

Ehrenbergstraße 27 D-98693 Ilmenau

+49.3677.6955.00 Telefon +49.3677.6955.15 Fax imms@imms.de http://www.imms.de

Lektorat

Prof. Dr.-Ing. Ralf Sommer Dipl.-Ing. Hans-Joachim Kelm Dipl.-Hdl. Dipl.-Des. Beate Hövelmans

Übersetzung

Susan Kubitz, www.QualityTranslations.de

Gestaltung, Fotografie, Illustration

Dipl.-Hdl. Dipl.-Des. Beate Hövelmans

Grafik und Satz

Dipl.-Hdl. Dipl.-Des. Beate Hövelmans Danielle Warnecke, B.A.

Druck

Brandtdruck e.K., www.brandtdruck.de

Alle Rechte sind vorbehalten. Vervielfältigung und Veröffentlichung nur mit Genehmigung der IMMS GmbH.

Redaktionsschluss: 26. April 2013

Titelbild:

In Mikrotiterplatten wie diesen sollen künftig RFID-Mikrosensoren die Bioanalytik effizienter machen. Anhand dieses Demonstrator-Szenarios entwickelt das IMMS in dem interdisziplinären Forschungsprojekt »GreenSense« Lösungen für multimodale, energieautarke Mikrosensoren (vgl. S. 21). Foto: IMMS.

Inhalt

- Vorwort 4
- Das Zukunftsprojekt "Industrie 4.0"
 - Herausforderungen an Wissenschaft und Wirtschaft
- Partnerschaft mit der TU Ilmenau

Referenzen 10

- IMMS mit magnetisch schwebendem Direktantrieb für den Innovationspreis Thüringen 2012 nominiert
- Stimmen aus Wirtschaft, Forschung und Lehre

Nachwuchs und Events 16

- 17 Nachwuchsförderung am IMMS
- Projektstarts, Netzwerkevents und Institutsleben
- Messen, Konferenzen und Workshops 26

Abkürzungen

ADC Analog-to-Digital-Converter

APU Audio Processing Unit

ARM Advanced RISC Machines

ASIC Applikationsspezifische integrierte Schaltkreise

BA Berufsakademie

BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung

CMOS Komplementärer Metall-Oxid-Halbleiter

CPS Cyber-physikalische Systeme

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

EDA Electronic Design Automation (Rechnergestützte

Entwurfsmethodik)

EMV Elektromagnetische Verträglichkeit

FPGA Field Programmable Gate Array

HF Hochfrequenz

IC Integrated Ciruit (Integrierter Schaltkreis)

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

IKT Informations- und Kommunikationstechnologien InES Intelligente Elektronik-Systeme für Anwendungen

im Geräte- und Anlagenbau und in der Medizintechnik,

Förderprogramm des BMBF

KMU Kleine und mittelständische Unternehmen

KNX Feldbus, weltweiter Standard für die Gebäudeautomation

LIN Local Interconnect Network (Spezifikation

für ein serielles Kommunikationssystem) MEMS Mikro-Elektromechanische Systeme

PCI Peripheral Component Interconnect

PXI PCI eXtensions for Instrumentation

RFID Radio-frequency identification (Identifizierung

mit Hilfe elektromagnetischer Wellen) RGB-LED Leuchtdiode, 3-Farb-LEDs mit

Rot-. Grün-. und Blauemitter

SFB Sonderforschungsbereich der DFG

SMACD International Conference on Synthesis,

Modeling, Analysis and Simulation Methods

and Applications to Circuit Design

TU Technische Universität

UVM Universelle Verifikationsmethodik

wM-Bus Wireless Meter-Bus, drahtloser

ZigBee Industriestandard für Funknetze

Feldbus für die Verbrauchsdatenerfassung

IMMS-Mitarbeiter präsentieren ihre Arbeiten:

30 Thermulab

Hochtemperatur-Sensorsystem für energieeffizientere Gaskraftwerke und Verbrennungsmotoren

KOMPASSION

Kompakte adaptive Terminalantenne zur störungsfreien Satellitennavigation

36 TESCA

Spiegel-Direktantrieb für Terahertz-Scanner

39 S4ECoB

Energieeffizientere Gebäude durch Geräuscherkennung

SHS-Facility

Intelligentes System für die Gebäudeautomation

Zahlen, Strukturen und Belege

- IMMS in Zahlen
- **Organigramm** 47
- Wissenschaftlicher Beirat
- Aufsichtsrat
- Lehrveranstaltungen
- Publikationen 2012
- Anfahrt 56





Prof. Dr. Ralf Sommer und Dipl.-Ing. Hans-Joachim Kelm (v.l.) bei den von der STIFT Thüringen beauftragten Dreharbeiten anlässlich der Nominierung des IMMS für den Innovationspreis Thüringen 2012. © STIFT, Foto: audiovisual elements.

Die Anwendung steht im Mittelpunkt der Forschungsstrategie des Instituts für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS). Das Institut erarbeitet Lösungen, die in der Regel in Produktentwicklungen münden. Es vertieft, verbreitet und setzt Forschungsergebnisse in enger Kooperation mit der Technischen Universität Ilmenau und seinen Industriepartnern um. Das IMMS leistet anwendungsorientierte Vorlaufforschung und Entwicklung im Bereich der Mikroelektronik und Systemtechnik sowie der Mechatronik.

2012 hat das Institut seine Forschungsstrategie weiter geschärft und mit entsprechenden Projekten untermauert. In diesen arbeitet das IMMS verstärkt interdisziplinär und baut somit Synergien zwischen diesen Themenbereichen kontinuierlich aus. Auf diese Weise wird am Institut systematisch das breite Erfahrungs- und Wissensspektrum erweitert. Dieses verbindet Theorie und Praxis und ist ein wesentliches Fundament, auf dessen Basis das IMMS heute und vor allem in der Zukunft seinen Auftrag erfüllt. Dieses Vorgehen und die Ziele des Instituts decken sich mit der Forderung nach einer Gesamt-Systemkompetenz, die die Bundesregierung in ihrer Hightech-Strategie erhebt. In diesem Sinne engagiert sich das IMMS, um die Wertschöpfungskette vom Entwurf über die Systemintegration bis zum Test intelligenter Elektroniksysteme in den Anwendungsfeldern Geräte- und Anlagenbau sowie Medizintechnik entscheidend zu stärken. Für dieses auch durch die InES-Initiative des BMBF unterstützte Vorhaben entwickelt das Institut unter anderem neue Methodiken und Produkte und baut neue strategische Partnerschaften zwischen Wirtschaft und Wissenschaft auf. Die wirtschaftlichen

Potenziale in Deutschland werden in hohem Maße durch die Branchen Automobil, Mobilität, Maschinenbau, Automatisierung, Gesundheit, Medizintechnik, Logistik, Dienstleistungen, Energie und Umwelt bestimmt. Innovationen in diesen Feldern werden durch die Basistechnologien der IKT erst möglich. Durch sein Engagement im Programm IKT2020 baut das IMMS seine Systemkompetenz weiter aus und erschließt Partnern und insbesondere Thüringer KMUs hierzu den Zugang. Gleichzeitig erreicht das IMMS so eine hohe Übereinstimmung seiner Ziele mit den Schwerpunkten der Thüringer Wirtschafts- und Wissenschaftspolitik. Mit seinen Forschungsarbeiten leistet es wichtige Beiträge unter anderem für "grüne" Produktionstechniken und Verbrauchsprozesse, nach denen unter den Stichworten "Energieeffizienz" sowie "Rohstoff- und Materialeffizienz" im Förderprogramm "Thüringen GreenTech" verlangt wird.

Das am Institut entwickelte Know-how kann in verschiedensten strategischen Anwendungsbereichen eingesetzt werden, wie Umweltmonitoring, Green Building, Green Mobility oder Katastrophenschutz. Hierfür erarbeitet das IMMS kontinuierlich energieeffiziente und kostengünstige Hard- und Software-Lösungen für multimodale Smart-Sensorsysteme. Diese Themen erhalten durch das 2012 begonnene Forschungsprojekt "GreenSense" eine enorme Schubkraft.

Die Hauptsäulen von Partnerschaften bilden die vielen Anwendungs- und Industriepartner, die nationale und internationale Forschungslandschaft und die TU Ilmenau. Beispielsweise erforschen Wissenschaftler des IMMS gemeinsam mit Partnern der TU Ilmenau den Entwurf und den Einsatz von Mikro-Elektrome-

chanischen Systemen (MEMS) in multiphysikalischen Systemen, u.a. mit dem Schwerpunkt Hochfrequenzanwendungen in der 2012 gestarteten DFG-Forschergruppe "MUSIK". Zudem hat das Institut mit der TU Ilmenau und dem Industriepartner Physik Instrumente ein vollständig magnetisch geführtes Positioniersystem entwickelt. Mit diesem wird eine Last mit einem freischwebenden Läufer bis auf den Nanometer genau in sechs Koordinaten bewegt. Das IMMS wurde für diese Arbeiten mit einer Nominierung für den Innovationspreis Thüringen 2012 geehrt. Wir erforschen in enger Kooperation u.a. mit der TU Ilmenau im Projekt "3DNeuroN" ein neues dreidimensionales Low-Power-Low-Noise-Sensor-Aktor-Elektrodenarray. Dieses soll künftig neuronale Aktivitäten von Nervenzellen messen und simulieren und somit Heilungsprozesse von geschädigtem Nervenzellgewebe optimal unterstützen. In dem 2012 gestarteten Projekt "GreenSense" erforscht und entwickelt das IMMS unter Mitwirkung der TU Ilmenau eine modulare Technologieplattform, mit der hochkomplexe, engmaschige, energieautarke, multimodale Smart-Sensor-Netzwerke effizient aufgebaut und betrieben werden können.

Seinen Auftrag zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses nimmt das IMMS sehr engagiert wahr. In Kooperation mit der Technischen Universität Ilmenau und weiteren deutschen und internationalen Hochschulen betreute das Institut Promotionsvorhaben und viele studentische Forschungsarbeiten im Rahmen von Praktika, Bachelor- und Master-Arbeiten und förderte studentische Hilfskräfte. Für die Forschungsarbeiten und die dafür im Vorfeld notwendigen Qualifizierungsmaßnahmen steht am Institut eine international wettbewerbsfähige Infrastruktur nach industriellen Standards in den Bereichen Entwurfsunterstützung und Labortechnik für elektronische und mechatronische Systeme bereit. So finden hoch motivierte Studenten mit hervorragenden Leistungen den Weg ans IMMS, was uns besonders freut. Um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern und zu fordern, wird unter anderem das "Scientific Seminar" angeboten. Dort stellen Studenten und Promovenden ihre Arbeiten und Probleme vor, die dann intensiv diskutiert werden. Der dadurch initiierte wissenschaftliche Disput geht über die fachlichen Grenzen der eigenen Arbeitsgebiete hinaus und fördert neue Verknüpfungen und Ideen genauso wie adäquate wissenschaftliche Methoden des Erkenntnisgewinns.

2012 haben die 91 Mitarbeiter des IMMS zahlreiche neue Ideen und **Projekte** vorangebracht, um für die Industrie innovative Entwicklungen zur Marktreife zu führen. Mit ihrem Engagement haben die Forscher unter anderem zu einer Lösung beigetragen, mit der der thermodynamische Wirkungsgrad und damit die Energieeffizienz von Gaskraftwerken und Verbrennungsmotoren deutlich verbessert werden. Die Wissenschaftler haben weiterhin einen wichtigen Beitrag für die Marktfähigkeit störungsfreier satellitengestützter Navigationssysteme geleistet, die unbemannte Fluggeräte für sicherheitskritische Szenarien einsatzfähig machen sollen. Das IMMS lieferte einen wichtigen Baustein für die nächste Generation von Terahertz-Scannern, die künftig Personen im Vorbeigehen auf versteckte Gegenstände mit Gefährdungspotenzial untersuchen werden. Die Entwicklungen der Wissenschaftler des IMMS tragen auch dazu bei, Gebäude durch Geräuscherkennung energieeffizienter zu machen und die individualisierbare, für jedes Lebensalter geeignete, energieverbrauchsarme und mit der Welt vernetzte Wohnung in naher Zukunft zum Alltag werden zu lassen. Die Forschungsarbeiten, die für diese Lösungen und für zahlreiche andere Entwicklungen des Instituts 2012 geleistet wurden, beleuchtet der vorliegende Bericht.

Das IMMS-Team dankt dem Freistaat Thüringen für dessen Förderung, welche unsere Arbeit im Rahmen der Kooperation mit Thüringer KMU erst möglich macht. Wir danken dem Aufsichtsrat und dem wissenschaftlichen Beirat des IMMS dafür, dass sie uns in allen Fragen fördernd und beratend unterstützen. Für die hervorragende Zusammenarbeit möchten wir uns bei den Fachgebietsleitern und Professoren der TU Ilmenau bedanken. Die vielfältigen Kooperationen sind nicht nur eine enorme Bereicherung für unser Schaffen, sondern bringen durch die Verbindung der Forschungsthemen beider Einrichtungen über verschiedene Wissenschaftsdisziplinen hinweg Synergieeffekte hervor. Unser Dank gilt auch allen Geschäftspartnern und Förderern, Freunden und Menschen, die uns in unserem Tun bestärken. Am meisten liegen uns aber unsere kreativen und engagierten Köpfe am Herzen. Bei ihnen, unseren Mitarbeitern und unseren Studenten, möchten wir uns dafür bedanken, dass sie sich mit ihrem Expertenwissen und ihren persönlichen Kompetenzen in konstruktiver und vertrauensvoller Zusammenarbeit in das IMMS-Team einbringen und sich für unsere gemeinsame Zukunft engagieren.

Dipl.-Ing. Hans-Ioachim Kelm Prof. Dr.-Ing. Ralf Sommer



Das Zukunftsprojekt "Industrie 4.0"

Herausforderungen an Wissenschaft und Wirtschaft

IMMS bringt "Industrie 4.0" voran

Mit dem Aktionsplan zur Untersetzung der Hightech-Strategie 2020 verfolgt die Bundesregierung mit dem im Oktober 2012 ausgerufenen Zukunftsprojekt "Industrie 4.0" ein ambitioniertes Ziel: Deutschland soll als Anbieter und Anwender neuer und zukunftsweisender Technologien für die industrielle Produktion zum Leitmarkt werden, so zum Beispiel für "Cyberphysikalische Produktionssysteme". Das IMMS hat 2012 gemeinsam mit dem Silicon Saxony e. V. den neuen Arbeitskreis "Cyber-physikalische Systeme" in Dresden gegründet, um "Industrie 4.0" voranzubringen. Unter der Leitung von Uwe Gäbler, Infineon Technologies Dresden, und Dr. Wolfgang Sinn vom IMMS entsteht ein Kompetenzzentrum für diese neue Technologie. Diese wird zukünftig den Markt bestimmen und Akteure aus Forschung und Wissenschaft zusammenbringen. Zudem wird sie branchenübergreifende und interdisziplinäre Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft unterstützen. Diese sind notwendig, um sich den Herausforderungen dieses Zukunftsprojekts stellen zu können.

Auf die Themen, die zum Gelingen von "Indus-trie 4.0" beitragen werden, hat das IMMS bereits in früheren Forschungsprojekten hingearbeitet und lässt diese Erkenntnisse in aktuelle Lösungsansätze einfließen. In dem 2012 gestarteten interdisziplinären Forschungsprojekt "GreenSense" verfolgt das Institut das Ziel, eine modulare Technologieplattform für energieautarke, massiv verteilte, intelligente Sensornetzwerke grundlegend zu erforschen und zu entwickeln. Diese Sensornetzwerke werden vielfältige neue Anwendungen ermöglichen. Insbesondere sollen sie künftig industrielle Produktions-, Transport- und Betriebsprozesse überwachen und regeln und diese so energieeffizienter und ressourcenschonender machen.

Das ebenfalls 2012 unter der Beteiligung des IMMS begonnene Forschungsprojekt "MEMS2015" soll Lücken schließen, die momentan zwischen der Chip- und Sensorfertigung sowie bei der anschließenden Systemintegration in innovative Produkte bestehen. Damit können beispielsweise zukünftige autonome Systeme, wie Assistenzroboter, besser sehen und tasten. Außerdem werden in Zukunft auch kleine und mittlere Unternehmen in der Lage sein, dank der neuen Methoden MEMS zu entwerfen und ihre Produkte effektiver zu gestalten.

Herausforderungen von "Industrie 4.0"

Im Zukunftsprojekt "Industrie 4.0" der Hightech-Strategie der Bundesregierung werden die im genannten Arbeitskreis vorangetriebenen "Cyber-physikalischen Systeme" als eine der wichtigsten technologischen Grundlagen für eine vierte industrielle Revolution definiert. Funktionen von Fahrzeugen, Maschinen und Anlagen aller Art werden bereits heute von eingebetteten Computersystemen gesteuert. Die neue Generation dieser Systeme sind "Cyber-physikalische Systeme". Sie sind die Basis für das "Internet der Dinge und Dienste", das Dienstleistungen der realen Welt in das Internet der Zukunft einbinden wird. Darin wird alles mit allem kommunizieren. Hierfür ist es vor allem notwendig, neue Dimensionen zu erschließen, in denen die Umwelt internetbasiert erfasst werden und Systeme durch zunehmende kognitive Fähigkeiten interagieren und autonom handeln können. Wichtig ist dabei, die wachsende Dynamik und Komplexität der Prozesse durch intelligente Verfahren zu beherrschen. "Cyber-physikalische Systeme" werden daher eine enorme Menge von Sensoren und Chips beinhalten, durchgängig vernetzt sein und über ein stark erweitertes Leistungsspektrum verfügen. Sie werden nicht nur Informationen erfassen, sondern sollen auch überwachen, analysieren, modellieren, eigenständig kommunizieren und somit industrielle Prozesse effizient automatisieren und selbstregulierend steuern und optimieren.

Der Begriff "Industrie 4.0" beschreibt den grundlegenden Paradigmenwechsel von einer zentralen zu einer dezentralen, autonomem Steuerung mit dem Ziel einer hochflexiblen Produktion individualisierter, digital veredelter Produkte und Dienste. Klassische Branchengrenzen verschwinden, es entstehen neue, übergreifende Handlungsfelder und Kooperationsformen. Wertschöpfungsprozesse verändern sich, die Arbeitsteilung wird neu organisiert.

Das Zukunftsprojekt "Industrie 4.0" baut auf "Cyber-physikalische Systeme" (CPS) und "Intelligente technische Systeme". CPS steuern von der Cloud aus Dinge der realen Welt, nehmen Sensordaten auf, regeln und optimieren damit Informations-, Energie-, Material-, Güter-, und Personenflüsse. Hierfür wird eine enorme Menge von Chips mit neuen Eigenschaften sowie Plattformen für sicherheits- und qualitätsspezifische Hard- und Software benötigt.



Genau wissen, was passiert

→ OPTIMAL REGELN!

"Es ist nur eine Frage der Zeit, bis sich Plattformen für CPS bilden und sich um diese Plattformen herum Software- und Hardware-Ökosysteme (Zulieferketten und Marktplätze) bilden werden." ¹

Hieraus leitet sich eine Vielzahl neuer Anforderungen auch an die Sensorik ab, um die Komplexität zu beherrschen. Der Sensor muss zum Umfelderkennungssystem mit folgenden Eigenschaften weiterentwickelt werden:

- Physikalische Situationserkennung (Sensorfusion, virtuelle Sensoren, Mustererkennung, Situationskarten),
- Vorausschauendes autonomes Handeln (Folgeabschätzung),
- Kooperation und Verhalten (Multiagentensystem, Gruppenverhalten, geteilte Kontrolle),
- Mensch-Maschine-Interaktion (Interaktionsregeln),
- Maschinelles Lernen (CPS-Systeme stellen sich auf ihre Nutzer bzw. Situationen ein),
- Strategie der Selbstorganisation und Adaption (Selbstorganisation in der Produktion, wobei Werkstücke selbst zum Informationsträger werden und Produktionsabläufe prägen).

Ausblick

Sensoren und Aktoren sind klassische Komponenten der Mikrosystemtechnik und bilden die Basis für ein breites Anwendungsspektrum in Elektronik, Mechanik, Optik sowie Biologie und Chemie. Die hierfür genutzten modernen Mikrosysteme sind inzwischen vernetzt, autark, intelligent und weit mehr als eine Komponente. Sie haben sich zu eigenständigen Knoten in intelligenten Systemen wie Sensornetzwerken entwickelt. Durch die fortschreitende Miniaturisierung werden damit ständig neue Anwendungsbereiche auf dem Weg zur intelligenten Umgebung erschlossen. Eine weitere Herausforderung für die Wissenschaft und Wirtschaft wird daher der Brückenschlag von der



ÜBERALL MESSEN

→ Genau wissen, was passiert!

Sensoren: viele, verteilt, vernetzt.

Produkte

Daher bringt sich das IMMS aktiv in die Initiative "nano goes makro" ein. Diese entstand aus dem 2010 von der TU Ilmenau initiierten Innovationsforum "Mikro-Nano-Integration". Die Initiative "nano goes makro" vereint kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) und Forschungseinrichtungen aus Thüringen und anderen Bundesländern. Sie hat sich zum Ziel gesetzt, die Mikro- und Nano-Technologien für KMU nutzbar zu machen. In den vergangenen zwei Jahren hat die Initiative "nano goes makro" Ideen entwickelt, wie auf Basis gemeinsamer Technologieplattformen neue Produkte für die unterschiedlichsten Märkte erforscht und entwickelt werden können, die diese neuartigen Multisensor-Systeme nutzen. Daraus hat das IMMS gemeinsam mit neun weiteren Initialpartnern ein Konzept erarbeitet, mit dem sich "nano goes makro" beim Programm "Zwanzig2o - Partnerschaft für Innovation" des BMBF beworben hat. Das Konzept sieht vor, dass das IMMS gemeinsam mit den Partnern eine Elektronikplattform zur Datenerfassung, Datenaufbereitung und Vernetzung der Sensorsysteme entwickelt. Zudem wird das Institut Maschinen und Geräte mitgestalten, in denen solche Sensoren künftig eingesetzt werden und an der Entwicklung einer Fertigungstechnikplattform für die Herstellung der Sensorsysteme mitarbeiten.

