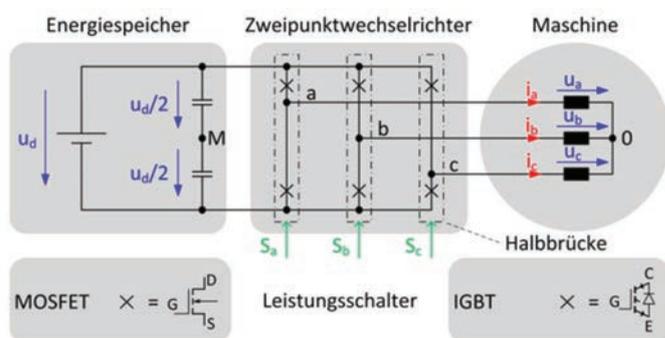


Abb. 1: Vereinfachtes Blockschaltbild des Antriebsstrangs eines Elektrofahrzeugs ohne mechanische Komponenten.

Die Ansprüche an die Dynamik sind bei den gegebenen Messaufgaben sehr hoch. Der Frequenzrichter verursacht aufgrund der hohen Schaltfrequenz der Leistungshalbleiter hochfrequente Oberschwingungen im Spannungssignal. Durch die hohe Abtastrate und daraus resultierende hohe Bandbreite des Messgeräts lassen sich die Rohsignale von Strom- und Spannung auch im Umrichterbetrieb ausreichend genau erfassen.

Zusätzlich erfordern die wechselhaften Fahrprofile eines Elektrofahrzeugs eine dynamische Leistungsbestimmung. Die freie Programmierbarkeit des Geräts ermöglicht die Durchführung applikationsspezifischer Berechnungen und Messauswertungen. Je nach Komplexität des Antriebskonzepts ist die Implementierung erweiterter Leistungstheorien für mehrphasige Systeme denkbar, wie sie in der Fachliteratur unter anderem in [7] oder [8] vorgestellt werden. Diese können direkt auf dem Messgerät grafisch aufbereitet werden.

Energieeffizienz

Um zukünftig komplexe Messaufgaben zuverlässig durchzuführen und zügig auszuwerten, wurden von den Forschern der AG weitere Analyse- und Berechnungsverfahren auf dem Rohdatenerfassungsgerät implementiert, und einige der Implementierungen werden von der AG auch im Internet zum Download zur Verfügung gestellt.

Hocheffizienter Betrieb von permanent-erregten Synchronmaschinen am Netz

In diesem Projekt wurde ein ein Verfahren zur Stabilisierung der permanent-erregten Synchronmaschine (PSM) am Netz entwickelt. Meist wird die PSM indirekt über einen Frequenzumrichter mit dem Netz verbunden und feldorientiert geregelt. Alternativ ermöglicht eine Dämpferwicklung einen stabilen Betrieb direkt am Netz, auch ohne den Einsatz von Leistungselektronik. In beiden Fällen ist der Materialaufwand hoch. Zudem beeinträchtigen die genannten Maßnahmen den Wirkungsgrad.

Die Forschergruppe hat hierzu ein Schaltungs- und Regelungskonzept entwickelt, das die Effizienz direkt am Netz betriebener PSM optimiert. Das Schaltungskonzept umfasst die Speisung des Stators vom Netz als auch vom Umrichter. Das Regelungskonzept beinhaltet die Modellierung des Systems sowie die Regelung der Betriebsgrößen im Netzbetrieb. Abschließend wird die Validierung der theoretischen Betrachtungen an einem 1-MW-Prototypen solch einer doppeltgespeisten PSM vorgestellt.

Moderne Antriebs- und Generatorsysteme müssen aus wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten einen hohen Systemwirkungsgrad aufweisen. Zudem führt die verbindliche EU-Verordnung 640/2009 zu steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz von Elektromotoren [9]. Dies macht es notwendig, ganzheitliche Systembetrachtungen anzustellen, die umfassendere Energieeinsparungen ermöglichen, als die Optimierung der Komponenten anzustreben [10].

Zahlreiche Anwendungen, die eine konstante Drehzahl benötigen, besitzen Potenzial in der Verbesserung der Effizienz, insbesondere bei Bemessungsleistungen über 100 kW. Beispielfähig seien Wind- und Wasserkraftanlagen zur Energieerzeugung sowie Hochleistungslüfter und Förderschrauben im Bereich der Industrieantriebe zu nennen.

Die permanent-erregte Synchronmaschine (PSM) erweist sich durch einen geringen Wartungsaufwand, eine hohe Leistungsdichte und einen sehr guten Wirkungsgrad in unterschiedlichen Lastbereichen als geeigneter Maschinentyp. Der mit Permanentmagneten bestückte Rotor führt aufgrund der nicht vorhandenen Rotorwicklung zu einer schwachen Dämpfung der Maschine. Ein stabiler Betrieb direkt am Netz ist daher ohne weitere Maßnahmen nicht möglich. In der Praxis haben sich mehrere Ansätze etabliert, um eine PSM zu betreiben. Eine Möglichkeit besteht darin, gezielt eine Dämpferwicklung im Rotor zu integrieren. Der durch Induktion hervorgerufene Strom dämpft Pendelschwingungen. Die mechanische Energie wird in thermische umgewandelt und führt somit zur Erwärmung des Rotors.

Einen Schritt weiter gehen sogenannte Line-Start PSM. Diese Motoren laufen asynchron an und synchronisieren sich selbstständig im Betrieb. Durch die Verluste im Rotor beim Anlaufen werden sie aber eher als Brückentechnologie zwischen Asynchronmaschine und PSM gesehen [11].

Ein anderer Ansatz sieht den Betrieb der Maschine an einem Frequenzumrichter vor, der durch eine variable Statorspannung die Stabilisation bewirkt. Hierbei entstehen in den Leistungshalbleitern Schalt- und Durchlassverluste. Durch die gepulste Spannung eines Standard-Industrieumrichters treten zusätzliche Oberschwingungsverluste auf. Hierbei verspricht, besonders in höheren Leistungsklassen, der Einsatz von Multilevel-Umrichtern erhebliche Vorteile.



Bei drehzahlkonstanten Antrieben wird der Umrichter lediglich für den Anlauf, die Synchronisation und Stabilisierung des Systems genutzt. Daher scheint der Einsatz eines für die gesamte Maschinenleistung ausgelegten Umrichters als zu kostenintensiv. Vielmehr wird ein direkter Leistungsfluss zwischen Netz und Maschine angestrebt, der von einem deutlich kleineren Umrichter geregelt wird. Somit werden die Umrichterverluste und die notwendige Bauleistung des Umrichters deutlich reduziert. Die im Projekt entwickelte Technologie der doppeltgespeisten PSM realisiert die Paarung eines effizienten Maschinentyps mit dem bedarfsgerechten Einsatz an Leistungselektronik.

Dieser neue Ansatz zum Netzbetrieb permanenterregter Synchronmaschinen geht aus dem angemeldeten Patent [13] hervor. Dabei wird die Statorwicklung aufgetrennt und ein Teil der Wicklung am Netz und der andere Teil am Umrichter angeschlossen. Die Überwachung und Regelung findet auf einem digitalen Signalprozessor (DSP) statt. Diese umfasst die Steuerung des Anlaufprozesses, die Synchronisation mit dem Netz und die dynamische Stabilisierung der Maschine.

Durch die statorseitige Aufteilung der Maschinenwicklungen in netzgespeiste und umrichterbetriebene Teilsysteme kann mithilfe des DGS-Regelkonzepts ein stabiler Netzbetrieb bei gleichzeitiger Wirkleistungssymmetrierung entsprechend der Aufteilung der Wicklungssysteme von PSM nachgewiesen werden. Dabei stellt sich heraus, dass ein geringer Anteil von umrichtergespeisten Statorspulen ausreicht, um die gesamte doppeltgespeiste PSM am Netz zu betreiben.

Neben dem Kalt- und Warmstartverhalten wurde die Robustheit des Systems ebenfalls an einer 1-MW-Torquemmaschine mit permanenterregtem Rotor ohne Dämpfungsglieder validiert. Besonders von Bedeutung war das Systemverhalten bei transienten Drehmomentsprüngen.

Dort konnten die analytischen Ansätze bestätigt werden. Abschließend lässt sich das DGS-Konzept als eine kostenoptimierte Alternative für effiziente Konstantdrehzahltriebe beschreiben. Es stellt einen Kompromiss aus möglichst verlustarmen Betrieb und verhältnismäßig niedrigem Anschaffungspreis dar. Da nur ein Teil der Maschine über den Umrichter gespeist wird, kann dieser, im Vergleich zum Vollumrichter, deutlich kleiner dimensioniert werden. Auf der Maschinenseite sind je nach Auslegung keine Veränderungen notwendig, wodurch Standardtypen eingesetzt werden können.

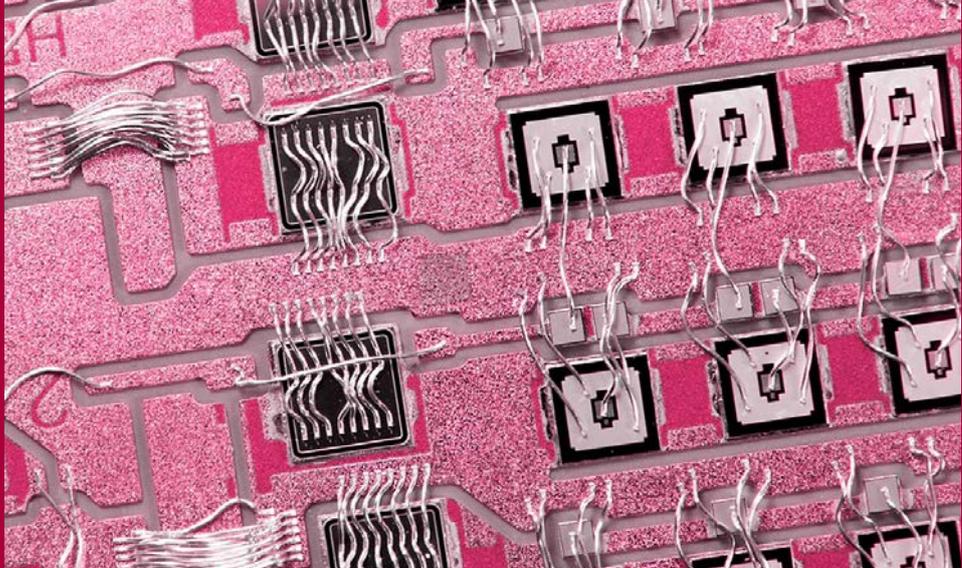
Die Effizienzvorteile liegen vor allem in der Einsparung der Umrichterverluste durch den rein netzgespeisten Maschinenteil. Neben den Schalt- und Durchlassverlusten der Leistungshalbleiter werden zusätzlich die Oberschwingungsverluste in der Maschine reduziert.

Die Referenzmessungen zur quantitativen Validierung der Verlusteinsparung sowie die genaue Beschreibung zur Funktionsweise und zur Stabilität des Gesamtkonzepts wurden in mehreren Veröffentlichungen präsentiert (vgl. Anhang).

