

PRÄZISIONSSYSTEME

Die Entwicklung und effiziente Gestaltung von Präzisionssystemen mit Blick auf konkrete Anwendungen stehen im Zentrum des Forschungsschwerpunktes. Das Spektrum reicht von der mikrofluidischen Systemen über die Informations- und Kommunikationstechnik bis hin zur spektral-optischen Sensorik.

Mikrosystemtechnik – Mikrofluidische Systeme

Im Bereich der Mikrofluidik werden Fluide durch Mikrokanäle in der Größenordnung im zwei- bis dreistelligen Mikrometer Bereich transportiert und manipuliert. Im Gegensatz zu makroskopischen Umgebungen gewinnen andere physikalische Phänomene, wie zum Beispiel die für mikrofluidische Systeme charakteristische laminare Strömung, an Bedeutung. Zusammen mit den geringen Volumina ergeben sich insbesondere für die chemische Reaktionstechnik oder biologischen Testsystemen Möglichkeiten für Verbesserungen oder gar neuartige Systeme.

Systementwicklung

Die Entwicklung der miniaturisierten mikrofluidischen Systeme bedarf der Kombination der Mikrosystemtechnik mit den Anforderungen des zu integrierenden chemischen oder biologischen Prozesses. Dazu zählt die Auswahl geeigneter Materialien mit der Möglichkeit zur Mikrostrukturierung und der Kompatibilität zum Prozess. Ebenso beinhaltet die Entwicklung mikrofluidischer Systeme das Design funktioneller Elemente wie Mikromischer oder die Integration und Anbindung sensorischer Einheiten wie Elektroden.

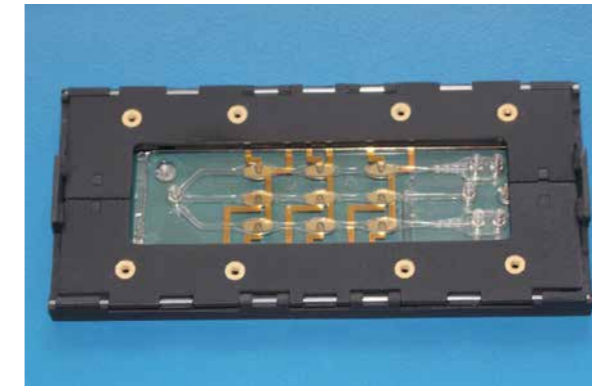
Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben konnten Systeme für chemische Reaktionstechnik und biologische Tests entwickelt werden. Für chemische Synthesen wurden Chipsysteme bestehend aus Glas bzw. Glas-Siliziumverbänden oder Keramiken entwickelt. Diese ermöglichen aufgrund des integrierten

leistungsfähigen Mischers eine schnelle und effiziente Homogenisierung von zwei Reaktanden, was insbesondere bei zeitkritischen Reaktionen vorteilhaft ist. Ebenso konnte ein mikrofluidisches Chipsystem für photochemische Reaktionen erschafft werden. Sogenannte Lab-on-a-Chip Systeme konnten für die Kultivierung und Toxizitäts- und Chemosensitivitätsanalyse von eukaryotischen Zellen entwickelt werden. Diese bestehen aus mehreren Kunststoffschichten, welche über Fügeprozesse miteinander verbunden sind. Adhärenz Zellen können in entsprechenden Flächen bei einer kontinuierlichen Mediumszufuhr wachsen. Während der Kultivierung können die Untersuchungssubstanzen hinzugegeben und mittels (fluoreszenz) mikroskopischer Aufnahmen oder impedimetrischer Sensorik auf ihre Toxizität für die Zellen untersucht werden.