Kontakt:

Dr.-Ing. Wolfgang Sinn Leiter strategisches Marketing E-Mail: wolfgang.sinn@imms.de

uelle:

1 CPS 2010: Prof. Dr. U. Aßmann, Prof. Dr. M. Wacker.



Partnerschaft mit der Technischen Universität Ilmenau

Gemeinsame Forschungsprojekte

Durch seine Stellung als An-Institut der TU Ilmenau profitiert sowohl das IMMS, als auch die Universität von der Forschung und der wissenschaftlichen Vernetzung beider Partner. Im Jahr 2012 hat das IMMS mit 28 Fachgebieten in den Bereichen Elektro- und Informationstechnik, Maschinenbau, Informatik und Automatisierung, Mathematik sowie Medien- und Kommunikationswissenschaften wissenschaftliche Projekte bearbeitet, unter anderem in den Bereichen hochpräzise Positionier- und Messmaschinen, Biomedizintechnik, Sensorik zur Überwachung von Prozessen im Hochtemperaturbereich und Hochfrequenztechnik für die Satellitennavigation. Gleichzeitig ist das Institut stark mit der Industrie vernetzt. In den Branchen Fahrzeugtechnik, Mikrotechnik, Mikroelektronik und Optik ist es ebenso in regionale und nationale Innovationsnetzwerke eingebunden wie in industrielle Cluster. Die Nutzung und Bündelung technologischer Kompetenzen und die Entwicklung gemeinsamer Marktstrategien lieferte für die Forschungstätigkeit des Instituts und der TU Ilmenau wertvolle Praxisimpulse.

IMMS für Innovationspreis Thüringen nominiert

Das IMMS wurde mit einem magnetisch schwebenden Direktantrieb für den Innovationspreis Thüringen 2012 nominiert. Damit schaffte es in der Kategorie "Industrie und Material" den Sprung unter die besten drei Bewerber. Bei dem Antrieb handelt es sich um ein vollständig magnetisch geführtes Positioniersystem, mit dem eine Last präzise in sechs Koordinaten bewegt wird. Die Forscher nutzen hierfür das Prinzip der Magnetschwebebahn. Zusammen mit der Firma Physik Instrumente und der TU Ilmenau entwickelten sie die Basistechnologie, mit der die Industrie künftig in molekularem Maßstab im Vakuum fertigen kann. Das ist beispielsweise zur Herstellung von Mikrochips und im Life-Science- und Biotech-Sektor notwendig.

SFB 622 - "Nanopositionier- und Nanomessmaschinen"

Das IMMS forscht seit Jahren gemeinsam mit der TU Ilmenau im Sonderforschungsbereich SFB 622 "Nanopositionier- und Nanomessmaschinen", der im Mai 2012 sein zehnjähriges Bestehen feierte. Er verfolgt

das Ziel, die wissenschaftlich-technischen Grundlagen zum Entwurf und zur Realisierung hochpräziser Nanopositionier- und Nanomessmaschinen (NPM-Maschinen) zu erarbeiten. Das Institut ist an der Entwicklung eines neuartigen Präzisionsantriebs beteiligt und arbeitet an Lösungen, mit denen trotz der großen Dimensionen und Massen, die große Verfahrbereiche mit sich bringen, Positioniertische nicht nur nanometergenau bewegt, sondern Positionen entsprechend stabil gehalten werden können.

"GreenSense"-Projekt für mehr Energieeffizienz

In dem im Juni gestarteten Projekt "GreenSense" erforscht und entwickelt das IMMS unter Mitwirkung des Zentrums für Mikro- und Nanotechnologien und des Fachgebiets Mikromechanische Systeme der TU Ilmenau eine modulare Technologieplattform, mit der hochkomplexe, engmaschige, energieautarke, multimodale Smart-Sensor-Netzwerke effizient aufgebaut und betrieben werden können. Diese werden ein breites Anwendungsspektrum eröffnen und insbesondere industrielle Produktions-, Transport- und Betriebsprozesse überwachen und regeln und diese so energieeffizienter und ressourcenschonender machen. Hierfür haben die Forscher bereits Energy-Harvesting-Lösungen zum energieautarken Betrieb der drahtlosen Sensoren konzipiert.

"MUSIK"-Projekt erarbeitet neuartige Entwurfsmethodik für Mikro-Elektromechanische Systeme

Wissenschaftler des IMMS erforschen im neuen DFG-Projekt "MUSIK" mit Partnern der TU Ilmenau die verstärkenden, steuernden, oszillierenden und schaltenden Eigenschaften von Mikro-Elektromechanischen Systemen (MEMS), um sie zusammen mit der Elektronik für komplexe Hochfrequenz-Schaltungen und Systeme zu entwerfen. Ziel ist es, mit einer universellen Designmethodik die technologische Diskrepanz zwischen der herkömmlichen MEMS- und der modernen modellbasierten, rechnergestützen Methodik des Schaltungsentwurfs für applikationsspezifische integrierte Schaltkreise (ASICs) zu beseitigen. Sowohl durch die innovative Entwurfsmethodik als auch durch seltener nötige Redesigns sollen die Entwicklungszeiten um bis zu 30 Prozent verkürzt und frühere Markteintritte ermöglicht werden.

"3DNeuroN" - Bio-Imitation des Gehirns

In enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Biomedizinische Technik und Informatik und dem Zentrum für Mikro- und Nanotechnologien der Technischen Universität Ilmenau sowie der Universität in Tampere, Finnland, wird am IMMS seit 2012 ein neues dreidimensionales Low-Power-Low-Noise-Sensor-Aktor-Elektrodenarray zur Messung und Stimulation neuronaler Aktivitäten von Nervenzellen erforscht. Hierzu soll ein 3D Array mit bis zu 800 bis 1000 Elektroden aufgebaut werden, mit dem die Nervenzellen freiprogrammierbar stimuliert und deren Verhalten und Reaktionen dreidimensional aufgezeichnet werden kann.

"KOMPASSION" - Kompakte adaptive Terminalantenne zur störungsfreien Satellitennavigation

Im Projekt "KOMPASSION" erforscht das IMMS gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, der RWTH Aachen und der TU Ilmenau neue Konzepte, Technologien und Algorithmen, um adaptive Gruppenantennen zur störungsfreien Satellitennavigation kompakter zu gestalten. Solche Antennen erfüllen sehr hohe Anforderungen bezüglich der Störsicherheit, die beispielsweise für sicherheitskritische Szenarien mit autonomen Fluggeräten gelten. Bislang sind diese Antennen jedoch für einen Einsatz in kleinen Robotern und Mobilgeräten zu groß und zu schwer. Projektergebnis wird eine Empfangseinheit sein, die nur halb so groß ist wie eine konventionelle Gruppenantenne mit gleicher Anzahl an Einzelelementen und die die Anwendbarkeit der entwickelten Verfahren demonstriert.

Gemeinsame Nachwuchsförderung

Auch 2012 haben sich die Wissenschaftler des IMMS stark in der Förderung des Nachwuchses engagiert. Sie vermitteln Studenten der TU Ilmenau theoretisch fundiertes Methodenwissen und verknüpfen dieses frühzeitig mit der praktischen Umsetzung in Anwendungen. Zudem bietet das Institut Trainingskurse und Firmenbesichtigungen an. 2012 arbeiteten insgesamt 22 Studenten als Praktikanten oder studentische Hilfskräfte im IMMS oder sie schrieben hier ihre Bachelor-, Master- oder Diplomarbeiten. Für den

Nachwuchs bietet die Vernetzung des Instituts mit der Industrie die Chance auf praxisnahe Themen und ergebnisorientiertes Arbeiten.

IMMS und TU Ilmenau Sieger bei internationalem SMACD-Wettbewerb

Bei dem anlässlich der International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD 2012) in Sevilla ausgelobten Wettbewerb für Doktoranden und Master-Studenten gewannen der IMMS-Mitarbeiter Muralikrishna Sathyamurthy und Felix Neumann von der TU Ilmenau mit ihrem Beitrag zum Thema "UVM-based Verification of Smart-Sensor Systems" den ersten Platz. Prämiert wurde ihr Verifikationsverfahren für Mixed-Signal-Schaltungen, mit dem sich reale Anwendungsszenarien und Fehlerkonstellationen auf dem Rechner nachbilden lassen. Damit setzten sich die beiden Nachwuchswissenschaftler gegen neun Finalisten durch.

Veranstaltungen von IMMS und TU Ilmenau

Prof. Sommer engagiert sich sowohl als Lehrender der AG Lehre, als auch gemeinsam mit dem IMMS in der von der TU Ilmenau etablierten Basic Engineering School. Diese soll die Ingenieurausbildung mit Hilfe innovativer Lehr- und Lernformen attraktiver gestalten. Das Konzept sieht vor allem eine bessere Verankerung des Ingenieurgrundwissens bei den Studierenden, eine Verbesserung der Studienmotivation und die Reduzierung der Abbrecher-Quote vor. Das IMMS fördert die Motivation und Ausbildung der Studierenden durch seine praktischen und industrienahen Angebote, wie z.B. durch Besichtigungstouren und zahlreiche Themen für Praktika.

Auch dem kleinen Nachwuchs hat sich das IMMS gemeinsam mit der TU Ilmenau in Veranstaltungen zur Kinderuni gewidmet. In zwei Vorlesungen mit insgesamt über 1300 Schülern im Alter von 8-12 Jahren demonstrierte das Institut praktisch, wie man Klänge und vor allem Stimmen völlig verändern kann.



REFERENZEN Magnetisch schwebender Direktantrieb mit passivem Läufer ohne Zuleitungen. Foto: IMMS.

IMMS mit magnetisch schwebendem Direktantrieb für den Innovationspreis Thüringen 2012 nominiert

Das Institut schaffte mit der Nominierung für den Innovationspreis Thüringen 2012 den Sprung unter die besten drei Bewerber der Kategorie "Industrie und Material". Der Direktantrieb ist ein vollständig magnetisch geführtes Positioniersystem, um eine Last präzise in sechs Koordinaten zu bewegen. Den Prototyp hat das IMMS mit der Firma Physik Instrumente



Dr. Christoph Schäffel, Themenbereichsleiter für Mechatronik am IMMS, nimmt beim Festakt zum Innovationspreis Thüringen am 27.11.2012 die Nominierungsurkunde entgegen. Foto: IMMS.

(PI) aus Karlsruhe und der Technischen Universität Ilmenau entwickelt. Die Forscher nutzen hierfür das Prinzip der Magnetschwebebahn. Sie haben die Basistechnologie entwickelt, mit der die Industrie künftig in molekularem Maßstab im Vakuum fertigen kann. Das ist beispielsweise für die Herstellung von Mikrochips notwendig oder für Prozesse der Materialforschung und Oberflächenmesstechnik sowie im Life-Science- und Biotech-Sektor.

In einem Fahrbereich von 100 mm x 100 mm x 0,15 mm bewegt sich der Läufer des Direktantriebs in sechs Koordinaten – den drei Raumachsen und der jeweiligen Rotation um diese Achsen. Die Plattform schwebt dabei allein auf einem magnetischen Feld, das Antrieb und Führung für alle Achsen übernimmt und durch nur sechs planare Motorspulen erzeugt wird. Der Läufer hat somit keinerlei Zuleitungen und arbeitet vollkommen kontaktlos. So kann das System nahezu ohne Partikelgeneration in hochreinen Umgebungen betrieben werden. Die aktive Führung arbeitet äußerst präzise. Von einer Idealebene weichen die Bewegungen der Plattform um maximal zehn Nanometer ab.

Ein neuartiger Sensorkopf besteht aus optischen und kapazitiven Sensorelementen und erfasst die Position des Läufers in allen sechs Freiheitsgraden. Im Gegensatz zu bekannten Lösungen, die beispielsweise auf einem laserinterferometrischen Prinzip beruhen und Positionsdaten aus drei um den Läufer verteilten Lasersensoren gewinnen, ist der Sensorkopf des neuen Direktantriebs deutlich kompakter und in den Stator integriert.



Steffen Arnold, Leiter "Markt und Produkte" der Firma Physik Instrumente (PI) GmbH & Co.KG Karlsruhe. Foto: PI.

Steffen Arnold, Physik Instrumente

"Das IMMS hat uns bei der Entwicklung eines magnetisch schwebenden Direktantriebs wesentliche Impulse geliefert. Mit solchen Lösungen sollen künftig nanometergenau und partikelfrei Halbleiter, Life-Science- und Biotech-Produkte hergestellt werden.

Als Industriepartner freuen wir uns ganz besonders, dass das Institut mit seinen Arbeiten für den Innovationspreis Thüringen 2012 nominiert wurde. Die neuartigen Konzepte zur Antriebsstruktur des magnetisch geführten 6D-Antriebs, zum 6D-Sensorsystem sowie zum Regelungsalgorithmus für die hochpräzise Steuerung des Systems sind die Basis für künftige kundenspezifische Produktentwicklungen. In der Kooperation mit dem Institut sind unsere Entwickler in ein Gebiet der magnetisch geführten Antriebstechnologie vorgedrungen, das Perspektiven eröffnet, Objekte mit bislang unerreichter Führungsgenauigkeit planar bzw. in 6D zu bewegen. Aufgrund seiner einzigartigen Expertise im Bereich der magnetisch geführten Antriebstechnologie ist es der ideale Partner für diese Entwicklung. Wir freuen uns auf weitere gemeinsame Arbeiten auf diesem Gebiet!"

Stimmen aus Wirtschaft, Forschung und Lehre



Prof. Dr. Burkhard Utecht, Direktor der Staatlichen Studienakademien Thüringen – Berufsakademien Eisenach und Gera. Foto: IMMS.

Prof. Dr. Burkhard Utecht. BA Eisenach

"Unsere Studenten absolvieren den praktischen Teil ihres dreijährigen dualen Studiums in Partnerunternehmen und den theoretischen Teil an der Berufsakademie Eisenach. Sie profitieren bereits seit über drei Jahren vom Wissenstransfer, den IMMS-Dozenten mit Vorlesungen und der Betreuung von Bachelor-Arbeiten unter anderem zur Smart-Sensorik und zu intelligenten Systemen vorangetrieben haben. Mit dem 2012 geschlossenen Kooperationsvertrag bereichern weitere IMMS-Dozenten unser Lehrangebot auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik und Mikrocontroller-Programmierung mit aktuellen anwendungsbezogenen Forschungs- und Entwicklungsthemen. So wird beispielsweise die Entwurfsmethodik von Automatisierungsanlagen anhand von Szenarien unter Nutzung des modellbasierten Entwurfs veranschaulicht, welcher Forschungsgegenstand des IMMS ist. Um die Qualität der Lehre auf hohem Niveau zu halten und auszubauen, sind wir stets bestrebt, unseren Studenten Impulse zu aktuellen Entwicklungen mitzugeben. Wir freuen uns daher, dass wir die Zusammenarbeit mit dem IMMS intensivieren konnten. Das ist ein wichtiger Beitrag für die Professionalisierung unserer Ausbildung."



Lutz Langelueddecke, Development Manager, Melexis GmbH. Foto: IMMS.

Lutz Langelueddecke, Melexis GmbH

"Das IMMS hat im vergangen Jahr für Melexis einen Controller-gesteuerten Mixed-Signal IC modelliert und verifiziert. Die Arbeiten flossen in einen monolithischen Slave-IC für LIN-basierte RGB-LED-Ansteuerung ein, der kosteneffiziente Innenraumbeleuchtungen in Kraftfahrzeugen ermöglicht. Die Forscher des Instituts haben uns mit ihrer hohen technischen Kompetenz dabei unterstützt, Testbenches zur top-level-Verifikation zu erstellen. Hierfür konnten wir direkt von den Erfahrungen des IMMS profitieren, die das Institut im Projekt ,Thermulab' gesammelt hat und die dort gewonnenen Erkenntnisse aus der Mixed-Signal-Simulation von eingebetteter Software anwenden. Das IMMS hat die Modellierung in modernen Mixed-Signal Verhaltensbeschreibungssprachen vorgenommen. Das erlaubt es uns, die Resultate des aktuellen Controller-gesteuerten Mixed-Signal ICs auf künftige Entwicklungen zu übertragen und die Effektivität im Entwurf zu erhöhen. Die Kollegen des Instituts haben sich direkt in das Projektteam der Melexis integriert und flexibel auf jegliche Änderungen reagiert. Die hohe technische Kompetenz bestätigt erneut die guten Erfahrungen, die wir über die letzten Jahre in der Zusammenarbeit mit dem IMMS gemacht haben. Wir sind künftigen gemeinsamen Projekten gegenüber sehr positiv eingestellt."

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Hoffmann, TU Ilmenau

"Für das Projekt 'PRIMOS' (Piezoelektrische Resonatoren aus integrierbaren MEMS für HF-Referenz-Oszillator-Anwendungen) kooperierte das IMMS mit dem Fachgebiet Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik und mit uns. MEMS (Mikroelektromechanische Systeme) vereinen Sensoren, Aktoren und ggf. Steuerungselektronik in einem Bauteil. Ziel von 'PRIMOS' war es, MEMS-Resonatoren auf Siliziumbasis für den Frequenzbereich oberhalb von 200 MHz zu entwickeln. Sie sollen künftig Schwingquarze ersetzen, die z.B. in Computern den Takt vorgeben. Schwingquarze können nicht gemeinsam mit Mikroprozessoren gefertigt, sondern müssen im Nachhinein integriert werden. MEMS als Taktgeneratoren lassen sich zusammen mit den integrierten Schaltungen in Silizium fertigen. Zudem sind sie stoßfester, kleiner und kostengünstiger. Kommerziell verfügbare MEMS-Resonatoren arbeiten kapazitiv und sind für hohe Frequenzen ungeeignet. Die in ,PRIMOS' entwickelten MEMS-Resonatoren sind piezoelektrisch gekoppelt und erschließen dadurch deutlich höhere Frequenzbereiche.

Unser Fachgebiet hat die Chip-kompatiblen Fertigungsverfahren für die MEMS-Resonatoren erforscht und umgesetzt. In sehr enger Zusammenarbeit mit dem IMMS haben wir die Testresonatoren hinsichtlich ihrer Grundstruktur sowie der effizienten Unterdrückung parasitärer Moden optimiert. Das IMMS hat mit seiner Expertise auf dem Gebiet der Finite-Elemente-Modellierung, die die statische und dynamische





13

Simulation sowie die Modalanalyse von MEMS-Elementen umfasst, wesentliche Beiträge zum Projekt geliefert. Das Institut hat die technologischen Designrichtlinien aus unserer Forschung mit in den Entwurf eingebunden und mit seiner Messtechnik das mechanische Schwingverhalten ermittelt. Verbunden mit ihrem umfangreichem Anwendungs-Know-how haben die Kollegen des IMMS unser Projektteam perfekt ergänzt und zum Erreichen der äußerst ambitionierten Projektziele beigetragen. Die Resultate von 'PRIMOS' sind die Basis für das im August 2012 gestartete Forschungsvorhaben 'MUSIK', an dessen gutem Gelingen das IMMS mitarbeitet."



Science bei der Analytik Iena AG. Foto: Analytik Iena AG.

Dr. Jörg Weber, Analytik Jena AG

"Als Sprecher des Industriebeirates von 'GreenSense' freue ich mich sehr, die Entwicklungen dieses Forschungsprojekts aktiv begleiten zu können. Das IMMS erforscht und entwickelt eine modulare Technologieplattform für energieautarke, massiv verteilte, intelligente Sensornetzwerke. Diese sollen künftig Prozesse überwachen und regeln und diese so energieeffizienter und ressourcenschonender machen. Dazu ist eine umfangreiche Grundlagenforschung notwendig, die das Institut leistet und die durch mittelständische Unternehmen nicht aus eigener Kraft bewältigt werden kann. Die Arbeiten sind nicht nur essentiell für die Erschließung künftigen Marktpotenzials auf diesem Gebiet, sondern auch sehr vielversprechend in den Wachstumsmärkten Bioanalytik und Medizintechnik, da dort intelligente mikroelektronische Sensorlösungen künftig verstärkt eingesetzt werden. Nicht nur unser Unternehmen ist an den Projektergebnissen interessiert, um darauf Ansätze zur Verbesserung unserer Analysemethoden aufzubauen. Als einziges Thüringer Forschungsinstitut für Mikroelektronik-Anwendungen leistet das IMMS wertvolle Unterstützung für die Sensorhersteller in der Region und darüber hinaus. Das Institut hat nicht nur einen regen Austausch mit den zehn Partnern des Projektbeirats initiiert, durch den

vielfältige Ideen für künftige Anschlussthemen entstanden sind. Die bereits geleisteten Grundlagenarbeiten sind auch die Basis für in Planung befindliche gemeinsame Verbundprojekte. Diesen sehen wir mit Spannung entgegen und freuen uns auf die künftige Zusammenarbeit, die die Position Thüringens als Technologiestandort weiter festigen wird."

Sebastian Bischoff, Bischoff Elektronik GmbH

"Wir haben im Projekt ,SHS-Facility' gemeinsam mit dem IMMS eine energiesparende Hard- und Softwareplattform für die Gebäudeautomation entwickelt. Dieses eingebettete System ist universell einsetzbar und sowohl zur Steuerung von KNX-Komponenten als auch im Metering-Bereich zur drahtlosen Abfrage von wM-Bus-, Zigbee- oder Enocean-Endgeräten geeignet. Das Institut hat uns mit umfangreichem Know-how zu modernen Mikrocontrollern, Energieeffizienz und EMV-gerechtem Design bei der Board- und Systementwicklung unterstützt. Außerdem hat das IMMS die Softwareentwicklung sowie die Betriebssystemportierung für die neue Hardwareplattform übernommen. Mit seiner Expertise auf dem Gebiet der integrierten Hard- und Softwareentwicklung hat das Institut einen essentiellen Beitrag zum Gelingen des Projekts geleistet. Die Forscher haben absolut zielorientiert gearbeitet, sind dabei flexibel auf unsere Änderungswünsche eingegangen und haben stets für eine reibungslose Zusammenarbeit gesorgt. Wir freuen uns, wenn in Zukunft weitere gemeinsame Projekte möglich sind, in denen wir an die erfolgreiche Kooperation anknüpfen können."