Energieeffizienz

Literatur / Referenzen

- [1] Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH
<http://www.hbm.com>
- [2] Eberlein, D.; Lang, K.; Teigelkötter, J.; Kowalski, T.: Elektromobilität auf der Überholspur: Effizienzsteigerung für den Antrieb der Zukunft. In: Tagungsband der 3. Tagung Innovation Messtechnik, 14. Mai 2013. Aachen: Shaker Verlag GmbH ISBN 978-3-8440-1817-2.
- [3] Teigelkötter, J.: Energieeffiziente elektrische Antriebe – Grundlagen, Leistungselektronik, Betriebsverhalten und Regelung von Drehstrommotoren. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013.
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Wechselstromgrößen Zweileiter-Stromkreise. DIN 40110 Teil 1: März 1994.
- [5] Hirofumi, A.; Watanabe, E. H.; Aredes, M.: Instantaneous power theory and applications to power conditioning. Wiley and IEEE Press, ISBN 978-0-470-10761-4.
- [6] Fischer, R.: Elektrische Maschinen. 12. neu bearbeitete Auflage. Carl Hanser Verlag, München, 2004. ISBN 3-446-22693-1.
- [7] Depenbrock, M.: The FBD-method, a generally applicable tool for analyzing power relations. In: IEEE Transactions on Power Systems 8 (1993), Nr. 2, S. 381–387.
- [8] Staudt, V.: Ein Beitrag zu Leistungsbegriffen und Kompensationsverfahren für Mehrleitersysteme: Habilitationsschrift, Fortschrittsberichte VDI Reihe 21 Nr. 291. Düsseldorf: VDI Verlag, 2000.
- [9] ZVEI: Motoren und geregelte Antriebe – Normen und gesetzliche Anforderungen an die Energieeffizienz von Niederspannungs-Drehstrommotoren. 2. Auflage, Frankfurt am Main, 2010.
- [10] Binder, A.: Energiesparen mit moderner Antriebstechnik – Potentiale und technische Möglichkeiten. ETG-Fachbericht 107, VDE Verlag, 2007.
- [11] Fischer, R.: Betriebsverhalten von PM-Line-Start-Motoren mit am Luftspalt angeordneten Magneten. ETG-Fachbereich 130, VDE-Verlag, 2011.
- [12] Marquardt, R.: Multi-Level-Umrichter – Einführung, Topologien und Bauelemente. Cluster-Seminar zu Mult-Level-Umrichter, Würzburg, 10.10.2012.
- [13] Patentanmeldung WO2012120711A2: Verfahren zur Steuerung oder Regelung einer rotierenden elektrischen Maschine, angemeldet am 23. März 2011, veröffentlicht am 27. September 2012 Anmelder: Oswald Elektromotoren GmbH.



Energieeffizienz

Energieeffizienz – Intelligente Sensorik, Schaltungstechnik und EMV

Arbeitsgruppe Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler

Strom und Heizenergie haben in den letzten Jahren eine starke Steigerung, sowohl im Verbrauch als auch in Bezug auf die Kosten erfahren, und ein effizienter Umgang mit Energie lohnt sich deshalb immer mehr, um den steigenden Energiekosten entgegenzuwirken. Was bedeutet eigentlich Energieeffizienz? Welche Auswirkungen bringt sie mit sich für den Gebäudeunterhalt und die Umwelt? Welche Klimaziele will die Bundesregierung erreichen, um der globalen Erwärmung entgegen zu wirken?

Klimawandel, Erderwärmung und die Endlichkeit fossiler Brennstoffe machen neben der ökonomischen Betrachtung auch eine ökologische Betrachtung unseres Umgangs mit Energie unumgänglich. Viele nationale und internationale Gesetzesrichtlinien wie das Kyoto-Protokoll, die Energieeinsparverordnung oder die Europäische Gebäuderichtlinie machen konkrete Angaben, welche Klimaziele bis zu welchem Zeitpunkt erreicht werden müssen und wie Gebäude und Produkte in Zukunft aussehen müssen. Bis zum Jahr 2020 will Deutschland seine Treibhausgasemissionen um 40 % bezogen auf das Basisjahr 1990 reduzieren, die Energieproduktivität aber verdoppeln. Dies lässt sich nicht ohne Erhöhung der Energieeffizienz von der Gewinnung bis zur Nutzung vor Ort erreichen. Dafür werden Klimaschutzmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien vom Bundesministerium gefördert.

Eine Steigerung der Energieeffizienz wirkt durch den geringeren Bezug von Energie auch dem Anstieg der Energiekosten entgegen und sorgt für eine Reduzierung der klimaschädlichen Treibhausgase. Dadurch entfallen der ansonsten notwendige und kostenintensive Ausbau des Energienetzes

und die Errichtung neuer Kraftwerke. Der Anteil der erneuerbaren Energien auf dem Stromsektor soll bis 2020 auf mindestens 30 % erhöht werden und weiter ansteigen. In einer EU-Richtlinie für erneuerbare Energien werden auch für die Europäische Union Klimaziele vorgegeben. Deutschland soll demnach einen Deckungsanteil von 18 % erreichen, während der Anteil am gesamten Endenergieverbrauch der EU zu 20 % aus erneuerbaren Energien bestehen soll.

Die Leistung, die wir für den Einsatz von Energie erhalten wollen, ändert sich meist nicht. Das Gebäude soll warm sein, die Räume sollen hell sein, die Maschinen müssen produzieren. Fakt ist, dass für alle diese Vorgänge Energie aufgewendet werden muss, aber je weniger Energie für die gleiche Leistung benötigt wird, desto höher ist die Energieeffizienz und desto geringer werden im Allgemeinen auch die Energiekosten ausfallen. Ursache für eine geringe Energieeffizienz können auch hohe Systemverluste bei der Gewinnung, Umwandlung, Verteilung und Nutzung von Energie sein. Energielabels und Klassifizierungen lassen effiziente Technik in den Produkten erkennen. Die Labels machen den Einkauf und die Bewertung transparent, sodass auch ohne große Vorkenntnisse direkt erfasst werden kann, welches Produkt eine effiziente Bewertung erhalten hat.

In Bezug auf den Umgang mit bereits installierter Gebäudeausrüstung erfährt das Thema der Optimierung einen besonderen Stellenwert. Durch angepasste Größen sowie korrekt eingestellte Betriebszeiten und Temperaturen lässt sich die Energieeffizienz vorhandener Geräte erhöhen. Betrachtet man auch die Gebäudehülle, so kann durch die energetische Verbesserung der Bauteile eine hohe Energie und Kosteneinsparung gewährleistet werden. Der Forschungsbereich Energieeffizienz befasst sich primär mit der Optimierung von Gebäuden und Prozessen. Im diesem Rahmen wurden zwei Forschungsvorhaben umgesetzt:

- Entwicklung eines Optimierungsprogramms zur Bewertung von Nichtwohngebäuden im Forschungsverbund

- Entwicklung einer Lernsoftware für kleine und mittlere Unternehmen in Kooperation mit der Virtuellen Hochschule Bayern

Ferner wurde mit der Stadt Aschaffenburg auf dem Gebiet der Optimierung der städtischen Liegenschaften eine Zusammenarbeit aufgebaut. Die erzielten Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt. Für weitergehende Informationen wird in Bezug auf das Projekt FORETA auf die Buchveröffentlichung verwiesen (siehe Anhang).

Der Forschungsverbund FORETA

FORETA ist ein Forschungsverbund, den das Staatsministerium 2009 im Rahmen seines Klimaprogramms Bayern 2020 ins Leben gerufen hat. Die Hochschule Aschaffenburg gehört zu den elf Teilprojekten im Verbund und hat sich die Energieoptimierung von Nichtwohngebäuden zum Thema gemacht.

Energieoptimierung und CO₂-Einsparung sind große Herausforderungen in Zeiten des Klimawandels und der steigenden Energiekosten. Vor diesem Hintergrund sind Betreiber von Immobilien mehr und mehr gefordert, die Gesamtenergieeffizienz ihrer Gebäude zu analysieren und nach Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen. Mit dem bundesweit einheitlichen Energieausweis gibt es für Wohnhäuser bereits eine strukturierte und transparente Vorgehensweise. Für Gewerbeimmobilien, die meist eine komplexe Altersstruktur der Gebäude und damit der energietechnischen Ausstattung aufweisen, sind entsprechende Standards nicht verfügbar. Das Forschungsvorhaben der Hochschule Aschaffenburg soll diese Lücke schließen. Ziel ist es, mit der Entwicklung eines Bewertungstools zur Dokumentation der energetischen Umsätze in Nichtwohngebäuden ein leicht zu handhabendes Werkzeug bereitzustellen. Als Referenzobjekt dient den Forschern der Gewerbepark Schäferheide in Alzenau. Hier wurde das Forschungsgebäude der Firma Schott Solar und das Verwaltungsgebäude der Firma Nukem untersucht.

Dessen Struktur der Liegenschaften – eine Mischung aus Produktionsstätten und reinen Verwaltungsgebäuden – liefert ideale Voraussetzungen zur Umsetzung des Forschungsauftrages.



Abb. 1: Forschungsgebäude der Firma Schott Solar



Abb. 2: Verwaltungsgebäude Nukem

Energieeffizienz

In Zusammenarbeit mit der Firma FAMIS (Gesellschaft für Facility Management und Industrieservice, Alzenau), der Firma Ludwig Hammer, Kleinostheim als technische Unterstützung und der Stadt Alzenau läuft das Projekt in drei Phasen ab:

1. Dokumentation des Ist-Zustandes der Gebäude im Gewerbepark Schäferheide
2. Entwicklung eines PC-gestützten Auswertungsprogramms zur Analyse von Nicht-Wohngebäuden
3. Überprüfung der Übertragbarkeit des entwickelten Tools auf weitere Nichtwohngebäude vor allem im kommunalen Bereich (stellvertretend ein ausgewähltes Gebäude der Stadt Alzenau)

Für die Projektleitung ist Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler von der Fakultät Ingenieurwissenschaften an der Hochschule Aschaffenburg zuständig. Als Ergebnis werden neben der entwickelten Berechnungssoftware auch standardisierte Vorgehensweisen zur Erfassung und Bewertung der Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden zur Verfügung gestellt. Eine übersichtliche und verständliche Darstellung der energetischen Verbesserungsmöglichkeiten, deren Nutzen und der damit verbundenen wirtschaftlichen Investitionen erleichtert Eigentümern und Mietern von Gewerbeimmobilien die Entscheidung für Optimierungsmaßnahmen. „Ähnlich dem Energieausweis für Wohngebäude, der seit 2008 verpflichtend eingeführt ist, wird damit auch ein aussagekräftiges Instrument für Nichtwohngebäude zur Verfügung stehen“, beschreibt Professor Bochtler die Ziele des Forschungsprojekts. „Zwar stellt die Norm DIN V 18599 bereits eine Berechnungsmöglichkeit für die energetische Bewertung von Nichtwohngebäude dar, aufgrund der standardisierten Randbedingungen können daraus jedoch keine Rückschlüsse auf tatsächliche Einsparpotenziale gezogen oder dokumentiert werden.“ Hilfreich wäre aber für Gebäudebetreiber die Darstellung ihrer individuellen Möglichkeiten, basierend auf den realen Verbrauchszahlen und auf die Bedürfnisse und speziellen Anforderungen ihrer Liegenschaft zugeschnitten.

Bei dieser Vorgehensweise werden systematisch alle Bauteile des Gebäudes in der Gebäudehülle (Wand, Decke, Boden, Dach, Fenster) sowie die Wärmebrücken, Lüftung und die Anlagentechnik einer effizienten Bewertung unterzogen. Als Bewertungsgrundlage wird dabei die beste verfügbare Technik zugrunde gelegt. Im Falle einer wirtschaftlichen Verbesserungsmöglichkeit (z. B. Verbesserung des U-Wertes der Gebäudehülle durch Dämmmaßnahmen, siehe Diagramm Abb. 4) wird die Umsetzung der Maßnahme empfohlen und die einzelnen Einsparungen ausgewiesen.