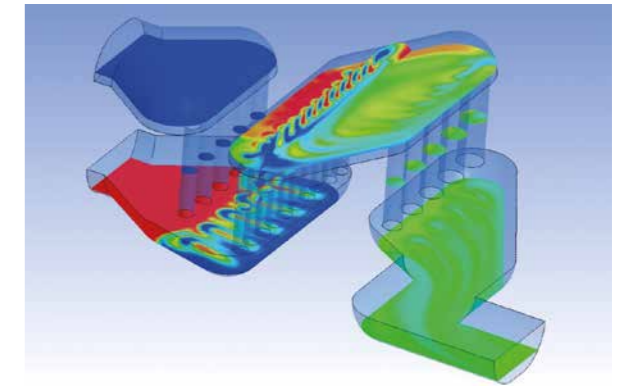
Simulation

Die Fertigung mikrofluidischer Systeme ist ein kostenintensiver Prozess, welcher erst nach dem Abschluss des Designs und der Validierung der Funktionalität erfolgen soll. Computergestützte Simulationen helfen physikalische Prozesse in vorgegebenen Geometriedesigns darzustellen und somit die Funktionalität zu überprüfen. Abhängig vom zu untersuchenden Prozess müssen dabei verschiedene Simulationsarten wie Thermodynamik-, Mechanik- oder Fluidsimulationen durchgeführt. Durch Kopplung von Simulations- und Optimierungsprogrammen kann die Effizienz des Prozesses in Abhängigkeit vorgegebener Geometrieabweichungen bestimmt werden, um die optimalen Strukturgrößen zu ermitteln. Zur Optimierung funktioneller Elemente mikrofluidischer

Systeme wurden Simulationen bisher sehr umfassend verwendet. Große Expertisen konnten im Design und der Geometrieoptimierung von mikrofluidischen Mixern durch Berechnung der entstandenen Homogenität zweier Fluide anhand von CFD-Simulationen gewonnen werden. Zudem wurden Simulationen erfolgreich zur Funktionalitätsbestimmung miniaturisierter Ventile, der Ermittlung des Scherstress auf kultivierte Zellen im Kanal oder der Verfügbarkeit von Nährstoffen für Zellen in abgegrenzten Flächen verwendet. Aktuelle intensive Forschungsvorhaben beschäftigen sich mit der Simulation von mikrofluidischen Separationsverfahren unter Verwendung von Partikelsimulationen.



Mikrofluidisches Chipsystem mit integrierten Elektroden zur Kultivierung von adhärenz Zellen (Bild: EAH, AG Prof. Feller)



Simulation der Mischung zweier Fluide in einem mikrofluidischen Mischer (Bild: EAH, AG Prof. Feller)

Software

- » **Ansys Fluent – Ansys**
Umfangreiches CFD (computational Fluid Dynamics)-Programm zur Simulation von Fluiden und Fluidinteraktion
- » **EDEM – DEM Solutions**
Programm zur numerischen Berechnung der Bewegung und Auswirkung von Partikeln
- » **OptiSlang – Dynardo**
CAE-Software zur Bearbeitung von Sensitivitäts- und Robustheitsanalysen sowie Optimierungen mit Hilfe statistischer Tools
- » **Spritzenpumpensystem**
Cetoni (Basis- und Startermodule, Spritzenpumpen, Druckmessmodul, Ventilmodul)
- » **Rollenpumpen**
Ismatec (Typ IPC und Typ REGLO Digital)

Kontakt Mikrotechnik

Prof. Karl-Heinz Feller

Telefon +49 (03641) 205-621

E-Mail karl-heinz.feller@eah-jena.de

Kontakt Lab-on-a-Chip Systeme

Bastian Böttcher

Telefon +49 (03641) 205-682

E-Mail bastian.boettcher@eah-jena.de

Kontakt Simulation

Alexander Göhring

Telefon +49 (03641) 205-783

E-Mail alexander.goehring@eah-jena.de

Informations- und Kommunikationstechnik

Im Forschungsbereich „**Informations- und Kommunikationstechnik**“ an der Ernst-Abbe-Hochschule Jena beschäftigen wir uns speziell mit Elektronik für Weltraumanwendungen. Die dort herrschenden Bedingungen – extreme Temperaturwechsel, Vakuum und nicht zuletzt die kosmischer Strahlung – stellen besondere Anforderungen an elektronische Bauelemente.