Daniel Müller, Senior Engineer Baumer Electric AG. Foto: Baumer Flectric AG

Daniel Müller, Baumer Electric AG

"Das IMMS hat uns bei der Entwicklung einer unserer neuen Technologien unterstützt, mit der schnelle, temperaturstabile und fremdlichtsichere Sensoren Objekte in Handling- und Montageautomaten erkennen können. Das Institut hat dafür nicht nur einen leistungsstarken CMOS Opto ASIC mit Fokus auf integrierte Tests entworfen, dabei alle unsere Anforderungen des Mixed-Signal ASIC-Designs vollauf erfüllt und einen fehlerfreien Erstentwurf geliefert. Das IMMS hat uns darüber hinaus wesentlich bei den nachgelagerten Prozessen weitergebracht. Es hat den Chip charakterisiert und einen Serientest entwickelt, uns bei der Auswahl des Gehäuses entscheidend unterstützt, die Steuerung von Assembly, Tape und Reel usw. übernommen sowie die Bauteil- und Gehäusequalifizierung realisiert. Dieser große Kompetenz-

bereich, mit dem uns die Forscher des IMMS vom kompletten Entwurfsprozess bis hin zur Überleitung in die Serienfertigung unterstützt haben, hat uns sehr beeindruckt. Die Mitarbeiter des Instituts haben sehr gut mit uns zusammengearbeitet. Sie haben den Projektplan genau eingehalten, die Review Meetings immer sehr gut vorbereit und die Kommunikation verlief trotz der großen Entfernung reibungslos. Wir sind überzeugt davon, dass uns das IMMS mit seinem Know-how und seiner Arbeitsweise auch in künftigen Projekten entscheidend voranbringen kann."

15



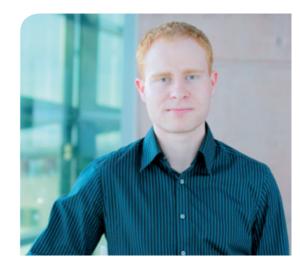


Nachwuchsförderung am IMMS

Wissenschaftlicher Nachwuchs hat am IMMS höchste Priorität. Auch 2012 haben sich die Forscher des Instituts hier stark engagiert und vor allem Studenten gefördert. Doch auch Schüler erhielten bei Events und Praktika Einblicke in die Arbeiten des IMMS oder wurden von den Wissenschaftlern bei Facharbeiten betreut. Am Institut wird vor allem den Studenten der TU Ilmenau, aber auch anderer Hochschulen aus dem Inund Ausland, theoretisch fundiertes Methodenwissen vermittelt und dieses frühzeitig mit der praktischen Umsetzung in Anwendungen verknüpft. Angehende Ingenieure der Fachrichtungen Biomedizintechnik, Elektrotechnik, Fahrzeugtechnik, Ingenieur-Informatik, Maschinenbau, Mathematik, Mechatronik und Physik können am IMMS attraktive wissenschaftliche Aufgabenstellungen bearbeiten und werden individuell betreut. Zudem bietet das Institut Trainingskurse und Firmenbesichtigungen an. 2012 arbeiteten insgesamt 22 Studenten als Praktikanten oder studentische Hilfskräfte am IMMS oder sie schrieben hier ihre Bachelor-, Master- oder Diplomarbeiten. Für den Nachwuchs bietet die Vernetzung des Instituts mit der Industrie die Chance auf praxisnahe Themen und ergebnisorientiertes Arbeiten.

Benjamin Saft

"In einer Vorlesung von Prof. Sommer bin ich auf das IMMS aufmerksam geworden und habe daraufhin 2010 ein Praktikum im Themenbereich industrielle Elektronik und Messtechnik absolviert. Meine Bachelorarbeit zum Thema der rechnergestützten Optimierung eines Operationsverstärkers habe ich an der Technischen Universität Ilmenau am Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme von Prof. Sommer geschrieben. Die Arbeit entstand im Verbundprojekt SyEnA (Syntheseunterstützter Entwurf analoger Schaltungen), an dem das IMMS als Projektpartner beteiligt war. Als wissenschaftliche Hilfskraft an der TU habe ich meine Kenntnisse zu diesem Thema weiter ausgebaut. Nach erfolgreicher Verteidigung meiner von Prof. Sommer betreuten Masterarbeit bei der Firma Melexis bin ich seit Mai 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IMMS im Forschungsprojekt "Green-Sense" tätig. Im Projekt wird anwendungsorientierte Grundlagenforschung betrieben. Es bietet daher



Benjamin Saft, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IMMS. Foto: IMMS

zahlreiche Entfaltungsmöglichkeiten bezüglich der Arbeitsinhalte und damit die Chance, mich fachlich und methodisch weiterzuentwickeln. Ich kann nicht nur mein Wissen über analoge Schaltungstechnik anwenden und einen Beitrag zum Entwurf komplexer Mikrochips leisten. Vielmehr habe ich die Möglichkeit erhalten, meine Promotion zum Thema "Low Power Elektronik für energieautarke Smart Sensor Systeme" voranzubringen, welches auf den Fragestellungen des Projekts aufbaut. Das Arbeitsumfeld motiviert mich, meine Kreativität voll auszuschöpfen. Dabei kommt mir die Gleitzeitregelung entgegen, mit der ich produktive Phasen gezielt nutzen kann. Es macht Spaß und liefert immer neue Denkanstöße, in einem internationalen Team zu forschen. Gerade auch die Diskussion mit Kollegen verschiedenster Fachrichtungen führt zu innovativen und überzeugenden Lösungen. Über die Arbeit hinaus haben sich so auch Freundschaften mit Kollegen entwickelt - meine Entscheidung fürs IMMS empfinde ich beruflich wie privat als sehr positiv und bereichernd."

Muralikrishna Sathyamurthy

"Es war schon immer mein großer Traum, als Wissenschaftler an Forschungs- und Entwicklungsprojekten mitzuarbeiten. Mit diesem Wunsch im Hinterkopf stieß ich im Internet auf das IMMS und bewarb mich gleich um eine Praktikumsstelle, die ich im September 2009 antrat. Als Neuling am Institut wurde ich von Dr. Eckhard Hennig in verschiedene Forschungsaktivitäten und studentische Projekte eingeweiht, die das IMMS gerade durchführte, was mich sehr motivierte. In einem solchen Umfeld konnte ich mir sehr gut vorstellen, mich durch die Mitarbeit am Institut sowohl beruflich als auch persönlich weiterzuentwickeln und lag damit definitiv richtig. Nach meinem Praktikum



Muralikrishna Sathyamurthy, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IMMS.

führte ich meine Forschungsarbeit als Masterstudent am IMMS fort. Seit Februar 2011 bin ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Mikroelektronik am Institut tätig und habe mich auf den digitalen Entwurf spezialisiert.

Die beste Erfahrung ist für mich nach wie vor die Zusammenarbeit und der Umgang mit talentierten, hoch motivierten Kollegen. In meiner Zeit als Praktikant und als Masterstudent habe ich die Arbeit an Forschungsprojekten in einem internationalen und multikulturellen Umfeld sehr genossen und hatte als internationaler Student nie das Gefühl, dass es eine sprachliche Barriere am IMMS gab. Die enge Kooperation mit universitären Instituten und die strategischen Partnerschaften mit dem Cadence Academic Network (CAN) halfen mir, meine Fertigkeiten im digitalen Design erfolgreich auszubauen. Insbesondere die gemeinsame Nutzung und der Austausch von Wissen sowie die EDA-Workshops trugen stark dazu bei. Die wissenschaftlichen Seminare des IMMS boten mir außerdem eine Plattform, um meine Ansichten und Ideen vortragen zu können. Sie waren für mich ein wichtiger Schritt in meiner Laufbahn, da ich durch die Vorträge mein Selbstbewusstsein steigern und den Mut entwickeln konnte, meine Ideen auch vor internationalem Publikum auf Konferenzen zu präsentieren. Nach meiner Masterarbeit haben mich meine Kollegen vom IMMS dazu ermutigt, unsere Teamarbeit bei der IEEE-Konferenz SMACD 2012 in Spanien vorzustellen. Dies war eine großartige Erfahrung und die Konferenz an sich war für mich eine hervorragende Gelegenheit zum Austausch mit anderen Forschern auf meinem Gebiet. Obendrein wurde uns für unsere Forschungserfolge im Rahmen der Masterarbeit der "best paper award" verliehen – in diesem Moment war ich wirklich sehr stolz.

Wenn ich auf meine bisherige Karriere zurückblicke, muss ich sagen, dass ich beim IMMS in kurzer Zeit sehr große Fortschritte gemacht habe. Das Institut hat mich immer darin unterstützt, meine Fer-

tigkeiten weiter auszubauen und zu verfeinern. Ich kann ehrlich sagen, dass das IMMS ein großartiger Ort für junge aufstrebende Talente der Wissenschaft ist. Es macht mich sehr stolz, ein Teil dieses dynamischen und inspirierenden Umfeldes geworden zu sein."

IMMS und TU Ilmenau gewinnen gemeinsam bei internationalem SMACD-Wettbewerb

Bei dem anlässlich der International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD) in Sevilla ausgelobten Wettbewerb für Doktoranden und Master-Studenten gewannen der IMMS-Mitarbeiter Muralikrishna Sathyamurthy, M.Sc., und Felix Neumann, M.Sc., vom Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme der TU Ilmenau mit ihrem Beitrag zum Thema "UVM-based Verification of Smart-Sensor Systems" den ersten Platz. Sie setzten sich mit der



Prof. Dr. Ralf Sommer, Muralikrishna Sathyamurthy und Felix Neumann bei der SMACD-Preisverleihung in Sevilla (v.l.n.r.), Foto: R. Castro-López.

Präsentation der Ergebnisse ihrer am IMMS betreuten Master-Arbeiten gegen neun weitere Finalisten durch. Ihre Simulationsumgebung für den Entwurf von RFID-Sensor-Tags wurde durch das IMMS-Projekt "Green-Sense" angestoßen und optimiert nicht nur einzelne RFID-Sensor-Tags, sondern vielmehr deren Zusammenspiel bezüglich Funktion, Timing, Stromaufnahme und Fehlerbehandlung. Mit ihr lassen sich reale Anwendungsszenarien und Fehlerkonstellationen auf dem Rechner nachbilden. Mithilfe moderner Verifikationsverfahren kann anschließend per Simulation geprüft werden, inwieweit sich die RFID-Sensor-Tags im Anwendungskontext korrekt verhalten. Zudem präsentierten sie einen methodischen Ansatz, um Funktionen der RFID-Sensor-Tags zu bewerten und frühzeitig im Entwurf energetische Optimierungen der Chip-internen Abläufe vorzunehmen.



Prof. Dr. Burkhard Utecht (links), Direktor der Staatlichen Studienakademien Thüringen, und Hans-Joachim Kelm unterzeichnen die Kooperationsvereinbarung. Foto: IMMS.

Engagement an der Berufsakademie Eisenach intensiviert

Das IMMS und die Staatlichen Studienakademien Thüringen unterzeichneten zum Wintersemester einen Kooperationsvertrag, mit dem das dortige Lehrangebot durch weitere IMMS-Dozenten auf hohem Qualitätsniveau gestaltet wird. Im Bereich Automatisierungstechnik und Mikrocontroller-Programmierung werden aktuelle anwendungsbezogene Forschungs- und Entwicklungsthemen des IMMS in die Vorlesungen an der Berufsakademie einbezogen. So wird beispielsweise die Entwurfsmethodik von Automatisierungsanlagen anhand von Szenarien unter Nutzung des modellbasierten Entwurfs veranschaulicht, welcher Forschungsgegenstand des Instituts ist. Um die Klassifizierung von Signalen zu erarbeiten, werden Anwendungsbeispiele aus der Forschung zur Smart-Sensorik verwendet. Solche Impulse zu aktuellen Entwicklungen sind ein wichtiger Beitrag für die Professionalisierung der Ausbildung an der Berufsakademie. Indem das IMMS ebenso Bachelorund Master-Arbeiten der Studenten sowie in 2012 vier Bachelorkandidaten betreut, bleiben auch die Praxisbetriebe, die die Themen stellen, auf dem neuesten Stand der Forschung.

"Jugend forscht"-Sieger und Schülergruppen aus Erfurt und Lörrach im IMMS

Schüler des Albert-Schweitzer-Gymnasiums in Erfurt, das bei Praktika eng mit dem IMMS zusammenarbeitet, und des Schülerforschungszentrums "phaenovum" in Lörrach besuchten Anfang November das IMMS. Der ereignisreiche Tag startete mit einer Vorlesung bei Prof. Dr. Ralf Sommer, der die Schüler im Anschluss durch die IMMS-Labore führte und das Institut vorstellte. Danach präsentierten die Elftklässler ihre Forschungsarbeiten und stießen damit anregen-

de Diskussionen untereinander und mit den Wissenschaftlern des IMMS an. Ein besonderes Highlight, zu dem auch zahlreiche Pressevertreter erschienen, war die Präsentation "Musik in Super-Stereo - Rêverie de l'acoustique" von Christian Dreier und Fabian Bronner, die im September mit dem "Preis der Bundeskanzlerin für die originellste Arbeit" bei "Jugend forscht" ausgezeichnet wurden. Mit ihrem neuartigen Verfahren erzeugen die beiden einen realistischen räumlichen Höreindruck, der das Klangerlebnis einer herkömmlichen Stereoanlage deutlich übertrifft. Dafür richteten sie bei der Audioaufnahme eines Konzerts einen Teil der Mikrofone nicht direkt auf die Musiker. sondern auf Decke und Seitenwände aus. Seit Oktober studieren die beiden "Jugend forscht"-Sieger an der Technischen Universität Ilmenau. Christian Dreier Elektrotechnik und Fabian Bronner Ingenieurinformatik. Betreut werden sie hier unter anderem von Prof. Dr. Ralf Sommer, der den fachlichen Austausch der Nachwuchsforscher am IMMS initiierte.



Prof. Dr. Ralf Sommer mit Schülergruppen aus Erfurt und Lörrach.

Vorlesung zur Kinderuni Ilmenau

Wir hören unterschiedliche Klänge von Musikinstrumenten und Stimmen, doch wir können sie nicht sehen – oder doch? In der Vorlesung "Klänge und Schwingungen – wir sehen und verändern Musik und Stimmen" wurden Klänge und Stimmen sichtbar gemacht und verändert. Prof. Dr. Ralf Sommer, wissenschaftlicher Geschäftsführer des IMMS, und Dr. Eckhard Hennig, Scientific Strategy Manager des Instituts, sind in ihrer Vorlesung mit Unterstützung der



Tests mit Schüttelsensoren zum Girls' Day.

beiden "Jugend forscht"-Bundessieger 2012 Christian Dreier und Fabian Bronner dem Rätsel auf den Grund gegangen, wie Geräusche und Töne sichtbar gemacht werden können. Unter dem Jubel des einbezogenen Auditoriums in zwei Veranstaltungen mit insgesamt über 1300 Schülern im Alter von 8-12 Jahren demonstrierten sie praktisch, wie man Klänge und vor allem Stimmen völlig verändern kann. Weil die Vorlesung so gut angekommen ist, wird sie in der "Langen Nacht der Technik Ilmenau" am 25. Mai 2013 noch einmal stattfinden.

Angebote zu Schülerevents

Drei Forscherinnen des IMMS begleiteten zum Girls'
Day am 26. April 2012 die Entdeckungsreise von Schülerinnen aus den fünften Klassen zweier Ilmenauer
Gymnasien durch das Institut. Anhand von Spielen
und eigenen Versuchen konnten die Mädchen erfahren, welche Arten von Schwingungen es gibt, wie sie
sichtbar gemacht werden können, wo sie uns nutzen



Prof Dr Ralf Sommer zur Kinderuni Ilmenau Foto: IMMS

und wo sie Schaden anrichten. Außerdem bekamen sie einen Einblick, wie die Arbeiten der Forscher unseren Alltag gestalten. Die Überbuchung der Veranstaltung und die positiven Rückmeldungen der Besucherinnen sind Motivation für das kommende Jahr, das Angebot auszubauen.

Im Rahmen der Ilmenauer "Woche der Generationen" bot das IMMS zum vom Bundesverband mittelständische Wirtschaft organisierten "Wirtschaftswandertag für Gymnasien" am 11. Oktober 2012 Führungen durch das IMMS an. Zahlreiche Elft- und Zwölftklässler nutzten die Gelegenheit, intelligente Sensorsystem zu testen, von wissenschaftlichen Mitarbeitern durch Mechatronik- und Messtechniklabore geführt und zum Nachdenken angeregt zu werden.

Zudem werden drei Seminarfacharbeiten von Schülerinnen und Schülern der elften Klasse des mathematischen und naturwissenschaftlichen Spezialschulteils des Albert-Schweizer-Gymnasiums Erfurt zum Thema Funkwellenausbreitung im 630m-Band durch das IMMS betreut.



Dr. Christoph Schäffel, Themenbereichsleiter für Mechatronik, führt Schüler der beiden Ilmenauer Gymnasien zum Wirtschaftswandertag durch die Mechatronik-Labors des IMMS. Foto: IMMS.



Projektstarts, Netzwerkevents und Institutsleben

Projektstarts 2012



Projektauftakt von "EFSUES" auf dem Flughafen Erfurt-Weimar mit Sensorknoten des IMMS. Auf deren Basis entwickelt das Institut die energieoptimierten Sender, die künftig für die Ortung auf dem Flughafen verwendet werden sollen. Bild: MDR THÜRINGEN JOURNAL.

"EFSUES" - sichere und effiziente Flughäfen

Im Februar nahm das IMMS mit der SMI GmbH und dem Flughafen Erfurt Weimar die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf, mit denen künftig die Effizienz von Flughäfen gesteigert werden soll. Für die dafür notwendigen neuartigen Ortungsverfahren werden im Projekt "EFSUES" neue Techniken definiert, entwickelt und erprobt. Ziel ist es, Flugzeuge, Fahrzeuge und Personen so sicher zu detektieren, dass unabhängig von der Wetterlage und von den Sichtverhältnissen der Flugbetrieb gewährleistet ist. Mit dem System sollen künftig Spezialfahrzeuge effizient und sicher eingesetzt, Standzeiten der Flugzeuge minimiert und die Verkehrssicherheit auf dem Vorfeld erhöht werden. Die Kompetenzen des IMMS für drahtlose Sensornetzwerke fließen in die energieoptimierten Sender ein, die zur Ortung herangezogen werden.

"GreenSense"

Im Juni startete am IMMS das durch das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) geförderte und durch einen Industriebeirat aus Thüringer Unternehmen begleitete Forschungsprojekt "Green-Sense". Es hat das Ziel, eine modulare Technologieplattform für energieautarke, massiv verteilte, intelligente Sensornetzwerke grundlegend zu erforschen und zu entwickeln. Diese sollen ein breites Spektrum zukünftiger Anwendungsszenarien ermöglichen und insbesondere industrielle Produktions-, Transportund Betriebsprozesse überwachen und regeln und diese so energieeffizienter und ressourcenschonender machen. Die Forscher entwickeln hierfür kostengünstige und energieeffiziente Hardware-Lösungen für Mehrgrößen-Sensoren mit eingebetteter elektronischer Signalverarbeitung. Für schwer zugängliche Stellen und kostensensitive Applikationen haben sie bereits Energy-Harvesting-Lösungen zum energieautarken Betrieb drahtloser Sensoren konzipiert.

"sMobiliTy" – Elektromobilität soll Realität werden

Das im Oktober am IMMS gestartete und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderte Projekt "sMobiliTy" soll die Elektromobilität voranbringen, indem künftig unterschiedliche techni-

Der Beiratssprecher Dr. Jörg Weber (h.,6.v.l.), Analytik Jena AG, mit Vertretern des Industriebeirates zum "GreenSense"-Auftakt sowie der Projektleiter der Forschungsgruppe, Dr. Eckhard Hennig (h., 2.v.l.) und die Geschäftsführer des IMMS, Prof. Dr. Ralf Sommer (l.) und Hans-Joachim Kelm (r.). Foto: IMMS.





Zum "sMobiliTy"-Projektauftakt am IMMS in Erfurt konnten Projektpart ner, Förderer, Gäste aus Ministerien und Politik sowie Pressevertreter Elektromobile testen und Exponate zu Machbarkeitsstudien, u.a. zum vom IMMS zu entwickelnden Sensorsystem für die "taktile Straße", in Augenschein nehmen. Foto: IMMS.

sche Systeme von Fahrzeug, Fahrbahn und Energienetz kommunizieren. Elektrofahrzeuge haben kürzere Reichweiten und längere "Strom-Tankzeiten". Daher sind für den Fahrer Informationen zu Staus, Strompreisen und Erreichbarkeit von Reisezielen wichtig. Die zehn Proiektpartner aus Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickeln zwei Demonstratoren. Eine neue IT-Systemplattform ermöglicht über aktuelle lokale Verkehrslageinformationen ein reisezeit- und reichweitenoptimierendes Navigieren durch Erfurt. Ein lastvariabler Fahrstromtarif sorgt dafür, Autos in Zeiten besonders hoher Einspeisung aus erneuerbaren Energien zu laden. Das IMMS erforscht und entwickelt ein neuartiges Sensorsystem, das Fahrzeugdaten, wie Anzahl, Fahrzeugklasse oder Geschwindigkeit, in der "taktilen Straße" erfasst. Zudem etabliert das Institut eine sichere Übertragung der Daten an das Verkehrslage- und -managementsystem, stellt die Verkehrsinformationen an der Schnittstelle zum Verkehrslagesystem bereit und entwickelt ein drahtloses Umweltsensorsystem.