Abb. 3: Vorgehensweise der Bewertung

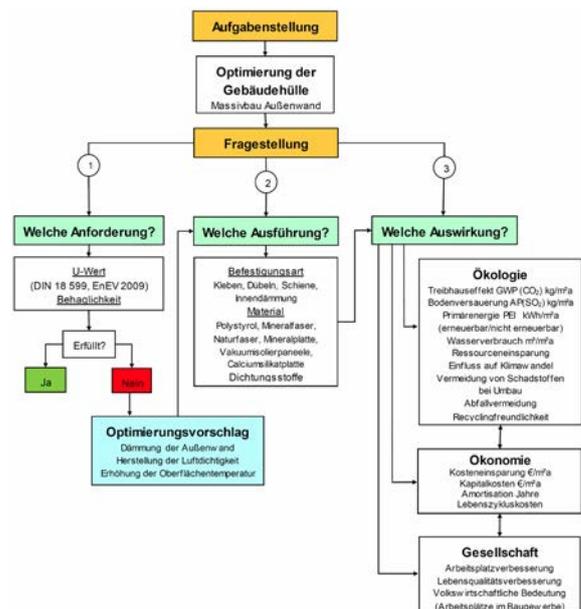


Abb. 4: Vorgehensweise der Bewertung am Beispiel Gebäudehülle

Letztendlich wird die Amortisationszeit anhand der aktuellen Energiepreise berechnet und die Ersparnis von CO₂ ermittelt. Auf diese Weise kann der Betreiber der Immobilie selbst entscheiden, ob die entsprechende Maßnahme zur Effizienzsteigerung für ihn lohnenswert ist.

Nach der Entwicklung des Softwaretools wurde der Einsatz an einem Gebäude der Stadt Alzenau, Kindertagesstätte Zauberwald, überprüft. Der Einsatz zeigte, dass die Software geeignet ist, für die Bereiche Beleuchtung, Gebäudehülle und Heizenergie aussagekräftige Optimierungen vorzuschlagen und diese grafisch darzustellen. Weitere Bereiche der Anlagentechnik und Prozessenergie werden in die Software bereits eingepflegt.

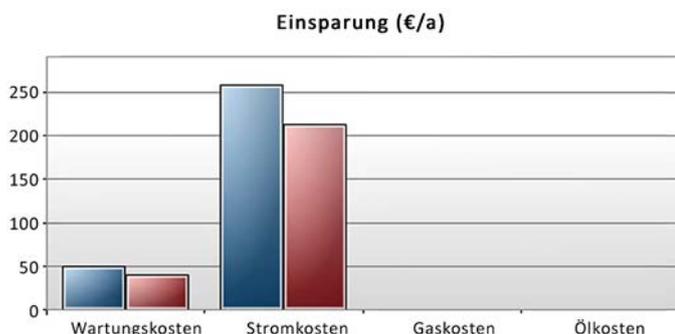


Abb. 5: Diagramm zur Darstellung der Einsparungen

Die Hochschule Aschaffenburg baut mit dem Forschungsvorhaben ihre Infrastruktur im Kompetenzbereich „Energieeffizienz“ weiter aus. Die Erfahrungen und Ergebnisse können Unternehmen zur Bewertung ihrer Energieeffizienz ebenso wie Studierende nutzen. Existierende Kooperationen mit der regionalen Wirtschaft werden vertieft und neue Möglichkeiten für Studierende bei Praktika, Studien- und Abschlussarbeiten oder späteren Arbeitsplätzen geschaffen werden. Das Projekt wird mit einer kooperativen Promotion mit der TU München durchgeführt und fördert so die Kompetenz des Ingenieur Nachwuchses im Bereich der angewandten Wissenschaften am praktischen Beispiel.

Internetgestützte Lernsoftware (IgEL)

Mit dem Lernkurs Internetgestützte Energieeffizienz-Lernsoftware (IgEL) können beteiligte Unternehmen einen Beitrag zur Verbesserung der Energieeffizienz ihres Gebäudes leisten und sich mit individuellen Maßnahmen vertraut machen, die der Klimaerwärmung entgegen wirken und die Treibhausgase reduzieren. Das Projekt entsteht in Zusammenarbeit mit der Virtuellen Hochschule Bayern und wird vom Europäischen Sozialfonds gefördert. Die im Projekt FO-RETA entwickelte Software wird in das Projekt IgEL eingebunden.

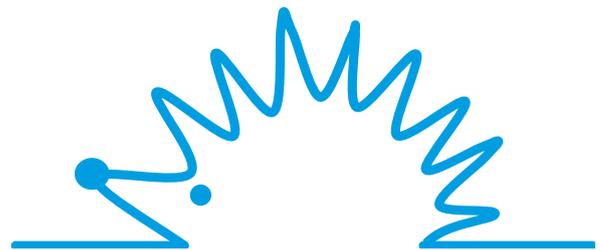


Abb. 6: Logo der IgEL-Software

Ziel des Lernkurses ist die Wissensvermittlung für eine umfassende Analyse des Gebäudes. Dafür werden fünf große Themenbereiche gebildet, die in mehrere Kapitel unterteilt sind.

Durch die Bearbeitung dieser Themen werden die nötigen Kenntnisse vermittelt, um die jeweilige Sparte auf die Energieeffizienz hin zu bewerten.

1. Gebäudehülle
2. Anlagentechnik
3. Stromversorgung
4. Wasserversorgung
5. Prozesse (wenn vorhanden)

Energieeffizienz

Die Themen im Einzelnen:

1. Einführung
2. Gebäudehülle, U-Wert
3. Gebäudehülle, Jahresheizwärmebedarf
4. Gebäudehülle, Energieoptimierung
5. Anlagentechnik, Heizung
6. Anlagentechnik, Lüftung
7. Anlagentechnik, Klimatisierung
8. Beleuchtung
9. Arbeitshilfen
10. Wasserversorgung
11. Produktionsanlagen
12. Abschluss

Die Vorgehensweise ist in allen Themenbereichen ähnlich. Vorhandene Gegebenheiten werden mit den vorgeschriebenen Sollwerten z. B. aus DIN-Normen oder Effizienzklassen verglichen und so bei Abweichungen Schwachstellen des Gebäudes in Bezug auf seine Energieeffizienz aufgespürt. Den Abschluss der Bewertung stellt immer eine Wirtschaftlichkeitsberechnung dar, mit Ermittlung der Amortisationszeiten für die Energieoptimierung und Darstellung der ökologischen Wirkung der Maßnahmen in Bezug auf die Einsparung von Treibhausgasen.

Beim Bereich Gebäudehülle werden die einzelnen Bauteile des Gebäudes wie Wand, Dach und Fenster auf ihre Qualität abhängig vom Wärmedurchgang überprüft. Dafür müssen die U-Werte dieser Bauteile berechnet und mit den nach Energieeinsparung geforderten Werten verglichen werden. Werden die erforderlichen Werte nicht erreicht, so ist Handlungsbedarf angesagt, meist in Form von Dämmmaßnahmen. In der Anlagentechnik wird neben der Möglichkeit der Optimierung der technischen Gebäudeausrüstung über Anpassung der Regelung, Einstellung der Betriebszeiten u. ä. auch der Austausch der Geräte oder der gesamten Anlage behandelt.

Hinsichtlich der Stromversorgung wird der Energieaufwand für Beleuchtung und Arbeitshilfen näher auf seine Einsparpotenziale untersucht. Von der Vermeidung von Leerlaufverlusten bei Computern über den Austausch veralteter Kühlschränke und der Untersuchung und Bewertung der installierten Beleuchtung werden Möglichkeiten zur Stromersparung im Gebäude aufgezeigt.

Einsparpotenziale in der Wasserversorgung lassen sich über die Messung der Durchflussmengen bei Wasserzapfstellen und über die Prüfung der Wasserspültechnik an den Toiletten ermitteln.

Sind Prozessvorgänge vorhanden, so erfordern diese eine gesonderte individuelle Bewertung. Wenn möglich sollte über Messaufbauten der Aufwand für Prozesse vom übrigen Energieaufwand getrennt werden, um eine genauere Analyse durchführen zu können. Hier können Hilfestellungen für die Errichtung des Messaufbaus und die dazu erforderlichen Geräte gegeben werden.



Abb. 7: Messaufbau zur Strommessung



Abb. 8: Messaufbau zur Wärmestrommessung

Nach der Absolvierung des Lernkurses ist der Teilnehmer in der Lage, sein Gebäude umfassend zu bewerten und sich die individuell notwendigen Maßnahmen für die Optimierung der Effizienz erarbeiten.

Kooperation mit der Stadt Aschaffenburg

Auch die Stadt Aschaffenburg zeigt großes Interesse an der Umsetzung der Maßnahmen. Entsprechend wurde von der Hochschule Aschaffenburg gezielt ein Energiekonzept für das Garten- und Friedhofsamt und für die zugehörigen Verwaltungsgebäude und Gewächshäuser entwickelt .

Die Bewertung erfolgte auf der Grundlage der im Förderprojekt FORETA erarbeiteten Vorgehensweise. Des Weiteren wurde eine Thermografiemessung, eine Simulationsrechnung für die Gewächshäuser und Messungen zum Wärmestrom und Stromverbrauch durchgeführt. Die Ergebnisse werden als Grundlage für die Umsetzungsmaßnahmen am Standort Gartenamt herangezogen.



Abb. 9: Verwaltung des Gartenbauamts



Abb. 10: Gewächshaus des Gartenbauamts

Wissenstransfer

Wissenstransfer und Information Management

Arbeitsgruppe Prof. Dr. Wolfgang Alm, Prof. Dr. Georg Rainer Hofmann

Der Bereich Wissenstransfer des ZeWIS arbeitet eng mit dem Information Management Institut (IMI) an der Hochschule zusammen und führt insbesondere Projekte des Wissenstransfers durch. Das Ziel ist es, Wissen, das an der Hochschule vorhanden ist, oder generiert wird, der Region, den Wirtschaftsunternehmen und der Öffentlichen Hand, zugänglich zu machen. Die Forschungsergebnisse fließen wiederum in die akademische Lehre ein, um so dem Auftrag einer praxisbezogenen Lehre vermehrt Rechnung zu tragen.

Einen wichtigen auch finanziellen Rahmen für den Wissenstransfer bieten die Drittmittelprojekte, welche durch den Europäischen Sozialfonds in Bayern über das Bayerische Wissenschaftsministerium kofinanziert werden. Hier fand bisher jeweils eine dreiteilige Finanzierung statt: ca. 25 % der Projektsomme kommt aus Eigenmitteln der Hochschule, 25 % von einem Unternehmen, das Projektpartner ist. Die verbleibenden 50 % werden durch ESF-Mittel kofinanziert.

ESF-Projekte am Information Management Institut

Folgende Projekte wurden oder werden derzeit als Drittmittelprojekte unter der Leitung von Prof. Dr. Georg Rainer Hofmann und Prof. Dr. Wolfgang Alm am IMI durchgeführt:

Projekt	Laufzeit	Projektsomme	Fördersomme	Projektfokus	Projektpartner
 KontAKS Wissenstransfer als Chance www.kontaks.de	Okt. 2009 – Sept. 2012 (3 Jahre)	€ 207.610,-	€ 102.775,- 	Wissenstransfer von Methoden zur Ermittlung von Kontext und Akzeptanz von Systemen, insbesondere der Branchen IT und Automotive	 Qumola Fraunhofer FOKUS ZENTEC
 mainproject www.mainproject.eu	Okt. 2011 – Sept. 2014 (3 Jahre)	€ 815.500,-	€ 407.750,- 	Wissenstransfer von Methoden der Prozessoptimierung, des Lean-Managements und des Dienstleistungsmanagements	 Mainsite, ICQ Fraunhofer FOKUS
 KaRaBonita Kapital Rating Bonität www.karabonita.de	Apr. 2013 – Sept. 2014 (1,5 Jahre)	€ 150.000,-	€ 75.000,- 	Wissenstransfer von Methoden und Prozessen zur Verbesserung der Kapitalausstattung von kleinen und mittelständischen Unternehmen der Region Bayerischer Untermain – KaRaBonita (Kapital – Rating – Bonität)	 WALTER FRIES UNTERNEHMENSBERATUNG EIGENKAPITALFORUM BAYERISCHER UNTERMAIN Fraunhofer FOKUS

Akzeptanz von Systemen und Verfahren

Seit Beginn der Wissenstransferfähigkeit des Information Management Instituts stellt die „Akzeptanz von Systemen“ einen zentralen Untersuchungsgegenstand dar. Hier stand zunächst die Akzeptanz von Systemen aus dem Bereich Automotive – Fahrsicherheits- und Fahrassistenzsysteme, sowie die Akzeptanz der Elektromobilität – im Vordergrund. Später trat zunehmend die Akzeptanz von IT-Systemen in den Fokus der Betrachtungen, was sich heute zu einem Kernthema des Wissenstransfers entwickelt hat.