Um trotzdem ohne Ausfälle auf Satelliten funktionieren zu können, werden elektronische Bauelemente speziell für Anwendungen im Weltraum entwickelt, hergestellt und qualifiziert. Neben den dadurch entstehenden hohen Kosten ergibt sich wegen der relativ kleinen Nachfrage nach solchen Bauelementen auch der Einsatz älterer Technologien zur Herstellung, was die Leistungsfähigkeit der integrierten Schaltkreise extrem beschränkt. Wenn nicht speziell für den Weltraum qualifizierte Bauteile verwendet werden sollen, muss das System so gebaut werden, dass die Bauteile vor Zerstörung durch kosmische Strahlung geschützt sind und (temporäre) Ausfälle der Bauteile toleriert werden. Das kann mit entsprechenden Redundanzkonzepten und Schutzschaltungen erreicht werden.

Um solche Schutzmaßnahmen entwickeln und testen zu können, muss man die Effekte kosmischer Strahlung auch im Labor erzeugen können. Der klassische Einsatz von Teilchenbeschleunigern ist eine sehr aufwendige und kostenintensive Methode. Wir haben einen Aufbau entwickelt, mit dessen Hilfe man den Latchup genannten Kurzschluss durch kosmische Strahlung mittels eines kurzen Laserpulses im Bauteil auslöst.

Dabei kommt nur eine Laserdiode zum Einsatz, so dass ein sehr kompakter Aufbau der Laserschutzklasse 1 entstanden ist, mit dem man den Latchup-Effekt reproduzierbar erzeugen kann.

Damit sind wir in der Lage, die Wirkung von Latchup-Schutzschaltungen mit relativ geringem Kostenaufwand nachzuweisen und mit einer statistisch relevanten Anzahl an Testobjekten mit Hilfe unseres Aufbaus zu testen.

Es hat sich weiterhin gezeigt, dass auch Speicherfehler gezielt erzeugt werden können. Damit können wir eine Möglichkeit anbieten, Softwaremaßnahmen, die die Auswirkungen von Speicherfehlern verhindern sollen, zu testen.



Abbildung 1: Offener und funktionaler ATmega16L Mikrocontroller. (Bild: EAH, Zöllner)

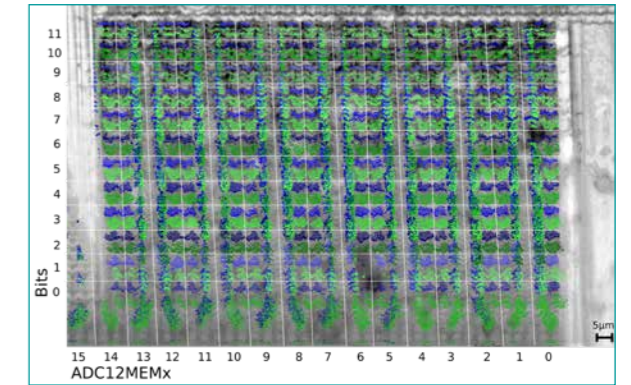


Abbildung 2: Scan überlagert mit Positionen erzeugter Bitflips (blau: 0->1; grün: 1->0) (Bild: EAH, Preußner)

Forschungsschwerpunkte Zusammenfassung

- » Umfassendes Verständnis im Bereich Raumfahrt elektronik
- » Untersuchungen zum Latchup-Effekt und zu Speicherfehlern aufgrund von Strahlungseinwirkung
- » Entwicklung von Latchup-Schutzschaltungen

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Burkart Voß

Telefon +49 (03641) 205-731

E-Mail burkart.voss@eah-jena.de

Spektral-optische Sensorik

Obwohl wir Menschen nur drei unterscheidbare Arten von Farbrezeptoren in unserem Auge besitzen, können wir ein sehr ausgeprägtes Farbspektrum wahrnehmen. In technischen Bereichen reicht diese Fähigkeit aber oft nicht aus und eine weit genauere Möglichkeit zur Farbdifferenzierung wird notwendig. Zudem ist es meist unerlässlich den sichtbaren Spektralbereich zu verlassen und wesentlich längere oder kürzere Wellenlängen, wie den Infrarot- und Ultraviolett-Bereich, zu nutzen, die dem menschlichen Auge unzugänglich sind.