Neuartige Entwurfsmethodik zu MEMS

Erstmalig entsteht in einer DFG-Forschergruppe sowie in einem starken nationalen Konsortium aus Halbleiterindustrie, Forschungsinstitutionen und Hochschulen eine universelle Entwurfsmethodik für Mikro-Elektromechanische-Systeme (MEMS), die die Lücken zwischen ihrer Fertigung und der Integration in Produkte schließt. Dadurch soll die Entwurfszeit um 30% verkürzt und das MEMS-Marktpotenzial um bis zu 50% gesteigert werden. Wie schon heute integrierte

elektronische Schaltungen für z.B. Smartphones und Tablet-PCs systematisch und modellbasiert aus immer weiter verfeinerten Grundblöcken top-down entworfen werden, so soll ein solcher ganzheitlicher durchgängiger Systementwurf auch für Sensorsysteme mit mechanischem Sensor und Elektronik machbar werden. Ziel ist es, die Diskrepanz bei der Entwurfsfähigkeit (Tool-Gap) zwischen MEMS- und ASIC-Entwurf zu beseitigen, Entwicklungszeiten durch seltener nötige Redesigns zu verkürzen und damit frühere Markteintritte von MEMS-Komponenten zu ermöglichen.

..MUSIK"

In der DFG-Forschergruppe "MUSIK" (Multiphysikalische Synthese und Integration komplexer Hochfrequenz-Schaltungen) arbeitet das IMMS seit August in enger wissenschaftlicher Kooperation mit den Fachgebieten Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik, Mikromechanische Systeme, Institut für Mikro- und Nanotechnologien IMN und ZMN und dem Fachgebiet Elektroniktechnologie sowie dem Lehrstuhl für Technische Elektronik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg zusammen. Gemeinsam werden die Forscher die verstärkenden, steuernden, oszillierenden und schaltenden Eigenschaften von MEMS in eine multiphysikalische Synthese und Integration komplexer Hochfrequenz-Schaltungen überführen. Assoziierte Industriepartner für künftige Transferprojekte sind Cadence, Coventor und die X-FAB AG Erfurt, wodurch die industrielle Relevanz der Forschungen unterstrichen wird.

"MEMS2015"

Um Innovationen im Geräte- und Anlagenbau durch neue Methoden für den Entwurf von MEMS für moderne, leistungsfähige Sensor- und Aktorsysteme zu ermöglichen, hat sich für das im September gestartete industrielle BMBF-Forschungsprojekt "MEMS2015" ein starkes, nationales Konsortium gebildet. In dieses bringen sich die Halbleiterproduzenten, EDA-Anbieter und Anwender Bosch, X-FAB, Cadence, TETRA, Carl Zeiss und Coventor ein sowie die Hochschulen Technische Universität München und die Universität Bremen sowie unser Forschungsinstitut. Es sollen nicht nur Prozesse und Prozessdaten für MEMS bereitgestellt werden. Die wesentlichen Herausforderungen liegen vielmehr darin, die Entwurfsabläufe für mikroelektronische Schaltungen und mikromechanische Strukturen zu einem durchgängigen Entwurfssystem für Sensor- und Aktorsysteme zusammenzuführen sowie in der MEMS-Modellierung für die Entwicklung des Endprodukts. Dabei werden Lücken zwischen der Halbleiter- und Sensorfertigung und der Endanwendung geschlossen, die bisher einer breiten MEMS-Anwendung im professionellen und sicherheitsrelevanten Umfeld im Wege standen. Die neue Methodik wird anhand von Beispielen aus der Anwendung validiert.

Coventor-Workshop

Im Oktober lud das IMMS zum Auftakt der Projekte "MUSIK" und "MEMS2015" seine Forschungspartner zu einem zweitägigen Workshop ein, bei dem Coventor-Trainerin Aurelie Cruau verschiedene Software-Pakete vorstellte und Wege zur multiphysikalischen Modellierung von MEMS demonstrierte. Hierfür werden zum einen Finite-Elemente-Methoden genutzt und technologische Prozesse der Mikrosystemtechnik simuliert und zum anderen konzentriert modellierte und parametrisierbare Grundelemente verwendet, die zu größeren Netzwerken verschaltet werden. Damit wird die Lücke zwischen einer numerischen, rechenzeitintensiven Feldsimulation und einfachen, aber teils ungenauen Faustformeln, die man in Büchern findet, geschlossen. Der Schwerpunkt lag auf Werkzeugen, die einerseits durch die mitgelieferten Bibliothekselemente ein schnelles Design von z.B. Inertialsensoren ermöglichen. Andererseits bieten diese Tools durch Schnittstellen zu Software des Elektronikentwurfs, wie z.B. Cadence, Ansätze für einen Systementwurf des aus MEMS und IC bestehenden Sensors. Durch den Mix aus Präsentationen und praktischen Übungen wurden rege Diskussionen angestoßen. Die Forscher haben zahlreiche Fragestellungen angesprochen, die sie in ihren Projekten zu lösen haben, um die Diskrepanz bei der Entwurfsfähigkeit zwischen MEMS- und ASIC-Entwurf zu beseitigen. Es ist das gemeinsame Ziel, zu einem hierarchischen, durchgängigen und technologieunabhängigen Legobaustein-ähnlichem Design von heterogenen Systemen zu kommen. Das ermöglicht letztendlich ein fabless Design auch für MEMS. So kann ein Entwicklungspartner wie das IMMS diese Technologien auch für kleine und mittelständische Unternehmen nutzbar machen.

"3DNeuroN" - Bio-Imitation des Gehirns

IIn enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Biomedizinische Technik und Informatik und dem Zentrum für Mikro- und Nanotechnologien der TU Ilmenau sowie der finnischen Universität in Tampere erforscht das IMMS seit Oktober ein neues dreidimensionales

3DNeuroN ____ Sensor-Aktor-

Elektrodenarray zur Messung und Stimulation neuronaler Aktivitäten von Nervenzellen. Mit einem 3D-Array mit 800 bis 1000 Elektroden werden die Ner-



Coventor-Workshop am IMMS, Foto: IMMS,

venzellen freiprogrammierbar stimuliert und deren Verhalten und Reaktionen dreidimensional aufgezeichnet. Ziel des zweieinhalbjährigen Forschungsprojekts "3D neuronal network dynamics" ist es, den Heilungsprozess von Nervenzellgewebe, das durch Krankheit oder Verletzung geschädigt wurde, optimal zu unterstützen.

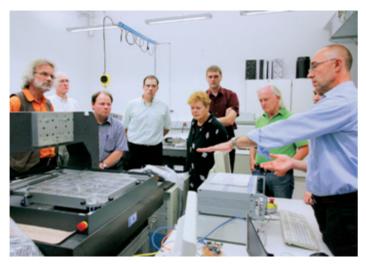
Neuartiges System zum In-Ear-Monitoring

Das IMMS wird sich als Partner des iRock-Netzwerks an einem Projekt für die Entwicklung eines Systems zur natürlichen Audiowiedergabe bei In-Ear-Monitoring-Systemen beteiligen, sobald der Antrag bewilligt ist. Natürlicher Klang ist abhängig von der Position eines Künstlers auf der Bühne und wird mit dem neuen System entsprechend angepasst. Die Neuentwicklung soll möglichst viele Musiker begeistern. Deshalb lassen sich zum einen je nach den Höreigenschaften einer Person individuelle Einstellungen vornehmen. Zum anderen liegt ein großes Augenmerk auf den Kosten für ein solches System. Das IMMS arbeitet an einer Lösung zur Lokalisierung der Musiker auf der Bühne auf Basis von drahtlosen Sensornetzwerken. Die Vorteile liegen im schnellen Aufbau und kurzen Einmesszeiten. Drahtlose Sensornetzwerke bilden seit einigen Jahren einen Forschungsschwerpunkt am IMMS. Das Institut hat Erkenntnisse auf diesem Gebiet bereits in verschiedene Anwendungen überführt. Für das In-Ear-Monitoring-System für Musiker wird das Institut das sogenannte "Belt-Pack" entwickeln, die Sende- und Empfangseinrichtung mit der Signalverarbeitung, die die Tracking- bzw. Sensordaten überträgt.





Mit OSADL ausgerichteter Embedded-Linux-Workshop am IMMS. Foto: IMMS.



Dr. Christoph Schäffel (rechts), Themenbereichsleiter für Mechatronik am IMMS, erläuterte Vertretern des DGQ-Regionalkreises Erfurt verschiedene Präzisionsantriebssysteme in den Labors des Instituts. Foto: IMMS.

Netzwerkevents

AMA: Weiterbildungsseminar des IMMS

Unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. Hannes Töpfer fand im Februar 2012 das Weiterbildungsseminar "Eingebettete Systeme - Auf dem Weg zum Smarten Sensor" in Erfurt statt. Es gehört seit Jahren zum festen Weiterbildungsangebot des AMA Fachverbandes für Sensorik e.V. Dabei wurde grundlegend auf den Aufbau, Inbetriebnahme und Programmierung eingebetteter Systeme und auf Open-Source-Ansätze eingegangen und gezeigt, wie diese Systeme mit bestehender PC-Infrastruktur programmiert und getestet werden können. Die Umsetzung in realistische Szenarien und die Einbindung in Sensornetzwerke über gebräuchliche Busse bzw. Nahbereichsfunktechnik wurde anhand unterschiedlicher Praxisbeispiele erläutert. Die Teilnehmer erhielten viele neue Kenntnisse und Anregungen und bewerteten die Veranstaltung mit hervorragenden Noten.

OSADL: Workshop Embedded Linux am IMMS

Gemeinsam mit der Open Source Automation Development Lab e.G. (OSADL) richtete das IMMS einen Workshop der Reihe "Embedded Linux" aus. Mit dem Thema "Chancen, praktische Lösungsansätze und rechtliche Aspekte von Open Source", das vom 24. und 25. April 2012 mit internationaler Beteiligung bearbeitet wurde, erfuhr die Reihe eine erfolgreiche Fortsetzung. In fachlich fundierten Vorträgen über Chancen, praktische Lösungsansätze und rechtliche Aspekte von Open Source und in einem praktischen Teil erhielten die Teilnehmer Einblicke in die Program-

mierung mit echtzeitfähigem Embedded Linux auf einem eigebetteten System. Dies bildete die Basis, um selbst erste echtzeitfähige Applikationen für ein industrielles eingebettetes System zu erstellen. Besonders die praktischen Beispiele und Übungen, aber auch die Vorträge wurden von den Teilnehmern außerordentlich positiv aufgenommen. Der nächste Termin ist im Juni 2013.

DGQ: Regionaltreffen zum Qualitätsmanagement am IMMS

IMMS und TETRA zeigten bei einem Regionalkreistreffen der Deutschen Gesellschaft für Qualität (DGQ) im Juli am IMMS das Potenzial von Sensorik im Qualitätsmanagement kleiner und mittlerer High-Tech-Unternehmen auf. Dabei wurde ein konkretes optisches Qualitätssicherungsverfahren für membranbasierte Mikro-Elektro-Mechanische Systeme (MEMS) durch das IMMS vorgestellt, das Ausschussraten von MEMS-Baugruppen oder fertigen Produkten minimieren hilft. MEMS sind meist nur wenige Mikrometer große Strukturen, die aus Sensoren und einer Steuerungselektronik auf einem Chip bestehen und beispielsweise Temperatur, Druck oder Beschleunigung erfassen. Das unter Mitwirkung des IMMS entwickelte Verfahren prüft die kleinen, für ein mechanisches Antasten zu empfindlichen MEMS-Strukturen indirekt über vibrometrische Messungen von Eigenfrequenzen und bestimmt fertigungsrelevante Geometrie- und Materialparameter. Bei anschließenden Führungen durch die IMMS-Labors und bei TETRA wurde mit den DGQ-Vertretern das optimale QM-System der Zukunft im Grenzbereich zwischen Forschung und Industrie dis-

Silicon Saxony: Arbeitskreis "Cyber-physikalische Systeme" unter Leitung des IMMS

Das Branchennetzwerk der Hightech-Industrie, Silicon Saxony e. V., hat im Dezember 2012 den neuen Arbeitskreis "Cyber-physikalische Systeme" (CPS) gegründet. Unter der Leitung von Uwe Gäbler, Infineon Technologies Dresden, und Dr. Wolfgang Sinn, Leiter für Strategisches Marketing am IMMS, entsteht ein Kompetenzzentrum für diese neue Technologie, die zukünftig den Markt bestimmen und Akteure aus Forschung und Wissenschaft regelmäßig zusammenbringen wird. CPS sind ein erster Schritt auf dem Weg zum "Internet der Dinge und Dienste", das Dienstleistungen der realen Welt in das Internet der Zukunft einbinden wird. Darin wird alles mit allem kommunizieren. In enger Kooperation mit mittelständischen Unternehmen kann es gelingen, die Grundlage für die "Industrie 4.0" zu legen - und so Mitteldeutschland zu einem führenden Zentrum für CPS zu entwickeln. Zu den Mitgliedern gehören u.a. die TU Dresden, Infineon Technologies Dresden, T-Systems, das IMMS, ZMDI, Fraunhofer IPMS und IVI.

Institutsleben

Das Institut beteiligte sich am 6. Juni 2012 zum dritten Mal am **Thüringer Unternehmenslauf** durch die Erfurter Altstadt. Die IMMS-Herren erreichten Platz 167 von 254 gewerteten Männerteams und verteidigten im Vergleich zum Vorjahr trotz der größeren Konkurrenz ihre Position im Mittelfeld. In der Einzelwertung haben sich alle Läufer des Instituts verbessert und eine tolle Leistung mit Spaßfaktor abgeliefert.

Beim vierten vom Bundesverband mittelständischer Wirtschaft (BVMW) veranstalteten Rodel-Cup haben die IMMS-Damen ihre Ergebnisse der letzten Jahre übertroffen. Unter Anleitung der Rodelpaten und Olympiasieger Ute Oberhoffner und Jan Behrendt fuhr Bianca Leistritz in 6,814 Sekunden an die Spitze. Silvia Krug erreichte mit 6,860 Sekunden den 3. Platz in der Einzelwertung der Frauen.

In der Adventszeit lud das Institut die Kinder der Mitarbeiter zum gemeinsamen Weihnachtsbasteln mit ihren Eltern ein. Die kleinen Künstler im Alter von drei bis elf Jahren dekorierten mit eigenen Kreationen den Christbaum im Foyer des IMMS. Die entstandenen Malereien und Zeichnungen waren so gelungen, dass das Institut die Motive als Weihnachtsgrüße an Forschungspartner und Kunden verschickte.







Weihnachtsbasteln Foto: IMMS

Bild links oben: IMMS-Team beim Unternehmenslauf in Erfurt. Foto: F. Nowak.

Bild links unten: Rodelcup-Siegerinnen Bianca Leistritz und Silvia Krug. Foto: IMMS.



Messen, Konferenzen und Workshops



Das IMMS präsentierte auf der embedded world 2012 Exponate, die energieeffiziente Hardware-Lösungen mit Open-Source-Software kombinieren. Foto: IMMS.

Messen

embedded world 2012

Messe für Hersteller und Entwickler von Hard- und Software, Tools und Dienstleistungen im embedded-Bereich und Informationsüberblick über neueste Embedded-Technologien, Nürnberg, 28.02. – 01.03.2012

Sensor + Test 2012

Messe für technische Lösungen vom Sensor bis zur Auswertung für Mess-, Prüf- und Überwachungsaufgaben, Nürnberg, 22. – 24.05.2012



Das Institut demonstrierte auf der Sensor+Test 2012 unter anderem ein intelligentes Hochtemperatur-Sensorsystem, das die Energieeffizienz von Verbrennungsmotoren und Gaskraftwerken verbessert, vgl. S. 30ff. Foto: IMMS.

Konferenzen und Workshops mit Vorträgen und Beiträgen des IMMS

embedded world conference 2012

Nürnberg, 28.02. - 01.03.2012

MBMV 2012

15. Workshop Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen, Kaiserslautern, 05. – 07. März 2012

GeMIC 2012

7th German Microwave Conference, Ilmenau, 12. – 14.03.2012

Thüringer Werkstofftag 2012

Weimar, 14.03.2012

9th IEEE SSD 2012

International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices, Chemnitz, 20. – 23.03.2012

Workshop "Cyber Physical Systems"

des Silicon Saxony e. V., Fachbereich Applikationen, Dresden, 29. – 30.03.2012

ICMCTF 2012

International Conference on Metallurgical Coating and Thin Films, San Diego, USA, 23. - 27.04.2012

DASS 2012

Dresdner Arbeitstagung Schaltungs- und Systementwurf, Dresden 03. – 04.05.2012

EDA Workshop 2012

Design Technology Conference, Hannover, 08. – 09.05.2012

CDNLive! EMEA 2012

Cadence User Conference, München 14. – 16.05.2012

Actuator 2012

International Conference on New Actuators, Bremen, 18. – 20.06.2012

12th EUSPEN International Conference

Stockholm, Schweden, 04. - 06.06.2012

erwicon

Erfurter Wirtschaftskongress, Erfurt, 07. – 08.06.2012

elmug4future 2012

Technologiekonferenz, Suhl-Ringberg, 26. – 27.06.2012

7. Silicon Saxony Day

"Vernetzt in die Zukunft", Dresden, 27.06.2012

57. IWK Ilmenau

Internationales Wissenschaftliches Kolloquium der TU Ilmenau "Future Energy – Energy for our future", Ilmenau, 04. – 05. 09.2012

SMACD 2012

International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design, Sevilla, Spanien, 19. – 21.09.2012

IBA Heiligenstadt 2012

16. Heiligenstädter Kolloquium "Technische Systeme für die Lebenswissenschaften", Heiligenstadt, 24. – 26.09.2012

Leibniz-Konferenz

14th Leibniz Conference of advanced science "Sensorsysteme 2012", Lichtenwalde, 18. – 19.10.2012

ASPE 2012

27th Annual Meeting of the American Society for Precision Engineering, San Diego, USA, 21. – 26.10.2012

22. IWK Mittweida

1. Mittweidaer Workshop "Drahtlose Sensor-Aktor-Netzwerke", Mittweida, 24. – 25.10.2012

6. Tagung "Feinwerktechnische Konstruktion"

Dresden, 08.11.2012

IEEE ICWITS 2012

International Conference on Wireless Information Technology and Systems, Honolulu, Hawaii, 11. – 16.11.2012

Workshop "Photonik/Optoelektronik/ Licht-Anwendungen"

des Silicon Saxony e.V., FB Applikationen, und des Cooptics/OptoNet e.V., Jena, 26.11.2012

6. Dresdner RFID-Symposium

des Silicon Saxony e.V., Dresden, o6. – 07.12.2012



IMMS-MITARBEITER

präsentieren ihre Arbeiten











Wozu ein spezielles Hochtemperatur-Sensorsystem?

Um den thermodynamischen Wirkungsgrad von Gaskraftwerken oder Verbrennungsmotoren zu steigern, wird die bis zu 1200°C heiße Prozesstemperatur bis nahe an die thermische Belastungsgrenze der verarbeiteten Materialien erhöht. Es sind hochpräzise Temperaturmessungen an zahlreichen Stellen notwendig, um diese Grenze nicht zu überschreiten. Bislang waren hierzu Sensoren mit langen und aufwändig abgeschirmten Kabeln zur Auswerteelektronik notwendig. Diese Einheit zur Datenverarbeitung musste in einer Entfernung untergebracht werden, in der es maximal 100°C heiß werden durfte.

Die Leitungen der Sensoren hatten daher ein hohes Gewicht und eine schlechte Ressourceneffizienz. Zudem war es Stand der Technik, für die Auswerteelektronik Leiterkarten mit mehreren diskreten Bauelementen einzusetzen. Ziel war es, die Datenverarbeitung zu verkleinern und ohne Kabel direkt in die Sensorbaugruppe zu integrieren. Hierfür ist eine Auswerteelektronik notwendig, die bei Temperaturen bis zu 150°C präzise arbeiten kann. Daher hat das IMMS im Thüringer Forschungsprojekt "Thermulab" (Thermodynamische Multisensorik zur Überwachung von Hochtemperaturprozessen, insbesondere in Abgaskanälen) einen applikationsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC) für ein kompaktes, intelligentes Hochtemperatur-Sensorsystem entwickelt. Er ersetzt mehrere diskrete Bauteile durch eine inVom IMMS im Projekt "Thermulab" entwickelter Mikrochip mit einer Betriebstemperatur von bis zu 150°C. Foto: IMMS.

tegrierte Schaltung mit einer besseren Performance, macht genauere Messungen möglich und ist weniger störanfällig. Ein digitaler Datenbus macht die Vernetzung einfacher und durch weniger Leitungen leichter und kostengünstiger. Die Daten der Sensoren können dezentral ausgewertet werden und die Energieeffizienz wird deutlich verbessert. Sensorfusion und Datenkompression erlauben eine wesentlich geringere Datenrate, wodurch weniger Energie gebraucht wird.

Was macht den Mikrochip besonders?

Durch die Vielzahl und die hohe Komplexität der benötigten Elemente des integrierten Mikrochips, dessen hochpräzise Analogkomponenten, dessen großen Digitalteil mit Mikrocontroller und den erforderlichen Speicherblöcken sowie durch dessen hohe Betriebstemperatur bis zu 150°C war es notwendig, dass das IMMS neue Wege im Design und bei der Charakterisierung durch die Messtechnik beschritten hat. Für einen solchen stark erweiterten Temperaturbereich stehen keine kommerziell verfügbaren Lösungen zur Verfügung. Standard sind bislang Schaltkreise, die bis 125°C funktionieren. Der bei 150°C arbeitende Mikrochip des IMMS unterstützt in Verbindung mit einem Thermoelement Temperaturmessungen im Bereich von -40°C bis 1200°C mit einer Genauigkeit von 1°C.