Am 01. Oktober 2009 startete das dazu passende ESF-Projekt „KontAKS“, dessen Förderphase am 30. September 2012 nach dreijähriger Laufzeit zu Ende ging. Das Akronym „KontAKS“ steht für Kontext und Akzeptanz von Systemen, was auch der Gegenstand des Projektes war: Das Ziel war es, den beteiligten Firmen über einen Wissenstransfer Methoden an die Hand zu geben, um „Kontext und Akzeptanz von Systemen“ zu untersuchen.

Dies geschah über Workshops, Fachvorträge, oder auch sehr individuell in Form von Analysen der Akzeptanz von Produkten und Dienstleistungen in konkreten Fällen. Mit einer verbesserten Ausrichtung der Entwicklungen an der Nachfrage des Marktes können so sowohl langfristig Arbeitsplätze gesichert als auch neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Aufgrund des artikulierten großen Interesses der diversen kleinen und mittelständischen Unternehmen, aber auch der öffentlichen Hand, an den Fragen der „Akzeptanz technischer Systeme“ wird das Thema Akzeptanz auch über die Förderphase hinaus vom IMI weiter verfolgt. Das ESF-Projekt „mainproject“, welches seit 01. Oktober 2011 ebenfalls unter der Leitung von Prof. Dr. Hofmann und Prof. Dr. Alm durchgeführt wird, hat die Methoden zur Akzeptanzermittlung in sein Aktivitätenportfolio übernommen. Das zu vermittelnde Wissen auf diesem Gebiet wird von den Projektmitgliedern permanent sowohl über die aktive Verfolgung

der aktuellen Literaturlage und den Besuch von Messen und Konferenzen zusammengetragen – insbesondere aber über die Erstellung eigener Analysen und Studien generiert. Als ein Beispiel für Arbeiten, die eine erhöhte Aufmerksamkeit auch auf überregionaler, gar europäischer, Ebene erreicht hat, sind die Studien zur „Akzeptanz von Cloud Computing“ zu nennen.

Akzeptanz von Cloud Computing – in Kooperation mit EuroCloud Deutschland_eco e.V.

Die „Studie zur Akzeptanz des Cloud Computing“ entstand in ihrer ersten Auflage im Sommer 2012 in Kooperation des IMI mit dem Verband EuroCloud Deutschland_eco e. V. Das Ziel der Studie war es, Mechanismen zu identifizieren, wie Akzeptanz und Vertrauen in anderen Branchen entsteht, und wie die Erkenntnisse auf Cloud Computing übertragen werden können. Die derzeit bestehende mangelnde Marktakzeptanz des Cloud Computing wiederum schien mangelnder technischer Betriebssicherheit und Datensicherheit sowie rechtliche Fragestellungen geschuldet zu sein.

Wie der Vergleich mit anderen, isomorphen Fällen (Akzeptanz von Premium-PKW, Bankprodukten, DATEV) zeigte, relativieren sich einige Aspekte (wie technische Features, oder auch der Kaufpreis), die zurzeit in der Diskussion um Cloud Computing als bedeutsam angesehen werden, als nicht verkaufsentscheidend.

Potenzielle Informationstransparenz:

- Aufklärung der Kunden zum Reifegrad der Technik
- Aufbau von Geschlossenen Kundengruppen
- Einrichtung öffentlicher Gewährleistungen
- Psychologie des „Transfers“ von Sympathie und der Seriosität auf das IT-System
- Reduktion der Diskussion um Systempreise und technische Details

Wissenstransfer

Stattdessen wäre es positiv, das Vertrauen der Käufer und Nutzen weiter zu stärken, durch wesentliche Faktoren wie:

- Potenzielle Informationstransparenz
- Aufklärung der Kunden zum Reifegrad der Technik
- Aufbau von Geschlossenen Kundengruppen
- Einrichtung öffentlicher Gewährleistungen
- Psychologie des „Transfers“ von Sympathie und der Seriosität auf das IT-System
- Reduktion der Diskussion um Systempreise und technische Details

Eine zweite Phase der Akzeptanzanalyse nahm im Sommersemester 2013 eine Expertenbefragung vor. Ziel der Interviews war es, die genannten Analogien und Vermutungen zu überprüfen sowie Erfolgs- und Entscheidungsfaktoren im Cloud Computing-Verkaufsprozess zu identifizieren. Die daraus abgeleiteten Thesen wurden anschließend durch die Mitglieder des Eurocloud Deutschland_eco e. V. nach Relevanz und Potenzial bewertet. Derzeit ist eine zweite Auflage der Studie in Arbeit, die die Ergebnisse der Befragungen aus dem Jahr 2013 berücksichtigt und verstärkt auf Aspekte der Kundenkommunikation eingeht.



Ganzheitliche Strukturverbesserung in Unternehmen

Ziel des ESF-Projektes mainproject ist es, eine ganzheitliche Strukturverbesserung in den Unternehmen der Region zu erzeugen. Dies soll vor allem durch Wissenstransfer von Methoden der Prozessoptimierung, des Lean Managements und des Dienstleistungsmanagements als Netzwerktaetigkeit für Mitarbeiter regionaler Unternehmen erreicht werden. Ein Schwerpunkt liegt zunächst auf kleinen- und mittelständischen Unternehmen des Industrie Center Obernburg (ICO).

Da die Attraktivität einer Region als Wirtschaftsstandort, sowohl für bestehende Unternehmen als auch für potenzielle Neuansiedlungen, neben anderen Faktoren, entscheidend auf Qualität und Kenntnisstandard der verfügbaren Arbeitskräfte basiert, soll gemäß Zielsetzung der Kenntnisstand der dort beschäftigten Personen weiterentwickelt werden. Zu diesem Zweck bietet mainproject eine Wissensvermittlung auf Flexibilität (z. B. Seminare, Workshops, Fachgespräche, etc.) an. Zudem wird stetig ein Netzwerk für Erfahrungsaustausch zwischen den teilnehmenden Unternehmen und Multiplikatoren geschaffen und weiter ausgebaut. Die Hochschule Aschaffenburg dient hierzu als neutrale Plattform. Dabei werden von die Wünsche und Ist-Situationen der Unternehmen berücksichtigt um ein kundenorientiertes Angebot zu schaffen.

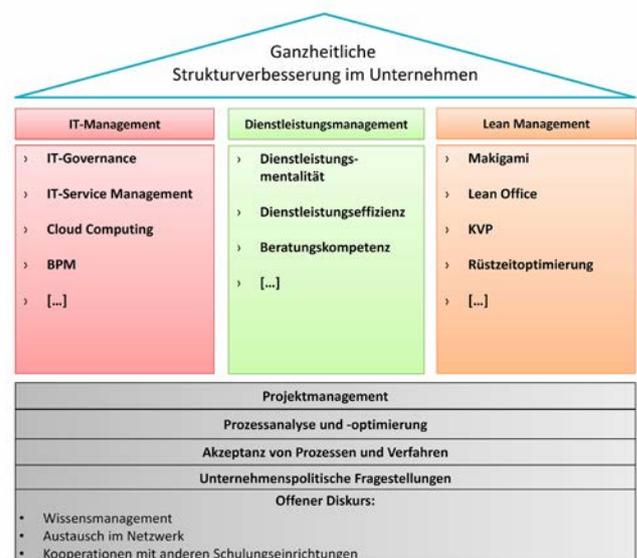


Abb. 1: mainproject – das Projektangebot als Referenzmodell

Als die drei Schwerpunkte des Wissenstransfers sind Themen „IT-Management“, „Dienstleistungsmanagement“ und „Lean Management“ zu nennen. Wie in Abbildung 1 zu sehen, wird aber auch eine Reihe von Querschnittsthemen, wie die bereits erwähnte „Akzeptanz von Prozessen und Verfahren“ bedient.

Lean Management

Der zunehmend härtere und globale Wettbewerb stellt Unternehmen immer wieder vor die Herausforderung, kostengünstiger und schneller ihre Leistungen zu erbringen, und dies sowohl in der Produktion als auch im administrativen Bereich. Über die Jahre gewachsene Prozesse sind hierfür aber oftmals zu unflexibel und ineffizient. Lean Management identifiziert hierzu Potenziale entlang der gesamten Wertschöpfungskette und entwickelt gemeinsam mit den Mitarbeitern des Unternehmens hierarchieübergreifend Ansätze zur kontinuierlichen Verbesserung.

Es wird hierbei auf einen ganzheitlichen Ansatz gesetzt, der die Mitarbeiter des Unternehmens in alle Phasen des Veränderungsprozesses aktiv mit einbindet. Seminare finden in den Räumen von mainproject, im Industrie Center Obernburg, oder in gewohnter Umgebung des Kundenunternehmens statt.

IT Management

Betriebliche Informationssysteme bilden das zentrale Nervensystem in vielen Unternehmen. Ineffiziente Geschäftsprozesse und eine fehlende Ausrichtung von Informationssystemen an den Bedürfnissen der Fachabteilungen haben daher häufig negative Auswirkungen auf die betriebliche Wertschöpfung. Unternehmen stoßen aufgrund des komplexen und dynamischen Umfelds schnell auf Probleme bei der Umsetzung von Verbesserungspotenzialen.

mainproject unterstützt daher bei:

- strategischen, taktischen und operativen Fragestellungen des IT-Managements
- der Analyse und Optimierung von Geschäfts- sowie IT-Prozessen
- der zielgerichteten Analyse und Gestaltung betrieblicher Informationssysteme
- der Durchführung von IT-Projekten

Anwendung finden hierbei bewährte Konzepte und Methoden der Wirtschaftsinformatik. Ziel ist es, Geschäftsprozesse durch die IT bestmöglich zu unterstützen und damit die Qualität der Leistungserstellung in Ihrem Unternehmen zu steigern.

Dienstleistungsmanagement

Klienten einen „Rat“ zu geben ist mehr als rein rationale Angelegenheit, die auf „technischem“ Wissen und Expertise beruht: Die „Beratung“ ist nicht nur ein logisch geprägter Prozess, vielmehr erscheint Beratung ein bilateraler und auch emotional geprägter Prozess zu sein. Für einen Berater ist es fast unerheblich „recht zu haben“, viel wichtiger ist es, „nützlich und hilfreich“ zu sein.

Von daher kann die Diagnose und Lösung eines Klienten-Problems nie erfolgreich sein, wenn nicht die emotionale und politische Situation, und die „Empfindlichkeiten“ des Kunden hinreichend berücksichtigt werden. Es spielt fast keine Rolle, wie „technisch“ ein Problem auch erscheinen mag – die Beratung wird immer eine Komponente des Verstehens der involvierten Personen und ihrer Interessen umfassen müssen.

Das Vorhaben mainproject geht deshalb, wenn von erfolgreicher Dienstleistung im Bereich von Kundenberatung

Wissenstransfer

gesprächen wird, auf die sozio-psychologischen Befindlichkeiten der Kunden ein. Hinweise zum verbesserten Verständnis der Kundensituation spielen hier eine entscheidende Rolle.