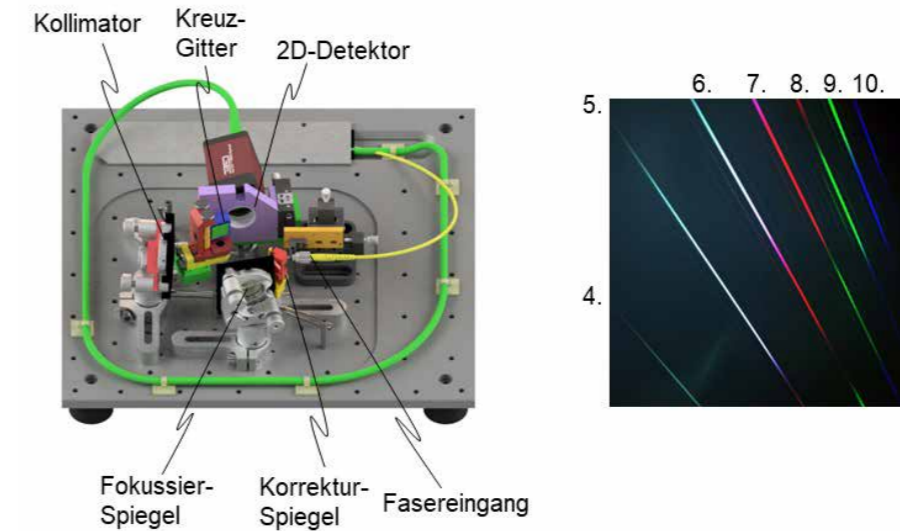
Zu diesem Zweck werden Spektrometer entwickelt, die das Licht des beobachteten Objekts mit Genauigkeiten auflösen können, die im Bereich weniger Nanometer oder sogar im Sub-Nanometerbereich liegen. Typische Anwendungsfelder für Spektrometer liegen in der Landwirtschaft und in der Nahrungsmittelbranche, sowie im Bio-Med-Bereich und in der Pharmazie. An der Ernst-Abbe-Hochschule (EAH) in Jena befasst sich die Forschergruppe um Prof. Brunner mit unterschiedlichen Aspekten zur Entwicklung neuer Konzept spektroskopischer Systeme, insbesondere um diese bezüglich ihrer Effizienz und ihrer optischen Eigenschaften signifikant zu verbessern.

Das funktionsbestimmende Element der meisten Spektrometer sind mikrostrukturierte, periodische Oberflächengitter. Ein besonderes Forschungsinteresse an der EAH besteht bezüglich der sogenannten ‚Effizienz-Achromatisierung‘ – einer Möglichkeit die spektroskopischen Gitter so zu gestalten, dass sie die gleiche, hohe Beugungseffizienz über einen ausgedehnten Spektralbereich aufweisen. Dabei ist eine geschickte Auswahl der verwendeten optischen Materialien und des Oberflächenprofils entscheidend.

Die in der Forschungsgruppe vorhandenen Kompetenzen umfassen einen weiten Bereich der Entwicklungskette für Spektrometer:

- » Optik Design („Zemax“),
- » wellenoptische und rigorose Simulation der Beugungseffizienzen spektroskopischer Gitter,
- » unterschiedliche Herstellungsmöglichkeiten für die Gitter
- » Mechanikkonstruktion & Systemaufbau
- » Ansteuerung
- » Messtechnik zur Qualifizierung

Ein Schwerpunkt der Forschungsarbeit liegt auch in der Entwicklung kompakter Spektrometerkonzepte, die gleichzeitig eine hohe spektrale Auflösung aufweisen und über eine große spektrale Bandbreite verfügen. Dazu werden sogenannte Kreuzgitter verwendet, welche eine spektrale Aufspaltung des zu analysierenden Lichts in zwei zueinander senkrechten Raumrichtungen ermöglichen.