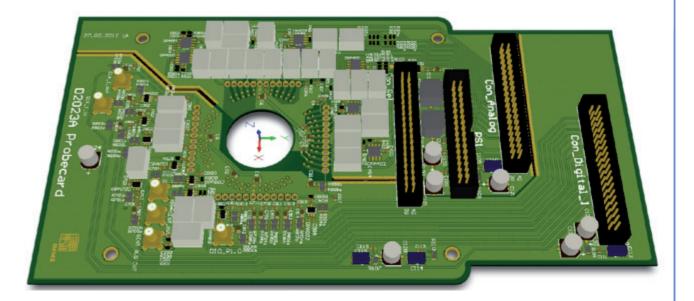


Bild 1: Layout der Probecard als 3D-Bild. Grafik: IMMS, Industrielle Elektronik und Messtechnik.

Thermoelemente haben allerdings den Nachteil, dass die ausgegebene Spannung sehr klein ist und sich im Bereich von 50 μV/K bewegt. Um aus dieser Spannung einen Temperaturwert zu berechnen, wird zudem eine Referenztemperatur benötigt. Für diese spezifischen Anforderungen hat das IMMS eine Elektronik entwickelt, die sehr kleine Spannungsdifferenzen nahezu potenzialfrei auswerten und die Temperatur am Referenzpunkt präzise ermitteln kann. Ergebnis ist ein ASIC, der diese Temperatursignale rauscharm verstärkt und sie dann mit einem geeigneten Analog-Digital-Wandler in digitale Informationen umwandelt. Der Digitalteil des Chips bewertet die Sensordaten, korrigiert sie und gibt sie als seriellen Datenstrom aus. Das erfolgt über zwei pulsweitenmodulierte Ausgänge (PWM) oder einen Single Edge Nibble Transmission Bus (SENT-Ausgang) mit Treiberstufe. SENT ist eine im Automobilbau verwendete Schnittstelle, die Daten zwischen Sensor und Steuergerät sicher überträgt.

Warum war der Testaufbau so komplex?

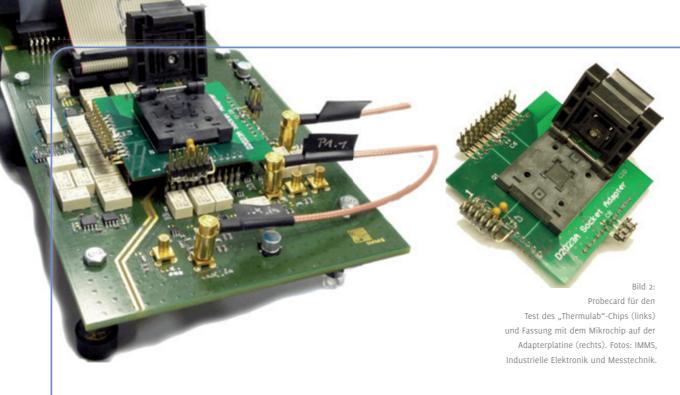
Die komplexen Anforderungen des Mikrochips mit hohem Temperaturbereich, großen digitalen Blöcken und hochpräzisen analogen Komponenten machten einen aufwendigen Testaufbau notwendig – den bislang umfangreichsten und komplexesten am Institut. So hat das IMMS hat den Mikrochip bereits auf dem Halbleiterwafer verifiziert und charakterisiert. Die dafür erforderliche Probecard kontaktiert mit einer Nadelspinne die Bondinseln auf den Chips und trägt die Testbeschaltung. Dafür haben die Forscher den Schalt-

plan erstellt, die Schaltung simuliert, das Layout entworfen und die Leiterplatte aus vier Lagen aufgebaut, die unter anderem 30 Relais für die Umsetzung der Testspezifikation und die Anschlüsse zum Testsystem enthält (Bild 1). Die bestückte Probecard wurde auf ihre Funktionalität hin untersucht und getestet (Bild 2). Damit nach dem Test am Wafer mit dem gleichen Aufbau auch Bauelemente geprüft werden können, wurde die Probecard mit einer Einsteckvorrichtung für die Chipfassungen versehen.

Die Tests am Mikrochip wurden auf dem für den Halbleitertest eingesetzten modularen System IMMS MTS-1 vorgenommen (Bild 3). Dieses am Institut entwickelte Testsystem besteht aus Chassis, Controller und Testerinstrumenten nach dem PXI-Standard. Für den ..Thermulab"-Test waren sieben verschiedene PXI-Testerinstrumente erforderlich. Darunter sind ein hochauflösendes Digitalmultimeter für genaue Strom- und Spannungsmessungen, ein Digitalgenerator/-anlysator, um digitale Signale zu erzeugen und zu messen, sowie ein Digitizer zur Erfassung schneller Signale. Um die analogen und digitalen Gleichspannungen zu generieren und zu bestimmen, wurden zwei eigens hierfür im IMMS entwickelte Parametrische Messeinheit (PMUs) eingesetzt. Die PXI-Karten wurden mittels anwendungsspezifischer Terminal-Module verschaltet, die die Ressourcen der PXI-Testerinstrumente auf die Anschlüsse des Prüflings auf der Probecard routen. Am Portmodul erfolgt der Anschluss der Probecard.

Damit in Bruchteilen von Sekunden alle wichtigen Parameter, wie der Stromverbrauch des Schaltkreises und die im Chip erzeugten Ströme, sehr genau getestet werden können, wurden für den Wafer-Test die umfangreichen Messabläufe mit der grafischen





Programmierumgebung LabVIEW® erstellt. Temperaturen wurden an der Referenzstelle und am Thermoelement gemessen. Die im Mikrochip integrierte und eigens hierfür vom IMMS entwickelte Referenzspannungsquelle liefert eine stabile Spannung im Temperaturbereich von -40°C bis 150°C. Weiterhin wurden die automatische Fehlererkennung, der Speicher und die Funktionalität des Mikrocontrollers getestet.

Um den Schaltkreis zu charakterisieren, hat das Institut die integrierten Schaltungen sehr ausführlich untersucht, dabei die Referenzspannungsquelle kalibriert und verschiedene Einstellungen vorgenommen. Zur Kontrolle hat das IMMS den Schaltkreis in 10°C-Schritten von -40°C bis auf 150°C erwärmt und alle Parameter in Bezug auf die Referenzspannungsquelle gemessen. Auf Basis dieser Ergebnisse können die integrierten Schaltkreise bereits auf dem Waferprober kalibriert werden.

Abschließend hat das Institut die für den späteren Einsatz benötigte Applikationssoftware angepasst. So wird durch Offsetkompensation und Mittelwertbildung die Genauigkeit der integrierten Schaltung erhöht. Die interne Fehlererkennung des ASICs signalisiert Fehler in der Anwendung, wie Kabelbruch oder fehlenden Sensor.

Wie geht es weiter?

Optimierungen bezüglich der verwendeten Fläche des Mikrochips lassen sich dadurch erreichen, dass zahlreiche Testpins eingespart und der Speicherumfang auf die Hälfte reduziert wird. Zudem können künftig weitere externe Bauelemente in den Sensor-IC integriert werden. Das momentan in der Prozessierung befindliche Redesign des "Thermulab"-Chips wird die bisher erreichte Genauigkeit verbessern.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Mario Hahn, mario.hahn@imms.de Dipl.-Ing. Marco Reinhard, marco.reinhard@imms.de

Literatur:

Zu diesem Thema hat das IMMS 2012 einen Beitrag veröffentlicht, vgl. Nr. 30 der Publikationsliste, S. 49ff.

Bild 3: Testsetup mit dem System IMMS MTS-1 und den Verbindungsleitungen zur Probecard. Foto: IMMS. Industrielle Elektronik und Messtechnik.





Der Einsatz von unbemannten Fluggeräten, wie Quadrocopter, nimmt immer stärker zu. Katastrophenrettung oder autonomer Transport von eiligen Gütern, wie beispielsweise Spenderorgane, sind seit langem diskutierte Anwendungsfelder dieser neuen Technologie. Obwohl die Entwicklung in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht hat, werden solche unbemannten Fluggeräte bisher für sicherheitskritische Szenarien nicht verwendet, denn für eine autonome Fortbewegung ist eine absolut genaue Navigation unabdingbar. Die hohen Anforderungen, insbesondere in Bezug auf die Störsicherheit, lassen sich mit handelsüblichen Satellitennavigationsempfängern nicht erfüllen. Mit diesen kann es zu Ortungsfehlern oder gar -abbrüchen durch nichtideale Empfangsbedingungen kommen. Diese treten vor allem in urbanen und stark bebauten Umgebungen mit vielen hohen Gebäuden und anderen Objekten auf, welche die von den GPS- und Galileo-Satelliten ausgesandten Signale reflektieren. Überlagern sich viele dieser Reflexionen am Empfänger, kann es zu Fehlern bei der Auswertung kommen. Zudem haben Satellitensignale eine geringe Leistung und können daher leicht von anderen Funkdiensten überlagert werden. Neben der bewussten Beeinträchtigung durch Störsender können

Projektmitarbeiter des Fachgebiets Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik der Technischen Universität Ilmenau und des IMMS bereiten Messungen der Störunterdrückung im Antennenmesslabor des Instituts für Informationstechnik der Technischen Universität Ilmenau vor. Foto: IMMS.

koexistente Kommunikations- und Navigationssysteme den Empfang beeinflussen. Ein Beispiel lässt sich in der Luft- und Raumfahrt finden. Die starken Aussendungen von klassischen Assistenzsystemen für den Landeanflug von Flughäfen interferieren mit den Signalen satellitengestützter Navigationssysteme. Dieser Umstand verhindert bisher den Einsatz von satellitengestützten Navigationssystemen zur autonomen Landung an Flughäfen.

Um Störsignale und Mehrwegeempfang effektiv zu unterdrücken, hat sich besonders der gemeinsame Einsatz von mehreren Antennen (Gruppenantennen) in Verbindung mit angepasster Elektronik und Algorithmen zur adaptiven Strahlformung und -steuerung als geeignet erwiesen. Ähnlich wie unsere Ohren können Gruppenantennen mit einer nachfolgenden Signalauswertung Störsignale und deren Herkunftsrichtung ausmachen und ausblenden. Der Abstand zwischen den Einzelantennen entspricht üblicherweise etwa der halben Wellenlänge der Empfangssignale. Eine derartige Gruppenantenne ist daher naturgemäß



deutlich größer als eine Navigationsantenne, die lediglich aus einem Einzelelement besteht. So hat z. B. ein quadratisches Array mit vier Einzelstrahlern bereits eine Kantenlänge von etwa 30 cm. Bisher verhindern Größe und Gewicht der Empfangseinheit oft den Einsatz von Gruppenantennen auf mobilen Plattformen.

Im Projekt "Kompakte adaptive Terminalantenne zur störungsfreien Satellitennavigation" (KOMPASSION) erforscht das IMMS gemeinsam mit dem Institut für Kommunikation und Navigation des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt als Koordinator, dem Fachgebiet Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik der Technischen Universität Ilmenau und dem Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Daten-

> verarbeitungssysteme der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen neue Kon

zepte, Technologien und Algorithmen zur Herstellung kompakter Gruppenantennen. Für solche kleinen Antennen müssen die Abstände der Einzelelemente verringert werden. Sind diese weniger als eine halbe Wellenlänge voneinander entfernt, so steigt die Verkopplung der einzelnen Antennen stark an, die Gruppenantenne verliert zunehmend ihre Richtungsempfindlichkeit und damit ihren Zweck. Spezielle, im Projekt entwickelte Entkoppel- und Anpassnetzwerke und eine angepasste algorithmische Signalverarbeitung kompensieren die negativen Effekte der Verkopplung. Projektergebnis soll eine Empfangseinheit für Navigationssignale sein, die nur halb so groß ist wie eine konventionelle Gruppenantenne mit gleicher Anzahl an Einzelelementen und die die Anwendbarkeit der entwickelten Verfahren demonstriert.

Das IMMS bringt seine Kompetenzen zur mikroelektronischen Integration von Analog- und Hochfrequenzschaltungen in das Projekt ein. Der Forschungsschwerpunkt liegt auf der Entwicklung von Empfänger-Frontend-Schaltungen. Diese sind nötig, um die schwachen und hochfrequenten Satellitensignale so aufzubereiten, dass sie digital weiterverarbeitet werden können. Die Signale müssen dafür verstärkt und in ihrer Frequenzlage umgesetzt werden. Neben einer besonders rauscharmen. aber Störpegel-robusten Signalverarbeitung liegt die Herausforderung in der Integration von mehreren kohärent-arbeitenden Empfangskanälen auf einem gemeinsamen Siliziumchip. Das Frontend bildet damit das Bindeglied zwischen der Gruppenantenne und der digitalen Auswerteelektronik, auf der die Algorithmen zur Störunterdrückung implementiert sind. Eine kommerzielle Lösung, die die Anfor-

> Ortungsfehler handelsübliche werden oft durch die Überlagerung mit nderen Funkdiensten und durch hohe Gebäu de verursacht, die die Satellitensignale reflektieren. Adaptive Gruppenantennen lösen diese Probleme, Sie werden im Projekt "KOMPASSION" für kleine Mobilgeräte kompakter gemacht und damit sicherheitskritische Szenarien mit autonomen Fluggeräten ermöglichen. Grafik: IMMS

derungen bezüglich Kompaktheit und Anpassung auf das Gesamtsystem erfüllt, ist derzeit nicht verfügbar. In mehreren Entwicklungsschritten sollen daher für den Demonstrator ein Frontend-Chip sowie die dazugehörige Peripherie entwickelt werden.

In Abbildung 2 ist das Blockschaltbild des Empfänger-ICs dargestellt. Dessen Architektur hat das IMMS mit den Projektpartnern diskutiert, Bedingungen festgelegt und das Schaltungskonzept auf dieser Basis entwickelt. Im Gegensatz zu kommerziell verfügbaren Chips werden hier vier entkoppelte Empfangspfade auf einem gemeinsamen IC verwendet. Besonders viel Wert wurde auf die anspruchsvollen Eigenschaften bezüglich Störfestigkeit und Rauschen gelegt. Um die Kohärenz zwischen den vier Pfaden zu sichern, werden diese mit einem gemeinsamen, ebenfalls auf dem Chip befindlichen Frequenz-Synthesizer betrieben. Die kritischen Komponenten sind über eine digitale Schnittstelle kalibrierbar, um die technologiebedingten Fertigungstoleranzen auszugleichen.

Das IMMS hat bisher zwei Testchips entworfen und vermessen. Der größte Teil der Tests erfolgte im eigenen Haus. Insbesondere die Rauschmessungen am ungehäusten Chip waren für den weiteren Fortschritt des Projektes von großem Interesse. Wir konnten hier auf die langjährige Erfahrung mit Charakterisierungsmethoden von Hochfrequenz-Schaltungen und die Technik im Institut zurückgreifen.

Das Fachgebiet für Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik verfügt über besondere Kompetenzen und Ausstattung zur anwendungsnahen Charakterisierung von Antennensystemen. Im Rahmen der intensiven

Zusammenarbeit mit dem oben genannten Fachgebiet um Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Matthias Hein wird das Empfangssystem in dessen Antennenmesslabor mit echten Satellitenund Störsignalen unter realistischen Bedingungen getestet. Weiterhin betreibt dieses Fachgebiet einen Rauschmessplatz der neuesten Generation, mit dem die

Rauschparameter der Gesamtplatinen bestimmt werden, auf denen die entwickelten Frontend-Chips aufgebaut sind. Die bisher durchgeführten Untersuchungen bestätigen die theoretischen Ansätze. Die Ergebnisse wurden gemeinsam mit den Projektpartnern veröffentlicht.¹

Das vom IMMS entwickelte Frontend erreicht die geforderten Werte, insbesondere können die hohen Anforderungen bezüglich Rauschen und Störfestigkeit erfüllt werden. Bis Mitte des Jahres 2013 werden weitere Verfeinerungen der Systemdefinition im Frontend implementiert. Dieses soll als Bestandteil des Demonstrator-Systems getestet werden. Das System wird mit einer 2 x 2 Gruppenantenne umgesetzt und auf die Hälfte der konventionellen Antennengröße verkleinert. Zum Abschluss des Projektes ist ein finaler Test im Galileo Test Environment (GATE) in Berchtesgaden geplant.

Das Projekt wird gefördert von der Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit den Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 50 NA 1009.

Kontakt:

Eric Schäfer, M.Sc., eric.schaefer@imms.de

Literatur-

1 Zu diesem Thema hat das IMMS 2012 mehrere Beiträge veröffentlicht, vgl. Nr. 4, 17, 24 und 55 der Publikationsliste, S. 49 ff.

Bild 2: Blockschaltbild des Empfänger-ICs. Grafik: IMMS. IFA **IFF** DIV PFD 150:1 CÞ



Sicherheitskontrollen an Flughäfen oder bei Großveranstaltungen sind mit viel Wartezeit und großem Aufwand verbunden. Mit einer so genannten Terahertz(THz)-Kamera könnten Personen in Zukunft quasi im Vorbeigehen auf versteckte Gegenstände mit Gefährdungspotenzial, wie Waffen oder Sprengstoffe, untersucht werden. Die Eigenabstrahlung von elektromagnetischen Wellen im THz-Bereich zu erfassen, ist gesundheitlich völlig unbedenklich. Mit der

Montage des Scanner-Spiegels in das Gesamtsystem beim Projektpartner IPHT in Jena. Foto: IMMS.

Technologie¹ ist eine echtzeitfähige Untersuchung aus Distanzen von mehreren Metern möglich.

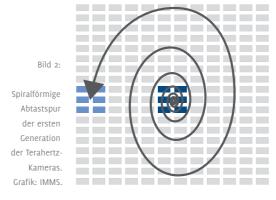
Konzeptionell basiert die neuartige Kameratechnik auf einer Kombination relativ kleiner Sensormatrizen mit einer Abtastvorrichtung im Objektiv, um ein ausrei-

Die Testobjekte Al-Attrappe Pistole, 65g Weinsäure und Keramikmesser im Original und die entsprechende Bildausgabe des Terahertz-Scanners der ersten Generation. Fotos: ipht Iena









chendes Objektfeld abzubilden. Für die erste Generation der Kameratechnologie wurde dazu ein taumelnder Spiegel mit spiralförmiger Abtastspur eingesetzt (Bild 2). Diese Bewegungsform vermeidet häufige Beschleunigungen des relativ trägen Abtastspiegels. Sie ist dadurch einfach zu kontrollieren, aber wegen der auftretenden Rotationskräfte auf relativ niedrige Bildfolgefrequenzen von 10 Hz beschränkt. Zudem werden generell durch die spiralförmigen Scans viele Informationen zu unwichtigen und relativ wenige zu den wichtigen Bildbereichen bereitgestellt.

Das IMMS lieferte mit seinen Arbeiten für den Spiegelantrieb einen entscheidenden Baustein für Kameras der nächsten Generation. Diese ermöglichen eine lineare und damit zielgerichtete Abtastung des Objektfeldes und deutlich höhere Bildfolgen von 25 Hz (Bild 3). Es kommen vom Projektpartner Supracon AG Jena weiterentwickelte Empfängermodule zum Einsatz, die in einer Zeile angeordnet werden können. Die Anforderungen an die Dynamik der Scan-Vorrichtung verschieben sich damit deutlich im Vergleich zur ersten Generation.

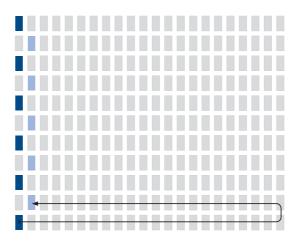


Bild 3: Lineare und damit zielgerichtete Abtastung des Objektfeldes mit der zweiten Generation der Terahertz-Kameras. Grafik: IMMS

Zentraler Bestandteil dieser THz-Kamera ist ein Spiegelobjektiv mit einem relativ großen Durchmesser von etwa 40 cm, welcher durch die Größe der Sensorzeile erforderlich wurde. Beim Vorgängermodell betrug dieser nur etwa 15 cm. Der Spiegel des neuen Objektivs wird mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegt, um das Objektfeld auf eine Empfängersensorzeile abzubilden. Vorgabe hierfür war, dass der Spiegel mit einem Auslenkwinkel von ±5° pendelt. Diese Bewegung soll mit möglichst konstanter Geschwindigkeit und minimaler Totzeit an den Umkehrpunkten ausgeführt werden. Für die Bildfolge der Kamera von 25 Hz beträgt die erforderliche Abtastfrequenz der Vorrichtung 12,5 Hz, da in jedem Pendelzyklus zwei Bilder aufgenommen werden, eins auf dem Hin- und eins auf dem Rückweg (Bild 4).

Der Spiegel stellt hohe Anforderungen an die einzusetzende Aktorik durch seine Größe und Masse und damit sein großes Rotationsträgheitsmoment. Er erfordert im Umkehrschluss eine sehr hohe Materialsteifigkeit, um Deformationen durch die eingeleiteten Kräfte zu vermeiden. Eine so große Optik mit der benötigten hohen Dynamik von 25 Hz präzise zu bewegen, war bislang mit keiner bekannten Bewegungsmaschine möglich und erforderte daher eine neuartige und eigenständige Lösung.

Das IMMS setzte hierfür sein Know-how auf dem Gebiet der elektrodynamischen Direktantriebe ein und entwickelte einen neuen Aktor sowie dessen Regelung. Mit elektrodynamischen Direktantrieben sind mechanische Bewegungsabläufe möglich, die mit herkömmlichen Motor-Getriebe-Kombinationen nicht realisiert werden können. Das im Projekt "TESCA" vom IMMS entwickelte Antriebssystem bewegt den Spiegel auf einer speziellen Bahn (Bild 4) mit einer Frequenz von 12,5 Hz. Der Aktor besteht aus einem Magnetkreis mit Permanentmagneten und aus einer bewegten Kastenspule. Anhand der zu bewegenden Masse und der Trägheitsmomente wurden die erforderlichen Kräfte und Momente bestimmt und darauf aufbauend der Magnetaktor ausgelegt. Den Schwerpunkt bildete hierbei die Energieoptimierung des Systems, um im Regelbetrieb ohne zusätzliche Kühleinrichtungen arbeiten zu können. Auf der Grundlage der erarbeiteten magnetischen und mechanischen Parameter erfolgte ein modellbasierter Entwurf der Regelungsstruktur sowie eine schrittweise simulative Optimierung des Systemverhaltens.