Verbesserung der Kapitalausstattung für kleine und mittelständische Unternehmen

Anfang April 2013 startete das Information Management Institut das ESF-Projekt KaRaBonita. Der Projektname steht für „Kapital, Rating und Bonität“ und beschäftigt sich mit der Kapitalausstattung von kleineren und mittleren Unternehmen.

Unterstützt wird KaRaBonita von Kooperationspartnern, wie dem Eigenkapitalforum (EKF) der ZENTEC, sowie vom Know-How des Projektpartners WALTER FRIES Unternehmensberatung. Für die externe Qualitätssicherung konnte das Fraunhofer Institut FOKUS in Berlin gewonnen werden.

Im Sommer 2013 wurde mit einer Serie von Interviews ermittelt, mit welchen Methoden Kapitalgeber und Ratingagenturen die Kreditwürdigkeiten ermitteln. Im Fokus steht die Identifikation und Dokumentation „weicher“ Beurteilungsfaktoren. Daran anschließend werden im Herbst 2013 Kapitalnachfrager zu ihren Erfahrungen interviewt. Ziel des Projektes ist es, den Unternehmen in der Region Methoden und Prozesse zu vermitteln, mit deren Hilfe sie zur Verbesserung ihrer Kapitalausstattung beitragen können. Der Wissenstransfer soll dabei über diverse Veranstaltungsformate, wie Workshops, Seminare und Vorträge sowie die Publikation der Ergebnisse, erfolgen.

Projekte mit studentischer Beteiligung – Beispiele

Neues Wissen, welches an Unternehmen der Region gegeben werden kann, wird auf verschiedene Weise im Informa-

tion Management Institut zusammengetragen. Ein Weg führt dabei über Projekte mit studentischer Beteiligung. Diese werden von Seiten der Studierenden aufgrund der hohen Praxisrelevanz immer beliebter und finden auch bei den Praxispartnern einen hohen Zuspruch. Es konnten auf diesem Wege schon einige beachtliche (Teil) Projektergebnisse erzielt werden. Einige werden im Folgenden kurz genannt:

- Arbeitspaket für das EU-Projekt „iCity“ in Kooperation mit Fraunhofer FOKUS, Berlin: im Rahmen eines Projektbeitrages zum iCity-Projekt wurden anderweitige Nutzungsszenarien von Open Data und Bürgerbeteiligungssystemen analysiert (Methode der „Case-based Evidence“) um Rückschlüsse auf hiesige Handlungslinien zu finden.
- Im Sommersemester 2013 war eine Projektgruppe bei der Pirelli Deutschland GmbH mit einer Analyse von industriellen Fertigungsprozessen im Hinblick auf die Wiederverwertung nicht verbrauchter Rohmaterialien beschäftigt. Der Auftrag war es, den physischen Materialfluss zu dokumentieren und mit der Nachverfolgbarkeit in den EDV-Systemen zu vergleichen, um Schwachstellen und Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Des Weiteren sollte ein EDV-System entwickelt werden, das bei Vorgabe eines Produktionsplanes einen Forecast für die Generierung und Aufarbeitung von Rücklauf ausgeben soll. Angestrebtes Ziel ist eine Erhöhung der Recyclingquote.
- Ein Aufgabenpaket des ESF-Projektes mainproject war die Übertragung der Lean Management Ansätze in den administrativen Bereich. Hier kreierte eine Projektgruppe einen simulierten Auftragsabwicklungsprozess, anhand dessen die späteren Teilnehmer der Simulation die Lean Management Theorie praktisch anwenden können. Hierbei wird der bestehende

Prozess durchgeführt und mit den erlernten Tools analysiert und kontinuierlich verbessert. Der Erfolg der Prozessverbesserung wird anhand von Kennzahlen untermauert.

Infrastruktur für den Wissenstransfer

Für die Durchführung der Maßnahmen verfügt der Wissenstransferbereich des ZeWiS über einen modernen PC-Schulungsraum, ausgestattet mit moderner Informationstechnik für 32 Teilnehmer. Daneben steht ein weiterer größerer Raum für Konferenzen und Tagungen, Workshops und Lehrveranstaltungen mit umfassender Präsentationstechnik zur Verfügung. Beide Räumlichkeiten können auch, je nach Verfügbarkeit, angemietet werden.



Abb. 2 und 3: In den mainproject-Schulungsräumen können bis zu 32 Personen gleichzeitig geschult werden.



Abb. 4: Die Räume können auf verschieden bestuhlt werden und sind so für diverse Veranstaltungsformate geeignet.

Nach Ablauf der Förderung soll mainproject eigenständig werden, sodass die vermittelten Inhalte und Methoden seitens der Netzwerkteilnehmer weiter genutzt werden können.

Damit wird dem Zentrum für Wissenschaftliche Services und Transfer (ZeWiS) der Hochschule Aschaffenburg im Industrie Center Obernburg eine professionelle eigenständige Bildungseinrichtung zur Verfügung stehen, die auch Unternehmen der Region weiterhin mit Schulungs- und Beratungsleistungen versorgt. Die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Unternehmen kann so auch langfristig gesteigert werden.

Wissenstransfer

Durchgeführte Veranstaltungen (2012–2013)

Im Rahmen des ESF-Projektes mainproject, sowie in Kooperation mit der IHK Aschaffenburg, dem eco e.V. (Kompetenzgruppe E-Commerce), sowie der Gesellschaft für Informatik e.V. werden regelmäßig Veranstaltungen durchgeführt. In den Jahren 2012 und 2013 wären hier folgende Veranstaltungen zu nennen:

Datum	Veranstaltungstitel	Ort
29.02.2012	Fachgespräch „Beratungskonzepte für Cloud Computing – Trends im Software- und Servicemarkt“ der GI-Fachgruppe Software- und Servicemarkt und des Information Management Instituts im Rahmen der MKWI 2012	Technische Universität Braunschweig
13.03.2012	Fachgespräch „Das Telemediengesetz und die Haftung von Plattformbetreibern“	Wirtschaftssozietät SJ Berwin, Frankfurt am Main
22.06.2012	WI-Sommerkolloquium 2012	Hochschule Aschaffenburg
17.07.2012	Was wir tun, ist riskant – was wir nicht tun, aber auch! Risikomanagement als Baustein der Unternehmensführung, Netzwerkveranstaltung mainproject	ICO, Obernburg
20.09.2012	Abschlussveranstaltung ESF-Projekt KontAKS	ICO, Obernburg
24.09.2012	Schnittstelle von E-Commerce und Finanzdienstleistungen; Sitzung der Kompetenzgruppe E-Commerce des eco e.V.	eco e.V., Köln
09.10.2012	„Theorie und Praxis der Wertanalyse“ Netzwerkveranstaltung von mainproject	ICO, Obernburg
26.10.2012	Mobile Content Cologne 2012 - „Mobile Gaming und M-Commerce“	Filmforum, Museum Ludwig, Köln
20.11.2012	„TPM – Total Productive Management“, Netzwerkveranstaltung mainproject	ICO, Obernburg
22.11.2012	E-Commerce und Social Networks in der öffentlichen Verwaltung; Sitzung der Kompetenzgruppe E-Commerce des eco e.V.	eco e.V., Berlin
26.02.2013	Die Überwindung schwieriger betrieblicher Situationen, Netzwerkveranstaltung mainproject	ICO, Obernburg
19.03.2013	Aufbau und Verbesserung von Kundenbeziehungen im E-Commerce	eco e.V., Köln
23.04.2013	Big Data und Datenqualität, Netzwerkveranstaltung mainproject	ICO, Obernburg
07.05.2013	Datenschutz und Informationssicherheit, Netzwerkveranstaltung von mainproject in Kooperation mit dem IT-Netz Bayerischer Untermain	IHK Aschaffenburg
18.06.2013	Die Top 100 der Logistik, Netzwerkveranstaltung mainproject	ICO, Obernburg

Mi

03.07.2013	Mechanismen für das künftige Internet	DE-CIX Meeting Center, Frankfurt a. M.
16.07.2013	Social Media - Nutzen für den B2B-Bereich, Netzwerkveranstaltung mainproject	ICO, Obernburg
01.10.2013	Zwei Jahre mainproject - erfolgreiche Aktivitäten und Fallbeispiele, Netzwerkveranstaltung mainproject	ICO, Obernburg
29.10.2013	Preisbildung und Qualitätsanspruch im Online-Handel	DE-CIX Meeting Center, Frankfurt am Main
07.11.2013	1. Konsens-Workshop im ESF-Projekt KaRaBonita	Hochschule Aschaffenburg
26.11.2013	Akzeptanz und Vertrauen in Produkte und Dienstleistungen, Netzwerkveranstaltung von mainproject in Kooperation mit dem BVMW-Regionalverband Bayerischer Untermain	ICO, Obernburg

IMI Verlag

Das Information Management Institut betreibt einen eigenen Verlag in dem Berichte aus der Institutstätigkeit erscheinen. Im IMI-Verlag (ehemals LIWS-Verlag) sind bislang erschienen:

ISBN-13	Titel	Jahr
978-3-9808791-0-1	Management der Mitarbeiter-Expertise in IT-Beratungsbetrieben - Grundlagen, Methoden und Werkzeuge; Tagungsband zur Multi-Konferenz Wirtschaftsinformatik 2002 der Fachgruppe 5.1 „Software- und Service-Markt“	01/2003
978-3-9808791-1-8	Rational-ökonomische Wissensbewirtschaftung - Projektabschlussbericht des HTO-Projektes „Wissen-Vermögens-Verwaltung (Knowledge Asset Management - KAM.com)“	12/2004
978-3-9808791-2-5	Business-IT Alignment - Trends im Software- und Service-Markt	02/2008
978-3-9808791-4-9	Entwicklung einer Expertisenkartierung für Car-2-X-Anwendungen Projektabschlussbericht des HTO-Projekts: Ein Mediawiki-basiertes, Offenes System für eine Expertisenkartierung für die Fahrsicherheits-Branche am Bayerischen Untermain - MOESBU	04/2010
978-3-9808791-5-6	Implementierungsvorschläge für eine Wissensbilanz an der Hochschule Aschaffenburg	07/2009
978-3-9808791-6-3	Prozessmodellierung für das Qualitätsmanagement an der Hochschule Aschaffenburg	01/2010
978-3-9808791-7-0	Wissensbilanz - Außendarstellung der Hochschule Aschaffenburg	06/2010
978-3-9808791-8-7	Prozesslandkarte für das Qualitätsmanagement an der Hochschule Aschaffenburg	02/2011
978-3-9808791-9-4	Institutional Repository - Entwicklung eines Konzepts für die Einführung an der Hochschule Aschaffenburg	07/2011
978-3-9815120-0-7	Beratungskonzepte für Cloud Computing - Trends im Software- und Service-Markt Tagungsband zum Fachgespräch im Rahmen der MKWI 2012	04/2012
978-3-9815120-1-4	Wissenstransferproject KontAKS - Abschlussbericht	10/2012

Wissenstransfer

Fachvorträge (2012–2013 nach Referenten in alphabetischer Reihenfolge):

Prof. Dr. Wolfgang Alm

„Der IT-Leitstand – die Unbekannte in ITIL v3? Die Industrialisierung der IT am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main“, Konferenzbeitrag auf der AKWI 2013, TH Mittelhessen, Friedberg, 16. September 2013

Prof. Dr. Georg Rainer Hofmann

„Professional Service Firm Management“, Master-Kurs International MBA an der Uni Würzburg, 10. und 11. Januar 2012, 25. und 26. Januar 2013, 11. und 12. April 2013, 29. und 30. August 2013

„Akzeptanzfaktoren und vertrauensbildende Maßnahmen für Cloud Computing“, EuroCloud Day 2012, Köln 23. Mai 2012

„Glück und Erfolg im E-Commerce“, 8. Sommerkolloquium an der Hochschule Aschaffenburg, 22. Juni 2012