Aufbau eines kompakten Kreuzgitter-Echelle-Spektrometers (links). Das Spektrometer bietet eine spektrale Bandbreite von 330 nm bis 1100 nm und eine Auflösung kleiner 1,4 nm. Das Bild rechts zeigt das Detektorbild einer kontinuierlichen Lichtquelle. Die einzelnen Streifen repräsentieren das Signal der 4. bis zur 11. Beugungsordnung. (Bilder: EAH/AG Brunner)

Experimentelle Möglichkeiten und Ausstattung

Um unterschiedliche Profilformen und -tiefen mit unterschiedlichen Periodizitäten herstellen zu können stehen an der EAH unterschiedliche lithografische Verfahren und ein Trockenätzverfahren zur Verfügung:

- » Anlage zur Talbot-Lithografie
- » Aufbau zur Interferenz Lithografie
- » Mask-Aligner Technologie MA6 (Süss MicroTec)
- » Anlage zum direkten Laserstrahlschreiben (DWL 200 FF)
- » Reaktives Ionenstrahlätzen (RIBE: Reactive Ion Beam Etching) (NTG RIBE 215)
- » kombiniertes Konfokalmikroskop und Weißlichtinterferometer (MarSurf CWM 100)
- » Optisches 3D-Profilometer (Zygo NewView 9000)

Kontakt

Prof. Dr. rer. nat. Robert Brunner

Telefon +49 (03641) 205-352

E-Mail robert.brunner@eah-jena.de

Systemtechnik und -integration

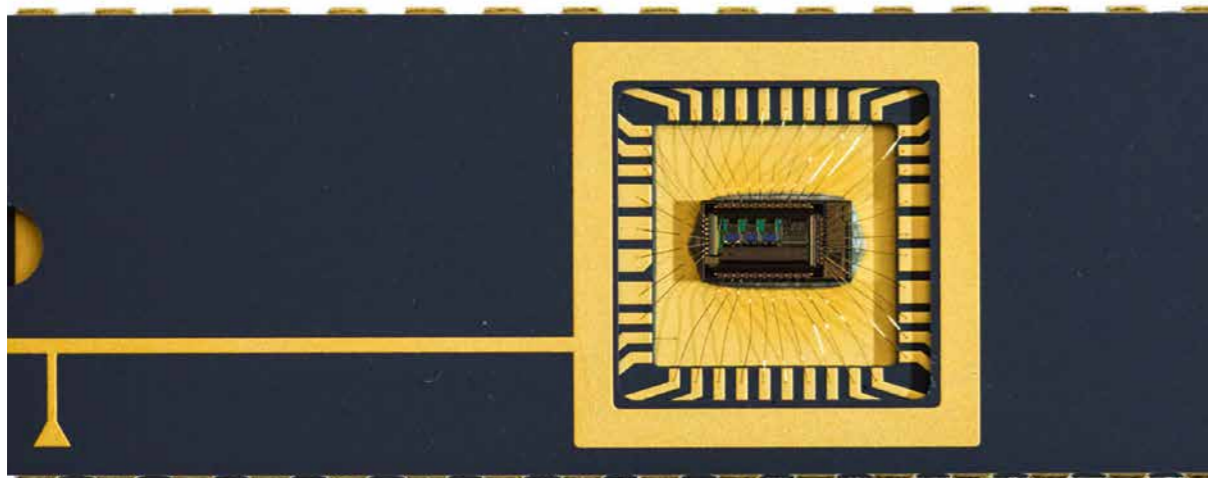
Entsprechend der Ausrichtung der Unternehmen im Raum Jena auf optische und optoelektronische Produkte und der allgemeinen Entwicklung zu komplexen integrierten Systemen werden an der Ernst-Abbe-Hochschule Forschungsthemen zum Entwurf, zur Verifikation, zum Test und zur Charakterisierung dieser Systeme bearbeitet. Seit 2010 gibt es an der Hochschule das **Institut für integrierte Systeme** als In-Institut des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik.