Im Falle des hier erforderlichen Bewegungsprofils werden für die Beschleunigung erhebliche Energien



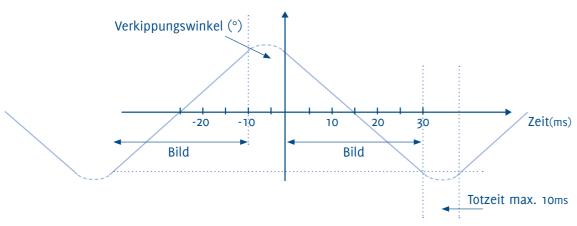


Bild 4: Pendelzyklus des neuen Spiegelantriebs. Grafik: IMMS.

benötigt, die wiederum als Abwärme im System störend auftreten. Zur Lösung dieses Problems hat das IMMS Permanentmagneten als Energiespeicher eingesetzt. Sie nehmen in den Endlagen der Spiegelbewegung die kinetische Energie in sehr kurzer Zeit auf und stellen diese sofort für die Beschleunigung zur Verfügung. Diese Magnetfedern bestehen aus sich repulsiv gegenüberstehenden Permanentmagnetanordnungen. Daraus ergibt sich in den Endlagen der Bewegung ein steiler Anstieg der Kraftwirkung, während ein Einfluss der Magnetfedern im Bereich außerhalb der Umkehrzonen bei Bewegung mit konstanter Winkelgeschwindigkeit nicht spürbar ist. Es wurden mehrere Ausführungsvarianten berechnet, um optimierte Bewegungen mit der gewünschten Präzision bei minimalen Energieverlusten zu erreichen.

Um die zu bewegende Masse gering zu halten, ist die Spiegelkonstruktion in einer faserverstärkten Stützstruktur ausgeführt. Der verwendete Werkstoff verhält sich in verschiedenen Richtungen physikalisch sehr unterschiedlich. Diese Eigenschaft wird gezielt eingesetzt, um mit möglichst minimalem Materialeinsatz eine hohe Formsteifigkeit des Spiegels zu garantieren. Die Entwicklung, Konstruktion und Herstellung des Spiegels wurde am Institut für Konstruktion und Verbundbauweisen in Chemnitz (KVB) durchgeführt.

Gemeinsam konnten die Projektpartner einen ersten Prototyp des Scanners an einem Funktionsmuster der THz-Kamera in Betrieb nehmen. Für die Integration des Scanners in die THz-Kamera ist die Supracon AG lena verantwortlich.

Wie das Fernsehen sich von der Nipkow-Scheibe über die Kathodenstrahlröhre zum hochauflösenden Flachbildschirm entwickelt hat, ist auch bei der THz-Bildgebung der nächste Entwicklungsschritt vollzogen. Damit rückt die Vision einer Sicherheitskontrolle der Zukunft in greifbare Nähe, die gesundheitlich völlig unbedenklich, schnell und mit möglichst geringem Eingriff in die Privatsphäre durchgeführt werden kann. Die Technik der THz-Bildgebung kann darüber hinaus auch in der luft- bzw. satellitengestützten Erdbeobachtung zur Erkundung natürlicher Ressourcen eingesetzt werden.

Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen KF2534505ABo.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Norbert Zeike norbert.zeike@imms.de

Literatur

1 E. Heinz, T. May, G. Zieger, D. Born, S. Anders, G. Thorwirth, V. Zakosarenko, M. Schubert, T. Krause, M. Starkloff, A. Krüger, M. Schulz, F. Bauer and H.-G. Meyer, "Passive Submillimeter-wave Stand-off Video Camera for Security Application", Journal of Infrared, Millimeter and terahertz Waves, vol. 31, no. 11, pp. 1355–1369, 2010.



Ein Drittel der CO₂-Emissionen und etwa 40% des Energieverbrauchs werden in der Europäischen Union durch Gebäude verursacht. Über 60% der dort eingesetzten Energie entfallen auf Heizung, Lüftung, Klimatechnik und Beleuchtung¹. Da dieser Haustechnik das höchste Einsparpotenzial in der Gesamtenergiebilanz eines Bauwerks innewohnt, liegen Immobilien im Fokus für Maßnahmen zur Energieeinsparung,² um die ambitionierten "20-20-20"-Klimaziele der EU-Mitgliedsstaaten zu erreichen³ – die Energieeffizienz zu steigern und die Treibhausgasemissionen zu senken.

Aus dieser Motivation heraus entstand 2011 das von der Europäischen Union geförderte dreijährige Projekt "S4ECoB" – Sounds for Energy Control of Buildings (FKZ: FP7-ICT2011-7, Projekt-ID 284628). Darin erforscht das IMMS zusammen mit sechs Partnern aus fünf europäischen Ländern, wie akustische Informationen genutzt werden können, um die Haustechnik großer öffentlicher Gebäude zu optimieren.

Um eine solche Gebäudesteuerung optimal zu betreiben, ist es wichtig zu wissen, wie viele Personen sich gerade in den einzelnen Bereichen eines Hauses aufhalten. Die Leistung der Heizung und der Klima-

Inbetriebnahme der eingebetteten Plattform zur Audiosignalverarbeitung. Foto: IMMS.

anlage hängt von der benötigten Frischluft ab, die bei steigender Belegungsrate verstärkt zugeführt werden muss oder bei wenigen anwesenden Personen entsprechend gedrosselt werden kann. Der Bedarf an künstlichem Licht richtet sich nach dem Aufenthaltsort der Personen im Gebäude. Werden die Belegungsraten verschiedener Bereiche in Echtzeit erfasst, können Klima- und Lichttechnik optimal genutzt werden.

Bislang werden Lampen und Klimaanlagen oft nur zeitabhängig gesteuert und somit vordefinierte Arbeitspunkte in bestimmten Zeitintervallen geschaltet. Es werden auch CO₂-Sensoren eingesetzt, um die Personenanzahl zu bestimmen. Diese sind jedoch für große Räume zu ungenau und zudem mit Nachteilen bei der Installation, Kalibrierung und Wartung verbunden.⁴ Videotechnik für die Bestimmung der Belegungsrate ist aufwendig und kostenintensiv. Die im Projekt verfolgte Idee, akustische Sensoren zu verwenden, kann dagegen eine kostengünstige und einfache Möglichkeit darstellen, die Belegungsrate in Echtzeit zu ermitteln und damit die vorhandene Gebäudesteuerung zu optimieren.



"S4ECoB"-System aus Mikrofonarray und eingebetteter energieeffizienter Hard- und Softwareplattform. Das System kann auf Basis akutstischer Daten die Anzahl von Personen in Gebäudebereichen erfassen und abhängig davon die Haustechnik regeln. Foto: IMMS.

In dem im Projekt entwickelten "S4ECoB"-System werden die Umgebungsgeräusche mit einem Netzwerk verteilter Mikrofone erfasst. Jeweils acht Mikrofone gemeinsam mit einer angeschlossenen Elektronik zur Digitalisierung und Kodierung der Signale bilden ein so genanntes Mikrofonarray. Bis zu drei dieser Mikrofonarrays können an eine eingebettete energieeffiziente Hard- und Softwareplattform, die Audio Processing Unit (APU), angeschlossen werden. Diese verarbeitet die Audiodatenströme, klassifiziert akustische Ereignisse und bestimmt so die Anzahl der Personen in den erfassten Bereichen. Mikrofonarrays und APU bilden den Sensor, mit dem die Belegungsrate bestimmt wird. Die in der APU berechneten Daten werden zu einer Zentraleinheit übertragen, dort weiterverarbeitet und damit die Gebäudesteuerung an die derzeitige Situation angepasst und somit energetisch optimiert.

Für die Vielzahl der Anforderungen dieses neuen und komplexen Systems hat das IMMS in diesem Projekt neue Lösungen erarbeitet. Das Institut hat die eingebettete Plattform entwickelt, welche die Audiosignale verarbeitet, und hierfür den Entwurf einer geeigneten Hardware sowie die Konzeption und Implementierung der Softwarekomponenten realisiert. Zudem hat das IMMS die Architektur der Kommunikationsstrukturen zwischen den Komponenten entworfen und deren Umsetzung vorgenommen. Die innovative Architektur und die neuen Wege für die Hard- und Software-Implementierung waren der Schlüssel zu einer sehr leistungsfähigen, flexiblen und kostengünstigen eingebetteten Signalverarbeitungsplattform mit sehr geringem Energiebedarf.

Das Hardwarekonzept der APU sieht zwei Hauptkomponenten vor. Ein FPGA, ein programmierbarer Hardwareschaltkreis, dekodiert die Audiodatenströme und verarbeitet sie vor. Der Prozessor berechnet sodann die Belegungsrate in Echtzeit. Das IMMS hat hierfür zunächst die Performanz verschiedener Audioalgorithmen auf mehreren eingebetteten Systemen untersucht und einen geeigneten Prozessor ausgewählt, den ARM-basierten OMAP4460, der aktuell auch in Smartphones und Tablets verwendet wird. Der FPGA ist über die externe Speicherschnittstelle mit dem Prozessor verbunden, wodurch sehr hohe Datenraten von bis zu 1,6 Gbit/s möglich werden.

Sowohl das als APU eingesetzte eingebettete System, als auch die darauf auszuführenden Aufgaben sind hochkomplex und erfordern daher den Einsatz eines entsprechend optimierbaren Betriebssystems. Das IMMS baut seit Jahren seine weitreichenden Kompetenzen für das freie und quelloffene Betriebssystem Linux aus. Diese Software verfügt über eine umfangreiche Hardware-Unterstützung für eingebettete Systeme und stellt mittels der RT-Preempt-Erweiterung deren Echtzeitfähigkeit sicher. Das ist die Voraussetzung für zukünftige Audioalgorithmen mit erhöhten Anforderungen. Die Forscher des Instituts haben daher den Linux-Betriebssystemkern angepasst und einen Kommunikationstreiber für den schnellen Datentransfer zum FPGA entwickelt.

Darauf aufbauend hat das IMMS zwei weitere Softwarekomponenten entwickelt. Die erste ist ein Programm, das die Audiodaten des Mikrofonarrays mit Hilfe des FPGAs einliest, verarbeitet und die Möglichkeit bietet, verschiedene Audioalgorithmen über ein Modulkonzept mit Plug-ins zur Laufzeit zu integrieren. Die zweite Komponente ist für die Kommunikation zwischen APU und dem zentralen Server verantwortlich. Diese erfolgt über eine TCP/IP-basierte Netzwerk-Infrastruktur. Um die Sicherheit der übertragenen Daten zu gewährleisten, werden sie entweder durch ein Transport Layer Security (TLS) Protokoll verschlüsselt oder über ein Virtuelles Privates Netzwerk (VPN) weitergegeben.

Das eigens vom IMMS entwickelte Programm "APU Gateway" bildet die Gegenstelle der Kommunikation auf dem zentralen Server. Zum einen verwaltet es die mit dem Server verbundenen APUs, indem es Verbindungen dynamisch auf- und abbaut, sie regelmäßig überprüft und Statusmeldungen auswertet. Zum anderen empfängt es die von den APUs übertragenen Daten und stellt sie für andere Komponenten auf dem Server bereit. Für die Audioalgorithmen ist es entscheidend, dass die internen Uhren aller im gleichen Netzwerk vorhanden APUs sowie des zentralen Servers möglichst gering voneinander abweichen. Um dies zu gewährleisten, hat das Institut das Precision Time Protocol IEEE 1588-2008 verwendet. Es erlaubt Zeitabweichungen von unter 300µs zwischen den Komponenten, was durch verschiedene Messungen bestätigt werden konnte.

Die Projektpartner haben bereits erste Hardwareprototypen gefertigt und in Betrieb genommen. Ein erstes Testnetzwerk wurde bereits aufgebaut, die entworfenen Komponenten wurden verifiziert und die Funktionsfähigkeit des Systems nachgewiesen. Ab April 2013 wird das System in den drei Demonstrationsobjekten, dem Flughafen Mailand Linate und den Einkaufszentren "Principe Pio" in Madrid sowie "Maremagnum" in Barcelona installiert und in Betrieb genommen. Ab Oktober 2013 bis zum Projektende im September 2014 werden mit dem entwickelten System die vorhandenen Gebäudesteuerungssysteme in ausgewählten Bereichen optimiert. Der Energieverbrauch wird in dieser Periode kontinuierlich aufgezeichnet, die Energieeinsparung ermittelt sowie die Funktionsfähigkeit des Systems nachgewiesen. Zukünftig kann mit den Ergebnissen aus dem Projekt ein kostenoptimierter Sensor auf Basis der akustischen Ereignisdetektion zur Serienreife gebracht, in öffentlichen Gebäuden installiert und somit ein Beitrag zur Erreichung der gestellten Klimaziele geleistet werden. Für die Zukunft ist auch die Implementierung von sicherheitsrelevanten Funktionen, wie z.B. die Erkennung von Glasbruch, in einem solchen Sensor denkbar.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Sebastian Uziel sebastian.uziel@imms.de

Literatur:

- 1 Bertoldi, P. and Atanasiu, B. Electricity Consumption and Efficiency Trends in the Enlarged European Union, European Commission, Institute for Environment and Sustainability, 2007.
- 2 Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 may 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), 2010.
- **3** Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the committee of the regions 20 20 by 2020, Europe's climate change opportunity, Brussels, Jan 23, 2008.
- **4** L. Damiano, Issues Concerning the Difficulties in Applying DCV with CO₂ Sensors, October 14, 2003.





SHS-Systemknoten. Foto: R. Peukert, IMMS.

Die Wohnungswirtschaft befindet sich bereits seit Jahren im Umbruch. Leerstand durch demografischen Wandel, neue gesetzliche Rahmenbedingungen und auch neue Technologien zwingen Vermieter und Liegenschaftsbetreiber zum Umdenken. Die individualisierbare, für jedes Lebensalter geeignete, energieverbrauchsarme und mit der Welt vernetzte Wohnung ist die Herausforderung für eine Branche mit einem Investitionshorizont von mehreren Jahrzehnten. Innovationen werden oft gehemmt, da die Investitionen meist dem Mieter und nicht dem Investor nützen. Somit sind für neue Konzepte vor allem Refinanzierbarkeit, Zukunftsfähigkeit, Technologie- und Anwendungsoffenheit die Grundforderungen der Wohnungswirtschaft.¹

Das IMMS bringt sich in das Netzwerk "Smart Home Services" (SHS) ein, das für dieses Problemfeld Lösungen erarbeitet. Es besteht aus Firmen, Forschungseinrichtungen und dem Verband der Thüringer Wohnungswirtschaft. Das gemeinsame und von der Thüringer Aufbaubank geförderte Projekt "SHS-Facility" (FKZ 2010 FE 9073) hatte das Ziel, eine SHS-Systemlösung und darauf basierende Services für Mieter und Liegenschaftsbetreiber zu entwickeln.

Denn existierende Home-Automation-Lösungen, Schließsysteme, Brandmelder und Haustechniküberwachungssysteme werden den Anforderungen der Wohnungswirtschaft nur unzureichend gerecht, da sie herstellerabhängig, in sich geschlossen und wirtschaftlich häufig nicht tragfähig sind. Stattdessen sollte im Projekt eine geeignete Lösung mit folgenden Eigenschaften realisiert werden:

- Gesamtsystem für alle wohnungswirtschaftlichen Anwendungen (Home Services und Facility Services), welches Synergien zwischen diesen gezielt ermöglicht
- offene und zukunftsfähige Systemarchitektur mit standardbasierter, gemeinsamer Kommunikationsinfrastruktur, um Investitionskosten zu senken
- vernetzte Auswertung der im System entstehenden Informationen, mit der gesetzliche und nutzerseitig gewünschte Datenschutzbestimmungen eingehalten werden.

Zentraler Baustein für Smart Home Services

Das IMMS hat ein wesentliches Element der SHS-Systemlösung entwickelt, das eine gemeinsame Kommunikationsinfrastruktur für alle beteiligten Sensoren, Aktoren und Verarbeitungseinheiten bereitstellt. Dreh- und Angelpunkt bei der Integration der unterschiedlichen Teilsysteme ist der SHS-Systemknoten, ein kompakter, kostengünstiger und energieeffizienter Mini-Computer zur Datenerfassung, -aufbereitung und -weiterleitung in Wohnungen und Gebäuden. Diese kleine Box fragt die Daten von Schaltern, Sensoren und Verbrauchszählern (Bild 3) ab und bereitet diese für die weitere Verarbeitung auf. Um den Status zu überwachen und Trends zu beobachten, werden die Daten gespeichert und ausgewertet. Indem Einzelinformationen verknüpft werden, lassen sich direkt auf dem Systemknoten vielfältige Anwendungen realisieren, wie z.B. intelligente Wassermelder. Im Zusammenspiel mit dem sog. SHS-Knoten, einem Server im Internet, sind auch wohnungs- und gebäudeübergreifende Anwendungen, wie energieoptimierte Heizungssysteme oder Gebäudezustandsüberwachung, möglich.

Das IMMS als Spezialist für Energieeffizienz, komplexe eingebettete Systeme und Open-Source-Lösungen war für die Entwicklung der Hardware- und Softwareplattform des SHS-Systemknotens verantwortlich. Hierfür gab es folgende erfolgskritische Anforderungen, die in ihrer Summe bislang noch nicht von einem Gesamtsystem erfüllt wurden:

- höchstmögliche Flexibilität bei Kommunikationsschnittstellen,
- Interoperabilität mit existierenden Hausautomations- und Metering-Systemen,
- niedriger Eigenenergieverbrauch und hohe Energieeffizienz der Hardware,
- · niedrige Kosten für Hard- und Software,
- geringer Einarbeitungs- und Implementierungsaufwand für Anwendungssoftware auf der eingebetteten Plattform.

Das IMMS hat eine modulare Hardware- und Software-Plattform entwickelt, die alle diese Eigenschaften aufweist. Extensionboards erlauben Schnittstellenerweiterungen. Die robuste Systemsoftware besitzt alle Grundfunktionen, um die Hardware zu betreiben und mit anderen Systemen zu vernetzen. Ein Softwareframework vereinfacht die Entwicklung von Anwendungen und ermöglicht die Integration in übergreifende Automationslösungen. Eine umfangreiche Dokumentation und zugehörige Entwicklungswerkzeuge vereinfachen Betrieb und Ausbau der Plattform.

Das Basisboard (Bild 2) ist mit einem 600 MHz TI AM3505 Mikrocontroller ausgestattet, welcher einen hocheffizienten ARM Cortex-A8 Prozessorkern enthält. Die bereits vorhandenen Standardschnittstellen RS232, USB und Ethernet lassen sich durch anwendungsspezifische Extensionboards in dem 10 cm x 16 cm großen Gehäuse ergänzen. Verfügbar sind bereits das Smart-Home-Extension Board (mit digitalen I/Os, RS484, KNX, USB) des Projektpartners Bischoff Elektronik und ein Wireless M-Bus-Extension Board.

Zugriff auf alle Informationen mit Smartphone, Tablet und PC

Für die Akzeptanz und den Erfolg derartiger Systeme ist die Nutzerfreundlichkeit entscheidend. Die Vielzahl der technischen Komponenten und Einstel-

Bild 2: Basisboard des SHS-Systemknotens



Bild 1: Wohnblock in Jena mit SHS-Demonstrationsumgebung.

Foto: IMMS. System Design.

lungsmöglichkeiten sowie die großen Datenmengen erfordern ein intuitives Bedien- und Darstellungskonzept. Daher hat das IMMS besonderen Wert darauf gelegt, die grafische Nutzerschnittstelle nahtlos in die vertraute Gerätewelt der Endanwender zu integrieren. So wird dem Mieter der Zugriff auf das SHS-System mittels seines eigenen Smartphones oder Tablets ermöglicht. Der Hausmeister hat unterwegs und vor Ort mit seinem Laptop Zugriff auf die Haustechnik. Vermieter und Liegenschaftsbetreiber können bequem aus ihren Geschäftsräumen mittels PC und Webbrowser mit dem SHS-System interagieren. Bedürfnisse unterschiedlicher Nutzergruppen hat das Institut durch speziell zugeschnittene Oberflächen und Aktionsmöglichkeiten berücksichtigt (Bild 4).

Open-Source Software für eine flexible und zukunftsfähige Serviceplattform

Das IMMS hat umfangreiche Software entwickelt, damit Entwickler das Potenzial des SHS-Systemknotens voll ausschöpfen können. Grundlage bildet ein eigens optimiertes Linux-Betriebssystem. Es ermöglicht im Zusammenspiel mit der Hardware einen extrem energieeffizienten Betrieb der Hardware – bei Bedarf sogar für echtzeitkritische Anwendungen. So beträgt der Energiebedarf des Basisboards nur ca. 1 Watt und selbst unter Volllast im Netzwerk nur ca. 1,7 Watt. Das wird bislang von keiner anderen bekannten Lösung mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit erreicht. Aus wirtschaftlicher Sicht sprechen vor allem die Lizenzkostenfreiheit und die hohe Investitionssicherheit für Linux, da kein Abkündigungsrisiko besteht.







Bild 3: Funkauslesbare Wärmemengen- und Wasserzähle sowie Smart-Metering-Gateway. Foto: IMMS.

Die eigentliche Serviceplattform ist als C++-basiertes Softwareframework ausgeführt. Es baut auf der Open-Source-Bibliothek Qt auf und nutzt für die Interprozesskommunikation das Open-Source-Softwaresystem D-Bus. Da konsequent Webtechnologien eingesetzt werden, ist die Nutzerschnittstelle des SHS-Systemknotens äußerst flexibel. So stehen Entwicklern neben einem eingebetteten Webserver auch Python, JavaScript und QtScript zur Verfügung.