„Akzeptanzprobleme als aktuelle Fragestellung der Unternehmensführung, KontAKS-Abschlussveranstaltung, Industrie Center Obernburg, 20. September 2012

„Factors of Market Acceptance of Cloud Computing – an Analyses by Case-based Evidences“ EuroCloud Congress, Luxemburg, 08. Oktober 2012

„Erfolgsfaktoren des Onlinehandels“, Arbeitgeberverband Textilindustrie, Aschaffenburg, 18. Oktober 2012

„Strukturen im E-Commerce – landen alle Online-Shops bei amazon?“, House of IT, Darmstadt, 24. Oktober 2012

„E-Commerce? M-Commerce?“, Mobile Content Cologne, Köln, 26. Oktober 2012

„Faktoren der Akzeptanz für Cloud Computing – eine Analyse von Case-based Evidences“, Cloud Kongress 2012, Wien, 05. November 2012

„Maßnahmen zur Reputationsverbesserung der Hochschule Aschaffenburg – Erstellung einer Wissensbilanz“, Senat der Hochschule, Aschaffenburg, 10. April 2013

„Kundenkommunikation für Cloud Services“, EuroCloud Deutschland Conference, Karlsruhe, 14. Mai 2013

„Akzeptanzfaktoren und vertrauensbildende Maßnahmen für Cloud Computing“, Cloud Day 2013, IHK Hanau, 22. Mai 2013

„Cloud Computing und Cloud Services: Akzeptanz und Kundenkommunikation“, Telekom Business Marketplace Partner EcoSystem Veranstaltung, Deutsche Telekom AG, Frankfurt, 12. Juni 2013

„Cloud Computing und Cloud Services: Akzeptanz und Kundenkommunikation“, DE-CIX e.V., Frankfurt am Main, 24. Juni 2013

„Akzeptanzfaktoren für Cloud Computing“, SAP Sail Conference 2013, Kiel, 27. Juni 2013

„Akzeptanz des Open Data Portals des BMI“, Fraunhofer FOKUS, Berlin, 01. Juli 2013

„Future Internet und E-Commerce – Einige Thesen und Erläuterungen“, Sitzung der KG E-Commerce des eco e.V., Frankfurt am Main, 03. Juli 2013

„Herstellerpreisvorgaben und Preisstabilität im Online-Handel“, Veranstaltung: Trends im E-Commerce Cross Border & Preiswettbewerb im Online- und Offline-Handel, HÄRTING Rechtsanwälte, Berlin, 03. September 2013,

„Abschätzung der Akzeptanz von IT-Systemen mittels Methoden der Case-based Evidences und Qualifizierten Experteninterviews – ein Metathema der Integration und Konnexion“, Konferenzbeitrag, 16. September 2013, Teilnahme an der Prodiamsdiskussion am 17. September 2013, AKWI 2013, TH Mittelhessen Friedberg

„Cloud oder nicht Cloud – ist das eine Frage?“, SAP Automotive Colloquium, München, 26. September 2013

„Acceptance of Cloud Computing – components for the communication with clients“, EuroCloud Conference, Luxemburg, 15. Oktober 2013

„Preisvorgaben, Preisstabilität und Qualitätsanspruch im Online-Handel – einige Phänomene und Erläuterungen“, Sitzung der KG E-Commerce des eco e.V., Frankfurt am Main, 29. Oktober 2013

„Zwei Jahre mainproject – erfolgreiche Aktivitäten und Fallbeispiele“, Netzwerkveranstaltung von mainproject, ICO Obernburg, 10/13

Fachvorträge von Institutsmitarbeitern

Roth, Stefan: „TPM – Total Productive Management“, Netzwerkveranstaltung von mainproject, ICO Obernburg, 20. November 2012

Roth, Stefan: „Zwei Jahre mainproject – erfolgreiche Aktivitäten und Fallbeispiele“, Netzwerkveranstaltung von mainproject, ICO Obernburg, 01. Oktober 2013

Schumacher, Meike: „Eine regionale Akzeptanzanalyse zum Cloud Computing im Rahmen des ESF-Projektes KontAKS“, MKWI 2012, Braunschweig, 29. Februar 2012

Schumacher, Meike: „Leitfaden-Konzepte für Cloud Computing – worauf sollten KMU achten?“, Fachgespräch „Cloud - Chancen, Risiken und Erfahrungen“, IHK Aschaffenburg, 24. Mai 2012

Schumacher, Meike: „KontAKS – ein Überblick über die Projektaktivitäten“, KontAKS-Abschlussveranstaltung, Industrie Center Obernburg, 20. September 2012

Schumacher, Meike: „Faktoren der Akzeptanz für Cloud Computing – eine Analyse von Case-based Evidences, Cloud Kongress 2012, Wien, 05. November 2012

Schumacher, Meike: „Qualitätsmessung im E-Commerce“, Sitzung der KG E-Commerce des eco e.V., Köln, 13. März 2013

Tax, Michael: „mainproject – ITIL-Wissenstransfer im Rahmen des ESF-Programms“, AKWI 2012, Pforzheim, 17. September 2012

Veröffentlichungen

Automotive

K. Zindler, S. Hahn (2013): Fahren ohne Fahrer – Automatisiertes Testen von Fahrzeugsicherheitssystemen, Vortragsreihe „Technik begeistert“ der Volkshochschule Aschaffenburg, Hochschule Aschaffenburg.

S. Hahn, S. Heinlein, K. Zindler (2012): Prüfmethode für vorausschauende Fahrzeugsicherheitssysteme, ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift 11-2012, Springer Automotive Media, S. 840-844.

S. Hahn, S. Heinlein, K. Zindler (2012): Regelung von Testfahrzeugen und Testvorrichtungen zur Funktionsprüfung vorausschauender Fahrzeugsicherheits- und Fußgängerschutzsysteme, 28. VDI/VW-Gemeinschaftstagung Fahrerassistenz und Integrierte Sicherheit, Wolfsburg, VDI-Berichte Nr. 2166, S. 367-374.

K. Zindler, S. Hahn, S. Zecha, G. Jürgens (2012): Querdynamische Fahrzeugführung zur reproduzierbaren Erprobung von Sicherheitssystemen, at-Automatisierungstechnik 60(2), Oldenbourg-Verlag, S. 61-73.

K. Zindler, S. Hahn, R. Herrmann (2012): Querdynamische Zustandsschätzung, Hanser automotive electronics systems, Heft 3/4, Carl Hanser Verlag, S. 27-31.

K. Zindler, B. Schreiner, F. Pfenning (2012): Entwicklung eines Ausweichassistenten, Seminar Fahrzeugregel- und Fahrzeugsicherheitssysteme, Zentrum für Wissenschaftliche Services, Obernburg.

K. Zindler, S. Hahn (2012): Automatisierter Test von Fahrzeugsicherheitssystemen, Seminar Fahrzeugregel- und Fahrzeugsicherheitssysteme, Zentrum für Wissenschaftliche Services, Obernburg.

S. Hahn, K. Zindler (2012): Automatisierter Test von Fahrzeugsicherheitssystemen, 25. Fachtagung des Arbeitskreises „Mechatronik an Hochschulen“, Hochschule Aschaffenburg.

K. Borgeest, K. E. Noreikat, K. Reif (2012): Kraftfahrzeug-Hybridantriebe, aus der Reihe: ATZ/MTZ-Fachbuch, Springer-Vieweg Verlag, ISBN: 978-3-8348-0722-9.

K. Borgeest (2012): EMC Aspects of Car Communication Systems, IEEE EMC Magazine.

K. Borgeest (2011): Ein modulares Motorsteuergerät für den Labor- und Prüfstandsbetrieb, Tagung „Elektronik im Kraftfahrzeug“, Essen.

K. Borgeest (2011): Realitätssimulation in Software-Übungsprojekten, Embedded Software Engineering Kongress, Sindelfingen.

K. Borgeest (2011): Technische Zusammenhänge zur Bewertung rechtlicher Folgen der Einrichtung plakettenpflichtiger Verkehrszonen, Fachartikel, NVwZ (Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht).

Intelligente Systeme und Automatisierung

S. Köhler, B. Schreiner, S. Ronalter, K. Doll, U. Brunsmann, K. Zindler (2013): Autonomous Evasive Maneuvers Triggered by Infrastructure-Based Detection of Pedestrian Intentions, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV' 13), Gold Coast, Australien, 23.-26. Juni.

H.-G. Stark, F. Lieb, D. Lantzberg (2013): Variance Based Uncertainty Principles and Minimum Uncertainty Samplings, Applied Mathematics Letters 26 (2013), 189-193 DOI: dx.doi.org/10.1016/j.aml.2012.08.009.

S. Köhler, K. Doll, U. Brunsmann (2012): Videobasierte Erkennung von Fußgängerintentionen zur Steigerung der Verkehrssicherheit, Messe-Exponat und Vortrag, Vision 2012, Stuttgart, 06.-08. November.

M. Goldhammer, U. Brunsmann, K. Doll (2012): Verkehrssicherheitsforschung: Bildverarbeitung an intelligenten Kreuzungen, Messe-Exponat und Vortrag, Vision 2012, Stuttgart, 06.-08. November.

S. Köhler, M. Goldhammer, S. Bauer, K. Doll, U. Brunsmann, K. Dietmayer (2012): Early Detection of the Pedestrian's Intention to Cross the Street, 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2012), Anchorage, Alaska, USA, pp. 1759-1764.

M. Goldhammer, E. Strigel, D. Meissner, U. Brunsmann, K. Doll, K. Dietmayer (2012): Cooperative Multi Sensor Network for Traffic Safety Applications at Intersections, 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2012), Anchorage, Alaska, USA, pp. 1178-1183.

D. Westhofen, C. Gründler, K. Doll, U. Brunsmann, S. Zecha (2012): Transponder- and Camera-Based Advanced Driver Assistance System, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV' 12), Alcalá de Henares, Spanien, pp. 293-298.

D. Lantzberg, F. Lieb, H.-G. Stark, R. Levie, N. Sochen (2012): Uncertainty Principles, Minimum Uncertainty Samplings and Translations, Proceedings of EUSIPCO 2012, EURASIP, 799-803.

H. Bruhm, M. Lotz, M. Pfeiffermann, A. Czinki (2012): Quantitative Analysis of the Force Control Capability of Standard Industrial Robot Axes, 3rd Int'l Workshop on Research and Education in Mechatronics (REM), 9th France-Japan and 7th Europe-Asia Congress on Mechatronics, ISBN 1467347701.

F. Fellhauer, M. Schmitt, K. Doll (2012): Echtzeit-BLOB-Analyse mit Lauflängenkodierung und -dekodierung auf einem FPGA, 47. MPC-Workshop, Offenburg.

2011–2013

Intelligente Systeme und Automatisierung

J. Kempf, M. Schmitt, S. Bauer, U. Brunsmann, K. Doll (2012): Real-Time Processing of High-Resolution Image Streams using a Flexible FPGA Platform, Embedded World Conference, Nürnberg.

H. Bruhm, M. Lotz, A. Czinki, K. Abb (2011): Koordinierte Echtzeit-Steuerung eines Roboters und einer x/y-Scannereinheit für die hochdynamische Seitenführung eines Laserstrahles: Coordinated real-time control of a robot arm and an x/y scanning unit for high speed lateral guidance of a laser beam, Fachtagung Mechatronik 2011, ISBN 978-3-00-033892-2.

M. Lotz, H. Bruhm, A. Czinki, M. Zalewski (2011): A real-time motion control strategy for redundant robots improving dynamics and accuracy, 3rd International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems, Budapest, Hungary.