Entwurf komplexer mixed-signal Systeme

Elektronische Baugruppen werden zunehmend als monolithisch integrierte Systeme realisiert. Integrierte Schaltungen können neben komplexen digitalen Systemen (SoC = System on Chip) auch analoge und sensorische Systemkomponenten beinhalten (CPS = Cyber-Physical Systems). Die zunehmende Komplexität erfordert moderne Methoden und Werkzeuge für den Entwurf und die Verifikation, aber auch die Berücksichtigung der Herstellung (DfM = Design for Manufacturing) und der Testbarkeit (DfT = Design for Testability) bereits in der Entwurfsphase. Als Mitglied im Europractice-Verbund haben wir Zugriff auf die modernsten Entwurfswerkzeuge und Halbleitertechnologien sowie die Möglichkeit der Musterfertigung für applikationsspezifische integrierte System im Rahmen von Forschungsprojekten.

Unsere Tätigkeiten umfassen u. A.:

- » Untersuchung der Machbarkeit einer Systemintegration,
- » Erstellung von Systemkonzepten, der Entwurf und die Analyse von Algorithmen,
- » Modellierung und Verifikation des Systemkonzeptes mit SystemC, Matlab oder HDL (Hardware Description Language),
- » Implementierung mit VHDL bzw. Verilog sowohl für FPGA als auch für ASIC-Implementierungen in einer CMOS-Technologie,
- » Layoutgenerierung und -verifikation für eine CMOS-Technologie,
- » Betreuung einer Musterfertigung im Rahmen eines Europractice MPW (Multi-Project Wafer).



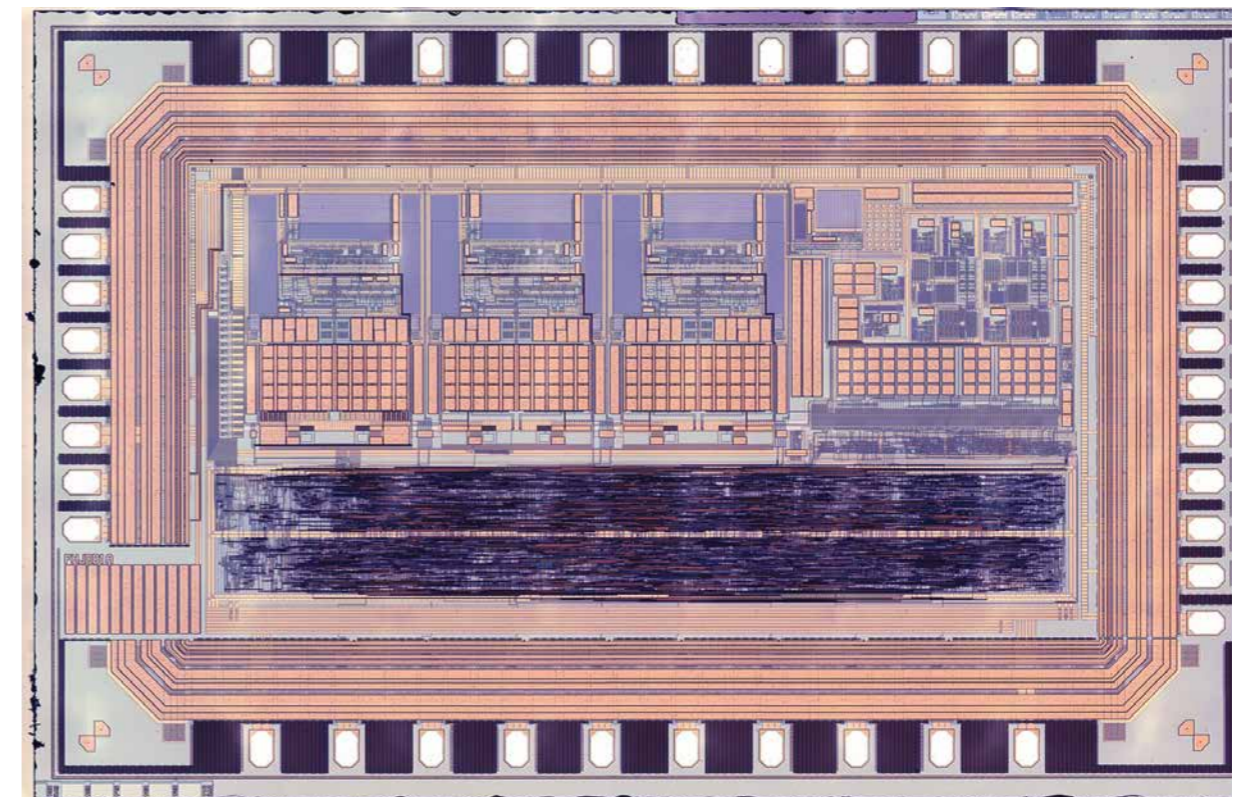
Verpackter mixed-signal Schaltkreis, der im Institut entwickelt wurde (Bild: EAH, AG Prof. Kampe)