Demonstrationsanwendung gemeinsam mit der Thüringer Wohnungswirtschaft

Gemeinsam mit den Thüringer Entwicklungspartnern des "SHS-Facility"-Projektes, Bischoff Elektronik und Kirchhoff Datensysteme, und Anwendern der Wohnungswirtschaft hat das IMMS die prototypische SHS-Systemlösung in Wohnungen bzw. Wohnblöcken in Jena (Bild 1) installiert und in Form einer Demonstrationsanwendung zur Nutzung übergeben. Hier können sowohl Mieter Home-Services testen, als auch Vermieter und Liegenschaftsbetreiber Facility-Services erproben. So lässt sich in der Wohnung die Schimmelgefahr für kritische Wandbereiche erfassen oder von unterwegs der Schließzustand von Türen und Fenstern abfragen. Der Liegenschaftsbetreiber hat Fernzugriff auf die zentrale Haustechnik und kann sich automatisch bei technischen Defekten informieren lassen. Aus den Daten zu Temperaturverteilung, Luftfeuchtigkeit und Energieverbrauch lassen sich kritische Stellen am Bauwerk ermitteln und der Energieverbrauch ganzer Gebäude optimieren. Nutzer können sowohl über das Internet als auch direkt in der Wohnung über PC, Tablet oder Smartphone Daten abfragen und das System bedienen.

Technische Basis für neue Anwendungen

Die Entwicklung verfügt über großes Anwendungspotenzial auch außerhalb des SHS-Systems. Die Leistungsfähigkeit und Flexibilität der Hardware- und Softwareplattform ermöglicht deren Einsatz z.B. im Bereich industrieller Regelsysteme oder für Umweltund Verkehrsmonitoringsysteme, für die das IMMS bereits mit Partnern aus Forschung und Industrie an neuen Lösungen arbeitet.

In diesem 2012 abgeschlossenen Projekt hat das IMMS sein Know-how beim Entwurf komplexer eingebetteter Systeme erfolgreich angewendet und weiter ausgebaut. Bei der Erforschung energieeffizienter Hardwareplattformen und flexibler Softwareframeworks hat das Institut vielfältig nutzbare Ergebnisse gewonnen. Diese bilden auch die Grundlage für weitere Projekte, wie z.B. das europäische Forschungsprojekt "S4ECoB", in die sich das IMMS mit seiner Kompetenz einbringt, um die Energieeffizienz in Gebäuden weiter zu erhöhen.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Wolfram Kattanek wolfram.kattanek@imms.de

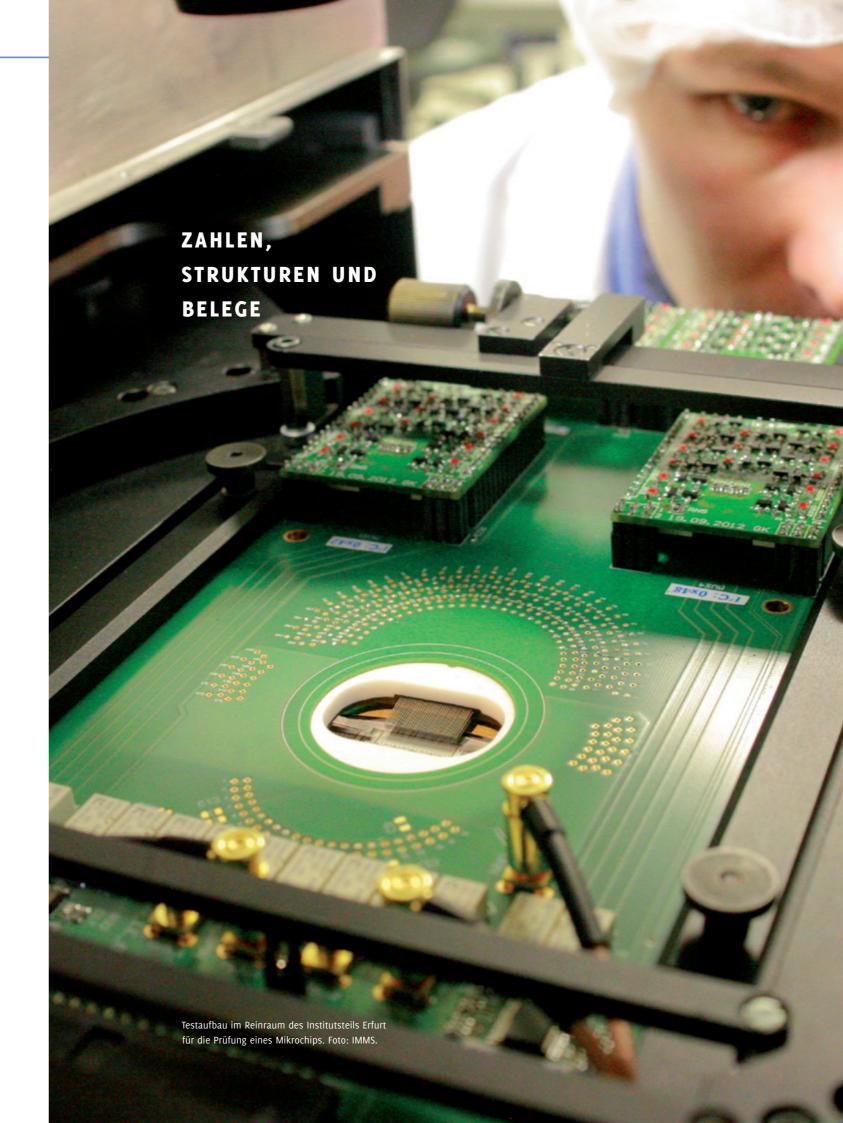
Literatur:

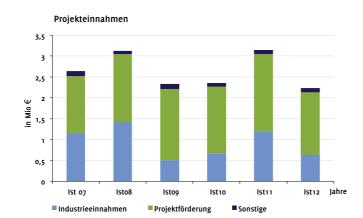
1 Christian Kellner, Frank Schnellhardt, Gunnar Weiß, Tobias Werner: SHS – SmartHomeService-Lösung für die Wohnungswirtschaft, In: Intelligent Wohnen: Zusammenfassung der Beiträge zum Usability Day IX, 20. Mai 2011 (2011), S. 61-69.

Zum Thema SHS hat das IMMS mehrere Beiträge veröffentlicht, vgl. Nr. 2, 5, 29, 32, 38 und 50 der Publikationsliste ab S. 49ff.









2012 waren im IMMS 91 Mitarbeiter beschäftigt. Hiervon waren 57 Wissenschaftler und 22 Studenten in der Forschung und Entwicklung tätig, was ca. 87% aller Beschäftigten entspricht.

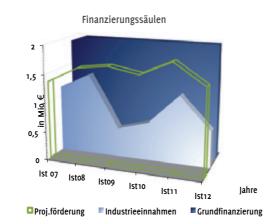
Wie bereits in den letzten Jahren hat eine große Zahl von Studenten die Angebote des IMMS wahrgenommen, ihre Ausbildung in praxisorientierter Forschung zu vertiefen und zu vervollständigen: 10 Studenten absolvierten Praktika, 9 Bachelorarbeiten und Masterarbeiten wurden betreut und 5 Mitarbeiter sind gegenwärtig als Doktorand an einer Universität eingeschrieben.

Das IMMS zeigt ein großes Engagement in der studentischen Ausbildung, um auf diesem Wege ausreichend Absolventen in der notwendigen Anzahl und Qualität zu gewinnen.

Die Einnahmen aus industrieller Auftragsforschung blieben 2012 um ca. 50% und die Einnahmen aus öffentlicher Projektförderung um ca. 20% hinter denen des Vorjahres zurück. Maßgebende Gründe hierfür sind zum einen wesentliche Verzögerungen im Bewilligungsverfahren öffentlicher Projektförderung, deren Gründe durch das IMMS nicht beeinflussbar waren. Zum anderen war 2012 durch das sehr vorsichtige Verhalten der Industriepartner geprägt, eigene Forschung und Entwicklung nach außen zu geben. So wurde nach der globalen Wirtschafts- und Finanzkrise nicht nur sparsam agiert, sondern es wurden auch nennenswerte eigene Forschungskapazitäten aufgebaut. Als Folge hat sich mit Beginn des Jahres 2013 ein entsprechender Stau gebildet.

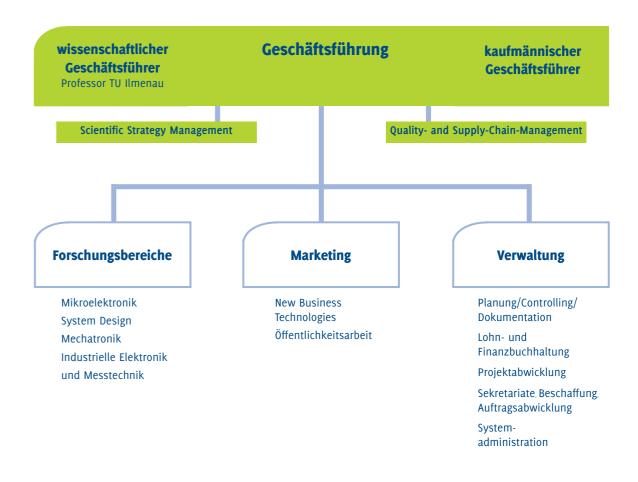
Das Ergebnis in 2012 darf nicht darüber hinweg täuschen, dass die Entwicklung der Projektförderung sehr positiv verläuft. Nahezu alle diese Projekte sind Verbundprojekte. Das verdeutlicht die hohe Akzeptanz des IMMS als Forschungspartner. Dem Institut ist es gelungen, durch sein Engagement in Netzwerken die Projektaktivitäten sichtbar zu steigern. Das hohe Niveau der Projektförderung zu sichern und die Auftragsforschung weiter zu entwickeln, stellt für das IMMS eine große Herausforderung dar. Erträge aus dieser Tätigkeit dienen zur Finanzierung defizitärer öffentlich geförderter Projekte.

Der Freistaat Thüringen hat auch 2012 für verlässliche Bedingungen mit einer konstanten institutionellen Zuwendung gesorgt. Das hat insbesondere die Zusammenarbeit mit den kleinen und mittelständischen Betrieben Thüringens gefördert. Jedoch werden Inflation und Tariferhöhungen nicht mehr ausgeglichen.



Organigramm





47

Wissenschaftlicher Beirat

Vorsitzender: Herr Prof. Dr. CHRISTIAN BRECHER, Institutsdirektor des WZL der RWTH Aachen, Forschungsbereich Werkzeugmaschinen

Stellv. Vorsitzender: Herr OLAF MOLLENHAUER, Geschäftsführender Gesellschafter der TETRA GmbH, Ilmenau

Ehrenmitglied: Herr Prof. Dr. habil. EBERHARD KALLENBACH, Leiter des Steinbeis-Transferzentrums Mechatronik, Ilmenau

Herr Prof. Dr. ERICH BARKE, Präsident der Leibniz Universität Hannover, Fachbereich Informatik

Herr Dr. HERWIG DÖLLEFELD, Innovation Manager X-FAB Semiconductor Foundries AG, Erfurt (bis 24.2.12)

Herr Dr.-Ing. GABRIEL KITTLER, Innovation Manager X-FAB Semiconductor Foundries AG Erfurt (ab 12.10.12)

Herr Prof. Dr. GÜNTER ELST, im Ruhestand, ehemals Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS – EAS, Direktor des Institutsteils Entwurfsautomatisierung EAS, Dresden

Herr Dr. FRED GRUNERT, Technischer Geschäftsführer MAZET GmbH, Jena

Herr Prof. Dr. habil. MATTHIAS HEIN, TU Ilmenau, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Fachgebiet Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik

Frau Prof. Dr. OLFA KANOUN, TU Chemnitz, Prodekanin der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Lehrstuhl für Mess- und Sensortechnik

Herr Dr. NORBERT LENK, Geschäftsführer AJ IDC Geräteentwicklungsgesellschaft mbH Langewiesen, ein Unternehmen der Analytik Jena AG

Herr Dr. MICHAEL TRUTZEL, Senior Director Technology, Carl Zeiss Jena GmbH, Jena

Herr Prof. Dr. ANDREAS TÜNNERMANN, wissenschaftlicher Direktor der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Lehrstuhl für Angewandte Physik

Aufsichtsrat

Vorsitzender: Herr Dr. JÖRG PRINZHAUSEN, Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur

Stellv. Vorsitzender: Herr Dr. FRANK EHRHARDT, Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie

Herr Univ. Prof. Dr.-Ing. KLAUS AUGSBURG, Prorektor Wissenschaft, TU Ilmenau, Fakultät Maschinenbau

Herr Dr. ERICH HACKER, PolymerMat e.V., Kunststoffcluster Thüringen (bis 28.8.12)

Herr Dr. sc. WOLFGANG HECKER, Geschäftsführer, MAZET GmbH Thüringen

Herr Dr. JENS KOSCH, Chief Technical Officer, X-FAB-Semiconductor Foundries AG

Herr THOMAS WEISSENBORN, Thüringer Finanzministerium

Lehrveranstaltungen

Prof. Dr. Ralf Sommer

"Grundlagen der Schaltungstechnik", Vorlesung und Übung, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Bachelor-Studenten 3. Semester

"Rechnergestützte Entwurfsmethodik (EDA) für Analog/Mixed-Signal-Schaltungen", Vorlesung und Übung, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Bachelor-Studenten 6. Semester

Dr. Eckhard Hennig

"Modellierung und Simulation analoger Systeme", Vorlesung und Übung, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Bachelor-Studenten 5. Semester

Eric Schäfer, M.Sc.

"Modellierung und Simulation von Delta-Sigma-ADCs", Vorlesung und Übung, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Bachelor-Studenten 5. Semester

Dr. Christoph Schäffel

"Entwicklung technischer Produkte" Vorlesung im Rahmen der Vorlesungsreihe, Technische Universität Ilmenau, Institut für Physik, Studenten des Instituts für Physik

Dr. Wolfgang Sinn

"Sensorik", Vorlesung, Berufsakademie Eisenach, Studienrichtung Mechatronik und Automation, Bachelor-Studenten, Betreuung von 4 Bachelorarbeiten

Dipl.-Ing. Sven Engelhardt

"Automatisierungssysteme", Vorlesung und Praktika, Berufsakademie Eisenach, Studiengang Konstruktion, Bachelor-Studenten

"Mikrocontroller-Technik", Praktika, Berufsakademie Eisenach, Studiengang Konstruktion und Technisches Management, Bachelor-Studenten

Fachartikel

Publikationen 2012

- Sebastian SCHEIBE, Josepha DARGEL, Reichweitenmessung drahtloser Sensormodule als Basis energieoptimaler Netzwertopologien, Power and Energy Student Summit 2012, Ilmenau, Germany, Tagungsband, S. 14-17, urn:nbn:de:gbv:ilm1-2012200042
- 2. Elena CHERVAKOVA¹, Wolfram KATTANEK¹, Ulf KNOBLICH², Michael BINHACK³, Added-Value Services in Smart Home Applications through System Integration of Different Wireless Standards, embedded world conference, Haar: Weka Fachmedien, ISBN 978-3-645-50072-2, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²AMBER wireless GmbH, Germany, Köln, ³senTec Elektronik GmbH, Germany, Ilmenau
- 3. Gregor NITSCHE, Georg GLÄSER, Eckhard HENNIG, Hardware/Software Co-Design of a Smart Sensor Interface using a Fast but Accurate Close-to-RTL Instruction Set Interpreter, in Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung in Verifikation von Schaltungen und Systemen MBMV 2012 (Hrsg: Jens Brandt und Klaus Schneider), Schriftenreihe Forschungsergebnisse zur Informatik, Band 68, Verlag Dr. Kovac, Hamburg, 2012, S. 121-132
- 4. Nikola BASTA¹, Achim DREHER¹, Stefano
 CAIZZONE¹, Matteo SGAMMINI¹, Felix ANTREICH¹,
 Safwat IRTEZA², Ralf STEPHAN², Matthias A. HEIN²,
 Eric SCHÄFER³, André RICHTER³, Muhammad
 Abdullah KHAN³. Lothar KURZ⁴, Tobias G. NOLL⁴,
 System Concept of a Compact Multi-Antenna
 GNSS Receiver, 7th German German Microwave
 Conference (GeMiC), 2012, http://ieeexplore.ieee.
 org, IEEE Xplore Digital Library, E-ISBN 978-39812668-4-9, 'German Aerospace Center (DLR) Institute for
 Communication and Navigation, Germany, ²RF and Microwave
 Laboratory, University of Technology Ilmenau, Germany, ¹IMMS
 Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ⁴Chair of Electrical Engineering
 and Computer Science, RWTH Aachen University, Germany



51

- 5. Marco GÖTZE, Wolfram KATTANEK, Rolf PEUKERT, An Extensible Platform for Smart Home Services, 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), 2012, http://ieeexplore.ieee.org, IEEE Xplore Digital Library, Digital Object Identifier: 10.1109/ SSD.2012.6198110, E-ISBN 978-1-4673-1589-0
- 6. Michael MEISTER, Marco REINHARD, Ullrich LIEBOLD, Dagmar KIRSTEN, Dirk NUERNBERGK, Critical optical power density in PIN-Photodiodes, 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), 2012, http://ieeexplore.ieee.org, IEEE Xplore Digital Library, Digital Object Identifier: 10.1109/SSD.2012.6197902, E-ISBN 978-1-4673-1589-0
- 7. Björn BIESKE¹, Klaus HEINRICH², Developing and Testing RF modules in CMOS for ISM and SRD Bands using PXI platform, 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), 2012, http://ieeexplore.ieee.org, IEEE Xplore Digital Library, Digital Object Identifier: 10.1109/SSD.2012.6197945, E-ISBN 978-1-4673-1589-0, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau. ²X-FAB Semiconductor Foundries AG. Germany. Erfurt
- 8. Björn BIESKE, Alexander ROLAPP, Testing symmetrical 2.4 GHz ZigBee Transceivers using unsymmetrical RF Measurement Equipment, 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), 2012, http://ieeexplore.ieee.org, IEEE Xplore Digital Library, Digital Object Identifier: 10.1109/SSD.2012.6197944, E-ISBN 978-1-4673-1589-0

9. R. GRIESELER¹, J. KLAUS², M. STUBENRAUCH³, K.

TONISCH3, S.MICHAEL2, J. PEZOLDT3 & P. SCHAAF1, Residual stress measurements and mechanical properties of AlN thin films as ultra-sensitive materials for nanoelectromechanical systems, Philosophical Magazine, Special Issue: Nano-mechanical testing in materials research and development III, Volume 92, Issue 25-27, 2012, Pages 3392-3401, http://dx.doi.org/10.1080/14786435.2012.669074, 'Materials for Electronics Group, Institute of Micro- and Nanotechnologies MacroNano® and Institute of Materials Engineering, Ilmenau University of Technology, Germany, ²IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ³Nanotechnology Group, Institute of Micro- and Nanotechnologies MacroNano® and Institute of Micro- and Nanoelectronics, Ilmenau University of Technology, Germany

- 10. Björn BIESKE¹, Klaus HEINRICH², Test von HF-Zellen Auf Basis modularer PXI-Testsysteme, Elektronik Industrie, 5.2012, S. 62-64, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²X-FAB Semiconductor Foundries AG, Germany, Erfurt
- 11. Komla AGLA¹, Olaf WETZSTEIN², Thomas ORTLEPP³, Hannes TÖPFER¹.⁴, Analyse des rauschinduzierten Timing-Jitters in Low-Power Mixed-Signal-Schaltungen mittels einer High-Level Beschreibung, Dresdner Arbeitstagung Schaltungs- und Systementwurf (DASS), 2012, Tagungsband, ISBN 978-3-8396-0404-5, CD-ROM, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ¹Institut für Photonische Technologien (IHPT) Jena, Abteilung Quantendetektion, ³University of California Berkeley, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Berkeley USA, ⁴Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany, Ilmenau
- 12. C. RUDOLF¹, C. MOCK¹, C. WALENDA¹, R. GLÖSS¹, R. LIANG¹, C. SCHÄFFEL², M. KATZSCHMANN², H.-U. MOHR², 6D Magnetic Levitation Positioning System with Compact Integrated 6D Sensor, 12th EUSPEN International Conference, in Proceedings P7.04 Vol II, ISBN 978-0-9566790-0-0, ¹Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Germany, Karlsruhe, ²IMMS Institut für Mikroelektronikund Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau
- 13. Steffen HESSE¹, Christoph SCHÄFFEL¹, Hans-Ulrich MOHR¹, Michael KATZSCHMANN¹, Hans-Joachim BÜCHNER², Design and performance evaluation of an interferometric controlled planar nanopositioning system, in Measurement Science and Technology, 23 (2012) 074011 (10pp), http://stacks.iop.org/0957-0233/23/074011, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Institut für Prozessmess- und Sensortechnik, Technische Universität Ilmenau, Germany
- 14. Rainer GLÖSS¹, Christopher MOCK¹, Christian RUDOLF¹, Carolin WALENDA¹, Christoph SCHÄFFEL², Michael KATZSCHMANN², Hans-Ulrich MOHR², Magnetic Levitation in 6DOF with Halbach array Configuration, Actuator, International Conference and Exhibition on New Actuators and Drive Systems, in Proceedings, ISBN 978-3-933339-20-1, CD-ROM, ¹Physik Instrumente (PI) GmbH &t Co. KG, Germany, Karlsruhe, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau

- 15. Volker BOOS, EDADB-Tools for semi-automatic Technology Porting of Integrated Mixed-Signal Circuits, Access to research results on semiconductor design, Internet-Plattform - RD-Access, https://www.rd-access.eu/ edatools/show/designtools, 04.09.2012
- 16. H. MEHNER¹, K. BRUECKNER¹, D. KAROLEWSKI²,
 S. MICHAEL², M. A. HEIN¹, M. HOFFMANN¹, Stress
 Controlled Piezoelectric ALN-MEMS-Resonators
 with Molybdenum Electrodes for GHz Application,
 23rd Micromechanics and Microsystems Europe
 Workshop (MME), 2012, in Proceedings, Session
 C.06, online: https://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/media/mme2012/Proceedings/Session_C/
 C06_1642_MME2012_120622.pdf, 'Institute of Microand Nanotechnologies MacroNano®, University of Technology
 Ilmenau, Germany, 'IMMS Institut für Mikroelektronik- und
 Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau

17. Achim DREHER¹, Nikola BASTA¹, Stefano CAIZZONE¹,

- GÖTZ KAPPEN¹, Matteo SGAMMINI¹, Michael MEURER¹, Safwat I. BUTT², Ralf STEPHAN², Matthias A. HEIN², Eric SCHÄFER³, Muhammad A. KHAN³, André RICHTER³, Björn BIESKE³, Lothar KURZ⁴, Tobias G. NOLL⁴, Compact Adaptive Multiantenna Navigation Receiver, ION GNSS, 2012, in Proceedings, Pages 917-925, online: http://www.ion.org/search/browseDetail.cfm?id=67, 'German Aerospace Center (DLR), Institute for Communication and Navigation, Germany, ²RF and Microwave Laboratory, University of Technology Ilmenau, Germany, ³IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, 4Chair of Electrical Engineering and Computer Science. RWTH Aachen University, Germany
- 18. Muralikrishna SATHYAMURTHY¹, Felix NEUMANN¹, Lukasz KOTYNIA², Eckhard HENNIG¹, Ralf SOMMER¹, UVM-based Verification of Smart-Sensor Systems, International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD), 2012, http://ieeexplore.ieee.org, IEEE Xplore Digital Library, Digital Object Identifier: 10.1109/SMACD.2012.6339407, ISBN 978-1-4673-0685-0, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Technical University of Lodz, Poland

- 19. Komla AGLA¹, O. WETZSTEIN², T. ORTLEPP³,
 Hannes TÖPFER⁴, Modeling of noise-induced jitter in lower-power Mixed-Signal circuits using a high-level description, 20th Telecommunications Forum (TELFOR), 2012, http://ieeexplore.ieee.org, IEEE Xplore Digital Library, Digital Object Identifier: 10.1109/TELFOR.2012.6419364, ISBN 978-1-4673-2983-5, Pages 943 946, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Institut für Photonische Technologien (IHPT) Jena, Abteilung Quantendetektion, Germany ³University of California Berkeley, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Berkeley USA, ⁴Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany, Ilmenau
- 20. Christoph SCHÄFFEL¹, Michael KATZSCHMANN¹,
 Hans-Ulrich MOHR¹, Rainer GLÖSS², Christian
 RUDOLF², Christopher MOCK², Carolin WALENDA²,
 R. LIANG², Planar Magnetic 6D Levitating system
 with Compact Sensor, 27th Annual Meeting of the
 American Society for Precision Engineering (ASPE),
 2012, in Proceedings, ISBN 978-1-887706-61-2,
 Pages 99-102, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und
 Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau,
 ¹Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Germany, Karlsruhe
- 21. Steffen HESSE¹, Christoph SCHÄFFEL¹, Michael KATZSCHMANN¹, Hans-Joachim BÜCHNER², Positioning performance of a planar nanopositioning system with 100 mm circular travel range, 27th Annual Meeting of the American Society for Precision Engineering (ASPE), 2012, in Proceedings, ISBN 978-1-887706-61-2, Pages 103-106, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Institut für Prozessmess- und Sensortechnik, Technische Universität Ilmenau, Germany, Ilmenau
- 22. Mario EIFART¹, Elena CHERVAKOVA¹, Wolfram KATTANEK¹, Ralf ZENKER², Energieoptimaler Betrieb von drahtlosen Condition Monitoring Systemen, 22. IWK Mittweida, in Journal Scientific Reports der Hochschule Mittweida, ISSN 1437-7624, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Technische Universität Dresden, Fakultät Informatik, Institut für Angewandte Informatik, Germany, Dresden
- 23. Silvia KRUG, Strategie zur Laufzeitverlängerung von Routern in 6Lowpan-Sensornetzwerken unter Berücksichtigung von Quality-of-Service Parametern, 22. IWK Mittweida, in Journal Scientific Reports der Hochschule Mittweida, ISSN 1437-7624



Vorträge und Poster

- **24.** Safwat IRTEZA¹, Eric SCHÄFER², Christian VOLMER, Matteo SGAMMINI3, Ralf STEPHAN1, Eckhard HENNIG², Matthias A. HEIN¹, Noise Characterization of a Multi-Channel Receiver Using s Small Antenna Array with Full Diversity for Robust Sattelite Navigation, IEEE International Conference on Wireless Information Technology and Systems (IC-WITS), 2012, http://ieeexplore.ieee.org, IEEE Xplore Digital Library, Digital Object Identifier: 10.1109/IC-WITS.2012.6417676, ISBN: 978-1-4673-0947-9, 'RF and Microwave Laboratory, University of Technology Ilmenau, Germany, ²IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ³German Aerospace Center (DLR). Institute for Communication and Navigation, Germany
- 25. Peter KORNETZKY, Martin SACHS, Stefan SCHRAMM, Realisierbarkeit eines tragbaren Erfassungssystems für leitungsgebundene Störströme in Industrieanlagen, Deutsche Gesellschaft für die Anwendung der Mikroelektronik e.V. (DFAM), Studie Nr. 8/2012, ISBN 978-3-8163-0622-1
- 26. Ralf SOMMER¹, Eckhard HENNIG¹, Gregor NITSCHE¹, J. BROZ, P. SCHWARZ, Automatic Nonlinear Behavioral Model Generation Using Symbolic Circuit Analysis, in Design of Analog Circuits through Symbolic Analysis, M. Fakhfakh, E. Tlelo-Cuautle, and F. V. Fernández, Eds., Bentham Science Publishers, 2012, ch. 12, Pages 305-341, http://www.eurekaselect.com/101990/ volume/1, 'IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau
- 27. Ralf SOMMER^{1,2}, Dominik KRAUSSE², Eric SCHÄFER¹, Eckhard HENNIG¹, Application of Symbolic Circuit Analysis for Failure Detection and Optimization of Industrial Integrated Circuits, in Design of Analog Circuits through Symbolic Analysis, M. Fakhfakh, E. Tlelo-Cuautle, and F. V. Fernández, Eds., Bentham Science Publishers, 2012, ch. 17, Pages 445-477, http://www.eurekaselect.com/101990/volume/1, 'IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Ilmenau, Germany

- 28. Sebastian SCHEIBE, Josepha DARGEL, Reichweitenmessung drahtloser Sensormodule als Basis energie-optimaler Netzwertopologien, Power and Energy Student Summit 2012, Ilmenau, 19.01.2012-20.01.2012
- 29. Elena CHERVAKOVA1, Wolfram KATTANEK1, Ulf KNOBLICH2, Michael BINHACK3, Added-Value Services in Smart Home Applications through System Integration of Different Wireless Standards, embedded world conference, Nürnberg, 28.02.2012-01.03.2012, 'IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH. Germany. Ilmenau. 2AMBER wireless GmbH. Germany, Köln, ³senTec Elektronik GmbH, Germany, Ilmenau
- 30. Gregor NITSCHE, Georg GLÄSER, Eckhard HENNIG, HW/SW-Co-Entwurf einer intelligenten Sensor-Schnittstelle mit Hilfe eines schnellen, Zyklenzahl-genauen, RTL-nahen Befehlssatz-Simulators, 15. Workshop Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen (MBMV), 2012, Kaiserslautern, 05.03.2012-07.03.2012
- 31. R. GRIESELER¹, K. TONISCH², J. KLAUS³, M. STUBENRAUCH^{2,} B. LEISTRITZ³, R. SRNÁNEK⁴, S. MICHAEL3, J. PEZOLDT2, P. SCHAAF1, Ultrasensitive Materialien für Nanoelektromechanische Systeme - USENEMS, Thüringer Werkstofftag, 2012, Weimar, 14.03.2012, 'Materials for Electronics Group, Institute of Micro- and Nanotechnologies MacroNano® and Institute of Materials Engineering, Ilmenau University of Technology, Germany, ²Nanotechnology Group, Institute of Micro- and Nanotechnologies MacroNano® and Institute of Micro- and Nanoelectronics, Ilmenau University of Technology, Germany, 3IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, 4Fachgebiet für Mikroelektronik, FEI Slowakische Technische Universität Bratislava, Slowakei
- 32. Marco GÖTZE, Wolfram KATTANEK, Rolf PEUKERT, An Extensible Platform for Smart Home Services, 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), 2012, Chemnitz, 20.03.2012-23.3.2012
- 33. Michael MEISTER, Marco REINHARD, Ullrich LIEBOLD, Dagmar KIRSTEN, Dirk NUERNBERGK, Critical optical power density in PIN-Photodiodes, 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), 2012, Chemnitz, 20.03.2012-23.3.2012

- 34. Björn BIESKE¹, Klaus HEINRICH², Developing and Testing RF modules in CMOS for ISM and SRD Bands using PXI platform, 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), 2012, Chemnitz, 20.03.2012-23.3.2012, 'IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, 2X-FAB Semiconductor Foundries AG, Germany, Erfurt
- 35. Björn BIESKE, Alexander ROLAPP, Testing symmetrical 2.4 GHz ZigBee Transceivers using unsymmetrical RF Measurement Equipment, 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), 2012, Chemnitz, 20.03.2012-23.3.2012
- 36. Ralf ZENKER1, Wolfram KATTANEK2, Energieeffiziente Sensornetze zum akustischen Monitoring, Cyber-physikalische Systeme - Chancen für neue energieeffiziente Anwendungen, Fachworkshop Applikationen, Dresden, 29.03.2012-30.03.2012, ¹Technische Universität Dresden, Fakultät Informatik, Institut für Angewandte Informatik 2IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau
- 37. Wolfgang SINN, Vernetzt, mobil, smart Bausteine für CPS, Cyber-physikalische Systeme - Chancen für neue energieeffiziente Anwendungen, Fachworkshop Applikationen, Dresden, 29.03.2012-30.03.2012
- 38. Tino HUTSCHENREUTHER, Marco GÖTZE, Wolfram KATTANEK, Smart Home Platform for the Integration of Image Information in Daily Life Situations, 13. SpectroNet Collaboration Forum, Konstanz, 17.04.2012
- 39. R. GRIESELER¹, K. TONISCH², J. KLAUS³, M. STUBENRAUCH², S. MICHAEL³, J. PEZOLDT², P. SCHAAF1, Testing of mechanical properties of AlGaN thin films by Eigenmode detection on Microelectromechanical Systems (MEMS), Int. Conference on Metallurgical Coating and Thin Films, ICMCTF, San Diego, USA, 23.04.2012-27.04.2012, ¹Materials for Electronics Group, Institute of Micro- and Nanotechnologies MacroNano® and Institute of Materials Engineering, Ilmenau University of Technology, Germany, ²Nanotechnology Group. Institute of Micro- and Nanotechnologies MacroNano® and Institute of Micro- and Nanoelectronics, Ilmenau University of Technology, Germany, 3IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau

- 40. Komla AGLA¹, Olaf WETZSTEIN², Thomas ORTLEPP³, Hannes TÖPFER^{1,4}, Analyse des rauschinduzierten Timing-Jitters in Low-Power Mixed-Signal-Schaltungen mittles einer High-Level Beschreibung, Dresdner Arbeitstagung Schaltungs- und Systementwurf (DASS), 2012, Dresden, 03.05.2012-04.05.2012, 11MMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, 2Institut für Photonische Technologien (IHPT) Jena, Abteilung Quantendetektion, Germany, ³University of California Berkeley, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Berkeley USA, 4Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany, Ilmenau
- 41. Muralikrishna SATHYAMURTHY'. Eckhard HENNIG'. Felix NEUMANN², A UVM-based Verification Methodology for RFID-enabled Smart Sensor Systems, CDNLive!, Cadence User Conference, EMEA 2012, München, 14.5.2012-16.05.2012, 'IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Germany, Ilmenau
- 42. Muralikrishna SATHYAMURTHY', Eckhard HENNIG', Felix NEUMANN², Lukasz KOTYNIA³, Early Power Estimation in a Mixed-Signal Environment using UVM and RTL Compiler, CDNLive!, Cadence User Conference EMEA 2012, München, 14.5.2012-16.05.2012, IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Germany, Ilmenau, 3Department of Microelectronics and Computer Science DMCS Technical University of Lodz, Poland
- 43. C. RUDOLF1, C. MOCK1, C. WALENDA1, R. GLÖSS1, R. LIANG¹, C. SCHÄFFEL², M. KATZSCHMANN², H.-U. MOHR², 6D Magnetic Levitation Positioning System with Compact Integrated 6D Sensor, 12th EUSPEN Int. Conference, Schweden, Stockholm, 04.06.2012-08.06.2012, ¹Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Germany, Karlsruhe, 2IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau

53

- 44. Wolfgang SINN, Logistik von der Via Regia zu vernetzten Welten, erwicon, Erfurter Wirtschaftskongress, Erfurt, 07.06.2012-08.06.2012
- 45. Christoph SCHÄFFEL¹, Rainer GLÖSS², Magnetisch schwebende Plattform zur nm-Positionierung, Technologiekonferenz, elmug4future, Suhl, 26.06.2012-27.06.2012, IMMS Institut für Mikroelektronikund Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Germany, Karlsruhe



Märkte der Zukunft, Technologiekonferenz, elmug4future, Suhl, 26.06.2012-27.06.2012

46. Wolfgang SINN, Vernetzt, mobil, smart -

- **47.** Wolfgang SINN, Vernetzt, mobil, smart Herausforderungen an die Mikroelektronik, 7. Silicon Saxony Day "Vernetzt in die Zukunft", Dresden, 27.06.2012
- **48.** Wolfgang SINN, Trends in der Sensortechnologie Einsatz der Sensorik für die Qualitätssicherung, Treffen des Regionalkreises Erfurt der Deutschen Gesellschaft für Qualität (DGQ), Ilmenau, 06.07.2012
- **49.** Wolfram KATTANEK, Praktische Aspekte der Gestaltung von drahtlosen Sensornetzwerken, Institutskolloquium des Instituts für Informationstechnik der Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, 11.07.2012
- 50. Wolfram KATTANEK, Energieeffizienzaspekte eingebetteter IKT-Komponenten, 57. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium (IWK) der TU Ilmenau, Ilmenau, 03.09.2012-07.09.2012
- 51. Bianca LEISTRITZ^{1,2}, Stefan HAMPL^{1,3}, Eckhard HENNIG¹, Energy harvesting from low-frequency motions in the single-digit Hertz range, 57. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium (IWK) der TU Ilmenau, Ilmenau, 03.09.2012-07.09.2012,

 ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany, Ilmenau, ³Technische Universität Ilmenau, IMN MacroNano®, FG Mikromechanische Systeme, Germany, Ilmenau
- **52.** Eckhard HENNIG, Low-Power-Schaltungstechnik für energieeffiziente Sensorik, 57. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium (IWK) der TU Ilmenau, Ilmenau, 03.09.2012-07.09.2012
- 53. Muralikrishna SATHYAMURTHY¹, Felix NEUMANN¹, Lukasz KOTYNIA², Eckhard HENNIG¹, Ralf SOMMER¹, UVM-based Verification of Smart-Sensor Systems, International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD), 2012, Seville, Spain, 19.09.2012-21.09.2012, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ¹Technical University of Lodz, Poland

- 54. R. SOMMER¹, M. MEINERS², H. GRAEB³, Schematic Driven MEMS Design, in Proc. (IEEE-Explorer) 10th International Workshop on Symbolic and Numerical Methods, Modeling and Applications to Circuit Design (SMACD¹12), Seville, Spain, 19.09.2012-21.09.2012, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Robert Bosch GmbH, Automotive Electronics, Reutlingen, Germany, ³ Institute of Electronic Design Automation, Technical University of Munich, Germany
- 55. Nikola BASTA¹, Safwat IRTEZA², Eric SCHÄFER³, Lothar KURZ⁴, System Concept for a Compact Multi-Antenna GNSS Receiver, 2nd COST VISTA Workshop, Istanbul, Turkey, 20.09.2012-21.09.2012, 'German Aerospace Center (DLR), Institute for Communication and Navigation, Germany, ²RF and Microwave Laboratory, University of Technology Ilmenau, Germany, ³IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ⁴Chair of Electrical Engineering and Computer Science, RWTH Aachen University, Germany
- 56. Stefan HAMPL, Bianca LEISTRITZ, Eckhard HENNIG, Energieversorgungsoptionen für autarke multimodale Smart-Sensoren, 16. Heiligenstädter Kolloquium, Heilbad Heiligenstadt, 24.-26.09.2012
- 57. Eckhard HENNIG, GreenSense Grundlagentechnologien für ressourcen- und energieeffiziente intelligente Sensornetzwerke, Workshop Industrienahe Forschungsgruppen des TMWAT, Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, 26.09,2012
- **58.** Wolfgang SINN, Von der Sensorik zur Umwelterkennung strategische Herausforderungen, 14. Leibniz-Konferenz "Sensorsysteme 2012", Lichtenwalde, 18.10.2012-19.10.2012
- 59. Christoph SCHÄFFEL¹, Michael KATZSCHMANN¹, Hans-Ulrich MOHR¹, Rainer GLÖSS², Christian RUDOLF², Christopher MOCK², Carolin WALENDA², R. LIANG², Planar Magnetic 6D Levitating system with Compact Sensor, 27th Annual Meeting of the American Society for Precision Engineering (ASPE), 2012, San Diego, USA, 21.10.2012-26.10.2012, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Germany, Karlsruhe

- 60. Steffen HESSE¹, Christoph SCHÄFFEL¹, Michael KATZSCHMANN¹, Hans-Joachim BÜCHNER², Positioning performance of a planar nanopositioning system with 100 mm circular travel range, 27th Annual Meeting of the American Society for Precision Engineering (ASPE), 2012, San Diego, USA, 21.10.2012-26.10.2012, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Institut für Prozessmess- und Sensortechnik, Technische Universität Ilmenau, Germany, Ilmenau
- **61.** Silvia KRUG, Strategie zur Laufzeitverlängerung von Routern in 6Lowpan-Sensornetzwerken unter Berücksichtigung von Quality-of-Service Parametern, 22. IWK Mittweida, 1. Mittweidaer Workshop "Drahtlose Sensor-Aktor-Netzwerke", Mittweida, 24.10.2012-25.10.2012
- **62.** Christoph SCHÄFFEL¹, Michael KATZSCHMANN¹, Hans-Ulrich MOHR¹, Rainer GLÖSS², Christopher MOCK², Christian RUDOLF², Carolin WALENDA², Planar Magnetic 6D Levitating System with Compact Sensor, 6. Tagung "Feinwerktechnische Konstruktion", Dresden, 08.11.2012, ¹IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Germany, Ilmenau, ²Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Germany, Karlsruhe
- 63. Wolfgang SINN, Intelligente Lichtkonzepte Handlungsfeld für "Cyber-physikalische Systeme", Workshop "Photonik/Optoelektronik/Licht-Anwendungen", FB Applikationen des Silicon Saxony e.V. und Cooptics/OptoNet e.V., Jena, 26.11.2012
- **64.** Wolfgang SINN, Cyber-physikalische Systeme Rahmenbedingungen und Chancen für einen Arbeitskreis im Silicon Saxony, Gründungsmeeting Arbeitskreis CPS, Dresden, 03.12.2012
- **65.** Wolfgang SINN, Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Herausforderungen an RFID & Co., 6. Dresdner RFID-Symposium, Dresden, 06.12.2012-07.12.2012
- **66.** Tino HUTSCHENREUTHER, UltraLowPower-Anforderungen an die Vernetzung von Sensoren, ELMUG-Branchentag, Ilmenau, 5.12.2012
- **67.** Silvia KRUG, Einfluss von MAC-Protokollen auf Quality-of-Service Parameter in 6LoWPAN-Netzwerken, InIT-Seminar, TU Ilmenau, Ilmenau, 12.12.2012

Patente

Erteilte Patente 2012

- **68.** Juraj KLEIN, Elektronische Schaltung für einen Transimpedanzverstärker, DE 103 11 096
- 69. Christoph SCHÄFFEL, Torsten MAASS, Volker BORNMANN, Michael KATZSCHMANN, Vorrichtung zur planaren Positionierung von Werkstücken, DE 10 2008 025 138

Offengelegte Patente 2012

- 70. Christoph SCHÄFFEL, Dominik KAROLEWSKI, Michael KATZSCHMANN, Amado WITTINGHAM, Volker BORNMANN, Gleichstromlinearantrieb mit einem einen permanenterregten Magnetkreis umfassenden Stator und einem eine bewegliche Spule umfassenden Läufer, DE 10 2011 051 020
- 71. Christoph SCHÄFFEL, Michael KATZSCHMANN, Hans-Ulrich MOHR, Anordnung eines planaren 6D-Positionierers, Patentinhaber: Firma Physik Instrumente (PI) GmbH & Co.KG, Karlsruhe, DE 10 2011 100 153
- 72. Ralf SOMMER, Eric SCHÄFER, Dominik KRAUSSE, Eckhard HENNIG, Verfahren zur automatischen Topologiemodifikation beim Entwurf von analogen integrierten Schaltungen, DE 10 2011 113 421

Sonstige Artikel

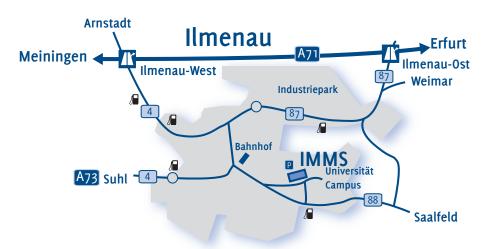
73. Schlussbericht zur BMBF-Förderinitiative IKT 2020, Syntheseunterstützer Entwurf analoger Schaltungen (SyEnA), Teilvorhaben: Methoden zur automatisierten Generierung von optimierten analog/mixedsignal Schaltungen, Förderkennzeichen: 01 M 3086, Technische Informationsbibliothek, http://www.tib.uni-hannover.de

55



56

IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH



Ehrenbergstraße 27 D – 98693 Ilmenau/Thüringen

Tel.: +49.3677.6955.13 Fax: +49.3677.6955.15

E-Mail: imms@imms.de www: http://www.imms.de

Institutsteil Erfurt:

Konrad-Zuse-Straße 14 99099 Erfurt/Thüringen

Tel.: +49.361.66325.00 Fax: +49.361.66325.01