D. de Ortueta, T. Magnago, N. Triefenbach, S. Arba-Mosquera, U. Sauer, U. Brunsmann (2011): In vivo measurements of the thermal load during the ablation in high-speed laser corneal refractive surgery, Journal of Refractive Surgery, Sep 12/2012:1–6.

D. Weimer, S. Köhler, C. Hellert, K. Doll, U. Brunsmann, R. Krzikalla (2011): GPU Architecture for Stationary Multisensor Pedestrian Detection at Smart Intersections, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Baden-Baden, pp. 89–94.

H.-G. Stark, N. Sochen: Square integrable Group Representations and the Uncertainty Principle, Journal of Fourier Analysis and Applications (JFAA) 17 (2011) 916–931. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00041-010-9157-y>

R. Levie, H.-G. Stark, F. Lieb, N. Sochen Adjoint Translation, Adjoint Observable and Uncertainty Principles, Advances in Computational Mathematics (2013). DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10444-013-9336-x>

Energieeffizienz

S. Oster, A. W. Daus, M. Goldhammer, U. Bochtler, C. Thielemann (2013): A Flexible RF Exposure Setup for Long-term Electrophysiological Investigations on Biological Samples in Vitro, Progress In Electromagnetics Research Symposium Abstracts, Stockholm, Sweden.

A.W. Daus, S. Oster, C. Erbes, M. Goldhammer, U. Bochtler, C. Thielemann (2013): Electromagnetic exposure of neuronal networks on microelectrode arrays, U.R.S.I. Landesausschuss in der Bundesrepublik Deutschland e.V., Kleinheubacher Tagung, Miltenberg, Deutschland.

E. Hörner, U. Bochtler, R. Cervellino, R. Zentgraf, D. Trunzer, M. Wölfel, A. Böttcher, J. Schneider (2013): Drahtlose Hochtemperaturmessung mit Oberflächenwellensensoren (OW-Sensor), Energy Harvesting Congress, München.

R. Zentgraf, E. Hörner (2013): Practical Studies of Harvesting Technologies and Data Transmission in Industrial Environments, Energy Harvesting & Storage Europe, IDTechEx, Berlin.

E. Hörner, U. Bochtler, D. Trunzer (2012): Adaptive Frequenz- und Impedanzanpassung einer induktiven Energieübertragung zur drahtlosen Versorgung eines Sensornetzwerkes, Elektronik Wireless Power Congress, München (ISBN: 978-3-645-50077-7) WEKA Fachmedien GmbH, Haar.

J. Teigelkötter, T. Kowalski (2012): Modulares Lithium-Ionen-Batteriesystem für Nutzfahrzeuge mit hocheffizienter integrierter Leistungselektronik, Batteryuniversity Entwicklerforum, Karlstein.

J. Schneider, U. Bochtler, R. Hellmann, M. Kaloudis, T. Gockel (2011): Effiziente Entwärmung eines Hochleistungs-UV-LED-Moduls, Elektor Sonderheft LED III, S. 12–17, Elektor-Verlag.

J. Teigelkötter, T. Kowalski, A. Stock, S. Staudt (2011): Modulares Lithium-Ionen-Batteriesystem für Nutzfahrzeuge mit hocheffizienter integrierter Leistungselektronik, Internationaler ETG-Kongress (ETG-FB 130), VDE Verlag.

J. Teigelkötter, T. Kowalsky, C. Rolff (2011): Dynamische Regelung von permanenterregten Synchronmaschinen in der Traktion mit geringer Spannungsreserve, Trends in der elektrischen Antriebstechnologie für Hybrid-Elektrofahrzeuge, expert Verlag GmbH, Renningen.

Veröffentlichungen

Materials

C. Nick, R. Bestel, F. Steger, C. Thielemann (2013): Spike Detection, Sorting and Propagation of Cell Signals Recorded with Extracellular Microelectrodes, Engineering in Medicine and Biology Society, IEMBS'13, 35th Annual International Conference of the IEEE.

C. Nick, S. Quednau, R. Sarwar, C. Thielemann, H. F. Schlaak (2013): Fabrication of High Aspect Ratio Gold Nanopillars on Micro-electrodes for the Interface with Electrogenic Cells, HARMNST-10th International Workshop on High Aspect Ratio Micro and Nano System Technologies, 2013, Berlin, Germany, p. 212-213.

J. Obmann, C. Polt, T. Loose, T. Asmus, K. Wienand, and C. Thielemann (2013): Novel Resistive Bioaffinity Sensor based on Ultra-Thin Gold Films, 3rd International Conference on Bio-Sensing Technology, Sitges, Spain.

J. Frieß, A. Heselich, S. Ritter; A. W. Daus, P. G. Layer, and C. Thielemann (2013): Electrophysiologic and Molecular Characteristics of Cardiomyocytes after Heavy Ion Irradiation in the frame of the ESA IBER-10 Program, Heavy Ion in Therapie and Space Radiation Symposium 2013, Chiba, Japan.

C. Nick, A. W. Daus, R. Bestel, M. Goldhammer, F. Steger, and C. Thielemann (2013): DrCell – A Software Tool for the Analysis of Cell Signals recorded with Extracellular Microelectrodes.

C. Nick, S. Quednau, R. Sarwar, H. F. Schlaak, C. Thielemann (2013): High Aspect Ratio Gold Nanopillars on Microelectrodes for Neural Interfaces.

T. Schreck, A. Schnorpfeil, M. Kaloudis (2013): Analysing the growth of intermetallic compounds in lead-free solder joints by differential scanning calorimetry measurements, Journal of Material Sciences, Volume 48 Issue 6 (2013) pp. 2476-2484, DOI: 10.1007/s10853-012-7035-5.

M. Rauer, M. Kaloudis (2013): Hinter der Fassade – Ausfallanalyse an einem Lithium-Ionen Akkumulator mittels CT, QZ 01/2013 Seiten 40-41.

M. Rauer, T. Schreck, M. Kaloudis (2013): X-Ray Computed Tomography as Supporting Technology in the Failure Analysis of Press-In Connections for Electronic Assemblies, Pract. Metallogr. 50 (2013/3).

A. Daus (2012): Leben auf dem Mikrochip – Biosensoren auf der Basis von Mikroelektroden-Arrays, Labor & More 8/2012.

E.-M. Heilmann, T. Kowalski, R. Hellmann (2012): Water Jet Guided Laser Cutting of High Temperature Superconductors, Journal of Laser Micro- and Nanoengineering.

R. Hellmann, T. Gockel (2012): Optische Charakterisierung von

Materials

Leuchtdioden, Zeitschrift ELEKTOR, Sonderheft LED-Special 4 – Leuchtdioden in Theorie und Praxis, 9-2012, S. 40-46.

L. Kalmár, R. Hellmann, T. Rékert, Z. Varga (2012): Numerical investigation of unsteady heat transport procedure in high power LED module, Proceedings of the XXVI International MicroCAD Conference, Miskolc (Hungary).

Johannes Schneider, Ulrich Bochtler, Ralf Hellmann, Michael Kaloudis, Tilo Gockel (2012): LUVLED III – Optimierung eines Kühlkonzeptes zur Aktivluftkühlung eines Hochleistungs-UV-LED-Moduls, Zeitschrift ELEKTOR, Sonderheft LED-Special 4 – Leuchtdioden in Theorie und Praxis, 9-2012, S. 20-29.

K. Hock, B. Adelman, and R. Hellmann (2012): Comparative study of remote fiber laser and water-jet guided laser cutting of thin film metal sheets, Conference of Laser Assisted Net Shaping (LANE), Erlangen.

A. Hürner, T. Schlegl, B. Adelman, H. Mitlehner, V. Häublein, A. bauer, R. Hellmann, and L. Frey (2012): Low temperature alloying of ohmic contacts to n-type 4H-SiC via laser irradiation, European Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ECSCRM), St. Petersburg.

L. Kalmár, R. Hellmann, T. Rékert, and Z. Varga (2012): Numerical investigation of heat transport procedure in high power LED modules, Special Issue of the Hungarian Technical Periodical GÉP, S. 43-46.

B. Adelman, and R. Hellmann (2012): Process optimization of laser fusion cutting of multilayer stacks of electrical sheets, Journal of Advanced Manufacturing Technology.

C. Bischoff, E. Jäger, S. Rung, and R. Hellmann (2012): Diffractive beam shaping optics for efficient micromachining, Proceedings of the LASYS – SLT 2012 (to be published in Laser Systems Europe), Stuttgart.

S. Rung, and R. Hellmann (2012): Laser scribing of metalized transparent conductive oxide – A comparative study using top hat and Gaussian beam profiles, Proceedings of the XXVI International MicroCAD Conference – Material Processing Technologies, Miskolc (Hungary).

M. Girschikofsky, M. Rosenberger, S. Belle, M. Brutschy, S. R. Waldvogel, and R. Hellmann (2012): Functionalised planar Bragg grating sensor for the detection of BTX in solvent vapour, Proceedings of SPIE Photonics Europe, Brüssel.

G. Koller, S. Hessler, M. Rosenberger, S. Belle, R. Hellmann (2012): Microstructured optical waveguide fabrication in PMMA using low frequency reactive ion etching, Proceedings of the XXVI Internatio-

2011–2013

Materials

nal MicroCAD Conference – Sensing Technologies, Miskolc (Hungary).

M. Girschikofsky, M. Rosenberger, S. Belle, M. Brutschy, S.R. Waldvogel, and R. Hellmann (2012): Cyclodextrin functionalized planar Bragg grating sensor for the detection of small arene traces in solvamt vapour, Proceedings of the SENSOR Conference, Nürnberg.

S. Rung, R. Hellmann (2012): Laser scribing of metallized transparent conductive oxide – A comparative study using top hat and Gaussian beam profiles, Proceedings of the XXVI International MicroCAD Conference – Material Processing Technologies.

M. Girschikofsky, M. Rosenberger, S. Belle, R. Hellmann (2012): Surface modifications of planar bragg grating refractive index sensors for gas detection, Proceedings of the XXVI International MicroCAD Conference – Sensing Technologies, Miskolc (Hungary).

C. Nick, R. Joshi, J. Schneider and C. Thielemann (2012): Low Temperature Substrate Transfer Technique for 3D Vertically Aligned Carbon Nanotube Architectures, Int. J. Surface Science and Engineering, Vol. 6, No. 3, p. 246.

R. Bestel, A. Daus and C. Thielemann (2012): A new automated spike sorting algorithm with adaptable feature extraction, Journal of Neuroscience Methods.

C. Nick, R. Joshi, J. J. Schneider, and C. Thielemann (2012): Three-Dimensional Carbon Nanotube Electrodes for Extracellular Recording of Cardiac Myocytes, Biointerphases, Springer Verlag.

A. W. Daus, P. G. Layer, C. Thielemann (2012): A spheroid-based biosensor for the label-free detection of drug-induced field potential alterations, Sensors and Actuators B, 165: 53– 58.

C. Fuchs, T. Schreck, M. Kaloudis (2012): Interfacial reactions between Sn 57Bi 1Ag solder and electroless Ni-P/immersion Au under solid-state aging, Journal of Material Sciences, Volume 47 Issue 9 (2012) pp. 4036-4041, DOI: 10.1007/s10853-012-6257-x (2012).

P. Heining, T. Schreck, M. Kaloudis (2012): Buckelschweißen zur zuverlässigen Kontaktierung von Industrieakkumulatoren, PLUS 14, S. 1163-1169.

R. Bestel, A. W. Daus, C. Thielemann (2012): A novel automated spike sorting algorithm with adaptable feature extraction, Journal of Neuroscience Methods 211: 168–178.

Ritter, S., Durante, M., Helm, A., Steger, F., Daus, A. W., Friess, J., Thielemann, C. (2012): Assessment of cardiotoxicity of heavy ions in vitro: generation and electrophysiology of cardiomyocytes, Presented at 39th COSPAR Scientific Assembly, Mysore, India.

Materials

F. Steger, J. Frieß, A.W. Daus, S. Ritter, and C. Thielemann (2012): Analysis of electrophysiological characteristics of cardiomyocytes following radiation exposure, MEA Meetin, Reutlingen, Germany.

F. Emmerich and C. Thielemann (2011): Observation of Thermal Discharge in Nanopatterned Electrets by Kelvin-Probe-Microscopy, 14th International Symposium on Electrets, 2011, Montpellier, France.

Daus, A. W., Bestel, R., Thielemann, C. (2011): Spike Detection, Refinement And Interpretation Of Recordings In Three-Dimensional In Vitro Systems, Presented at RMSC 2011, Beijing, China.

C. Nick, R. Joshi, H.F. Schlaak, J.J. Schneider und C. Thielemann (2011): Multi electrode array with carbon nanotube electrodes for the extra-cellular detection of action potentials, MST Kongress, Darmstadt.

T. Gockel, M. Engel, and R. Hellmann (2011): 3D Laserscanning mit Linienlaser und Smart Camera – Systemauslegung mit Rasterlin-senoptik und Scheimpflugentzerrung, Elektor Sonderheft LED III, 79-84.

M. Rosenberger, S. Belle, and R. Hellmann (2011): Detection of Biochemical Reaction and DNA Hybridization using a Planar Bragg Grating Sensor, Proc. SPIE 8073, 80730C (Prag); doi:10.1117/12.886785.

M. Rosenberger, S. Belle, and R. Hellmann (2011): Detection of unlabeled DNA hybridization with a planar Bragg Grating Sensor, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference – Sensing Technologies, Section R, p.67-72, Miskolc (Hungary).

F. Amrhein, M. Kehrer, T. Schreck, U. Bochtler, R. Hellmann, M. Kaloudis (2011): UV-LED-Bestrahlung von Vergussmaterial: Schnelle Aushärtung auch im Schatten, Adhäsion 05 (S. 38–41), Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

C. Fuchs, T. Schreck, M. Kaloudis (2011): Metallographische Untersuchungen an Sn-8Zn-3Bi-Lötverbindungen, PLUS Band 13 (S. 2379–2384), Leuze-Verlag.

A. Risch, R. Hellmann (2011): Laser Scribing of Gallium Doped Zinc Oxide Thin Films using Picosecond Laser, Applied Surface Science, Elsevier Properties S.A.

R. Hellmann, C. Moorhouse (2011): Laser patterning of transparent electrode films, from solar panels through high-end display, Industrial Laser Solutions Magazine 11.

Veröffentlichungen

Materials

E.M. Heilmann, R. Hellmann, A. Seidl (2011): Water Jet Guided Laser Cutting of Silicon Thin Films Using 515nm Disc Laser, Journal of Laser Micro- and Nanoengineering, 11.

B. Adelman, R. Hellmann (2011): Fast Laser Cutting Optimization Algorithm, Physics Procedia 12-1, 591-598, Elsevier Properties S.A.

A. Risch, R. Hellmann (2011): Picosecond Laser Patterning of ITO Thin Films, Physics Procedia 12-1, Elsevier Properties S.A.

E.-M. Heilmann, R. Hellmann (2011): High Speed Fibre Laser Material processing of Stainless Steel Tapes Under Tension, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Material Processing Technologies, Miskolc (Hungary), 21-25.

E.-M. Heilmann, R. Hellmann (2011): Water Jet Guided Laser Cutting Using A Green Disc Laser, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Material Processing Technologies, Miskolc (Hungary).

B. Adelman, R. Hellmann (2011): Different modulation schemes in fibre laser cutting, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Material Processing Technologies, Miskolc (Hungary), 1-6.

B. Adelman, R. Hellmann (2011): DOE based optimization of fibre laser cutting of metals, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Material Processing Technologies, Miskolc (Hungary), 7-12.

A. Risch, and R. Hellmann (2011): Laser Induced Modification of GZO Thin Film, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Material Processing Technologies, Miskolc (Hungary), 69-74.

A. Risch, R. Hellmann (2011): ITO Thin Film Laser Patterning by Picosecond Laser, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Material Processing Technologies, Miskolc (Hungary), 63-68.

M. Girschikofsky, M. Rosenberger, S. Belle, M. Brutschy, S.R. Waldvogel, R. Hellmann (2011): Optical planar Bragg grating sensor for real-time detection of benzene, toluene and xylene in solvent vapour, Sensors & Actuators B - Chemical, Elsevier B.V.

M. Girschikofsky, M. Rosenberger, S. Belle, M. Brutschy, S.R. Waldvogel, R. Hellmann (2011): High sensitive detection of naphthalene in solvent vapour using a functionalized PBG refractive index sensor, Optics Letter, Optical Society of America, Massachusetts.

S. Belle, M. Rosenberger, R. Hellmann (2011): Evanescent wave planar Bragg grating sensor for real-time detection of unlabelled

Materials

biomolecules, Optics Express, Optical Society of America, Massachusetts.

M. Rosenberger, S. Belle, R. Hellmann (2011): Detection of Biochemical Reaction and DNA Hybridization using a Planar Bragg Grating Sensor, Proc. SPIE 8073, 80730C (Prag); doi:10.1117/12.886785.

M. Rosenberger, S. Belle, R. Hellmann (2011): Detection of unlabelled DNA hybridization with a planar Bragg Grating Sensor, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Sensing Technologies, Section R, p.67-72, Miskolc (Hungary).

M. Rosenberger, S. Belle, R. Hellmann (2011): Optical Interrogation of Chemical and Temperature Bragg Grating Sensors Using Tunable Fiber Coupled Bandpass Filter, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Sensing Technologies, Section H, pp. 25-30, Miskolc (Hungary).

S. Belle, M. Rosenberger, R. Hellmann (2011): Optical Fibre Sensing in the Production Process and Storage of Biofuels, Proceedings of the XXV International MicroCAD Conference - Sensing Technologies, Section A, pp. 21-26, Miskolc (Hungary).

A. Risch, A. Christiansen, R. Hellmann, T. Gockel (2011): Laserstrukturierung von TCOs zur Herstellung organischer Leuchtdioden, Elektor Sonderheft LED III, 39-41, Elektor-Verlag.

L. Kalmár, R. Hellmann, R. Hellmann, T. Régert, Z. Varga (2011): Numerical simulation of heat transfer procedure in high power LED modules, Proc. of the 12th technical and scientific meeting - Engineering section-, Kolozsvár (Rumänien), S. 18-20.

F. Amrhein, M. Kehrler, T. Schreck, U. Bochtler, R. Hellmann, M. Kaloudis (2011): More Efficient Curing of UV Sensitive Mounting Materials, Practical Metallography 07, pp. 356-364, Hanser Verlag.

C. Fuchs, T. Schreck, M. Kaloudis (2011): Metallographische Untersuchungen an Sn-8Zn-3Bi-Lötverbindungen, PLUS Band 13, S. 2379-2384, Leuze-Verlag.

J. Schneider, U. Bochtler, R. Hellmann, M. Kaloudis, T. Gockel (2011): Effiziente Entwärmung eines Hochleistungs-UV-LED-Moduls, Elektor Sonderheft LED III, S. 12-17, Elektor-Verlag.

A. Daus, M. Goldhammer, P. Layer and C. Thielemann (2011): Electromagnetic Exposure of Scaffold-free Three-Dimensional Cell Culture Systems, Bioelectromagnetics, 32 (5) pp. 351ff. ISSN 1521-186X.

C. Thielemann, S. Ritter, P. Layer, J. Frieß, A. Daus, F. Steger and A. Heselich (2011): Cellular effects of space radiation with relevance to cardiovascular diseases, GSI Report, Helmholtzzentrum für

2011–2013

Materials

Schwerionenforschung, Darmstadt.

T. Wohlschlägel, M. Kaloudis (2011): Praktische Oberflächenanalytik – Überblick über die Verfahren EDX, AES, XPS und SIMS, Galvanotechnik Band 102, S. 2637–2646.

C. Thielemann, S. Ritter, P. Layer, J. Frieß, A. W. Daus, F. Steger and A. Heselich (2011): IBER10 – Cellular effects of space radiation with relevance to cardiovascular diseases, ESA Conference, Life in Space for Life on Earth, Aberdeen, Scotland.

Wissenstransfer

G. R. Hofmann, M. Schumacher (2013): „Anforderungen des Online-Einzelhandels an die Logistik-Infrastruktur“ in: LogReal direkt - Das Magazin für Logistik, Real Estate, Retail und Industrie in Deutschland, Österreich und der Schweiz, Ausgabe September 2013, Verlag LogReal World GmbH, Dortmund.

G. R. Hofmann, M. Schumacher (2013): „Vertrauensbildende Faktoren von Cloud Computing – eine fallbasierte Analyse“, in: ISIS Cloud & SaaS Report – Der aktuelle Lösungskatalog zu Cloud Computing und Software as a Service (SaaS).

G. R. Hofmann, M. Schumacher (2013): „Abschätzung der Akzeptanz von IT-Systemen mittels Methoden der Case-based Evidences und Qualifizierten Experteninterviews – ein Metathema der Integration und Konnexion“ in: Integration und Konnexion, Tagungsband zur AKWI 2013, Verlag News und Media, Berlin.

M. Schneppenliefer, W. Alm, S. Höhn (2013): „Der IT-Leitstand – die Unbekannte in ITIL v3? Die Industrialisierung der IT am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main“ in: Integration und Konnexion, Tagungsband zur AKWI 2013, Verlag News und Media, Berlin.

T. Berdami (2013): „mainproject: Fokus auf Dienstleistungen für regionale Unternehmen“ in: ICO – Ihr Nachbar, Ausgabe Dezember 2013.

G. R. Hofmann, M. Schumacher (2012): „Studie zur Akzeptanz von Cloud Computing“, EuroCloud Deutschland_eco e.V., EuroCloud Austria, Köln, Wien.

G. R. Hofmann, M. Schumacher (2012): „Untersuchungen zur Akzeptanz des Cloud Computing“ in: ISIS Cloud & SaaS Report – Der aktuelle Lösungskatalog zu Cloud Computing und Software as a Service (SaaS).

M. Schumacher, Pham, Thi Anh Thi: „Eine regionale Akzeptanzanalyse zum Cloud Computing im Rahmen des ESF-Projektes KontAKS“ in: Beratungskonzepte für Cloud Computing – Trends im Software- und Servicemarkt, Tagungsband zum Fachgespräch im Rahmen der MKWI 2012

M. Schumacher, M. Tax, G. R. Hofmann, W. Alm (2012): „mainproject – ITIL-Wissenstransfer im Rahmen des ESF-Programms“. In: Management und IT, Tagungsband zur AKW 2012, Verlag News und Media, Berlin.

Impressum

Redaktion

Lucia Wenderoth
Meike Schumacher
Dr. Tilo Gockel

Grafiken und Diagramme

Die Grafiken und Diagramme in den Abschnittstexten wurden von den jeweiligen Autoren bzw. Mitgliedern der Arbeitsgruppen angefertigt.

Layout und Produktion

Lucia Wenderoth
Druckerei Kümmel KG, 63512 Hainburg

Bildquellen

Schmuckbilder auf Header, Schmuckseiten und Umschlag: Dr. Tilo Gockel, www.fotopraxis.net

Das Kopieren und Weiterverwenden von Inhalten ist ohne Genehmigung der Redaktion nicht gestattet.

© ZeWiS – Zentrum für Wissenschaftliche Services
der Hochschule Aschaffenburg,
Aschaffenburg 2013

Anschrift der Redaktion

ZeWiS – Zentrum für Wissenschaftliche Services
c/o ICO Obernburg
Glanzstoffstraße 1, Gebäude Wa 07
D-63784 Obernburg
<http://zewis.h-ab.de>