Design hoch-performer analoger Schaltungen

Analoge Schaltungskomponenten haben an der Komplexität des integrierten Gesamtsystems in der Regel nur einen geringen Anteil, sind aber im Schnittstellenbereich zur Sensorik und Aktorik sowie für die Kommunikation nicht nur für drahtlose Protokolle unerlässlich und haben mit ihren Eigenschaften oft einen entscheidenden Einfluss auf die Performanz des Gesamtsystems. Demgegenüber ist der Aufwand für den Entwurf der analogen Komponenten relativ hoch und erfordert spezielle Erfahrungen.

Hier umfassen unsere Tätigkeiten in Forschungsprojekten u. A.:

- » System- und Schaltungsentwurf für analoge und optosensorische CMOS und BiCMOS Schaltungen,
- » Schaltungsoptimierungen und Entwurfsraumzentrierung (DfY = Design for Yield),
- » Studien zum Chiplayout,
- » Betreuung einer Musterfertigung im Rahmen eines Europractice MPW (Multi-Project Wafer),
- » Konstruktion des Gesamtaufbaus (Hausung/Verkappung, MCM, 3D).



Chipfoto des mixed-signal Schaltkreises (Bild: EAH, AG Prof. Kampe)

Messung und Charakterisierung integrierter Schaltungen

Ein erfolgreicher Schaltungs- und ASIC-Entwurf erfordert die messtechnische Bestätigung der Entwurfsziele und erlaubt Rückschlüsse für den System- und Schaltungsentwurf, die Layoutgestaltung und die Einflüsse der Halbleitertechnologie. Im Institut steht dafür ein modernes Messsystem mit einem Dr. Eschke Semiconductor- und Komponententester als Kern zur Verfügung, mit dem verkappte digitale, analoge, gemischt analog-digitale sowie opto-sensorische Schaltkreise unter Einbeziehung des Temperaturverhaltens charakterisiert bzw. einem Funktionstest unterzogen werden können.

Für Forschungs- und Dienstleistungsprojekte gehören dazu u. A. die folgenden Aufgaben:

- » konstruktive Gestaltung von Testaufbauten und Entwurf von Test- und Adapterplatinen (PCB-Design),
- » Messungen und Charakterisierung verkappter digital-analoger sowie opto-sensorischer integrierter Schaltkreise,
- » Erstellung von Messprogrammen für das Messsystem,
- » Untersuchung von Umwelteinflüssen und Alterungseffekten.
- » Durchführung von Funktionstests für integrierte Schaltungen,



Messsystem im Labor des Institutes.

Messtechnik

Digital:

- » 144 Testpins über eine Matrix ansteuerbar; 0,5A/50V
- » 16 digitale Scopekanäle mit 5GS/s
- » 96 statische digitale IO Kanäle, 0,2 ... 5V
- » Boundary-Scan für Test und Programmierung, I2C und SPI Protokollanalyse
- » 32 bidirektionale digitale Testkanäle 300 MS/s, 0,2 ... 5V

Analog:

- » 32 analoge Stimulus- und Acquisition-Kanäle $\pm 10V$, 16bit
- » D.C. Signalquelle $1\mu V \dots 200V$, $1fA \dots 50A$
- » 4 Vier-Quadranten U-I Quellen/Senken inkl. Messung $\pm 30V$, 16bit
- » A.C. Signalquelle $\leq 3GHz$
- » 2 Scopekanäle 1GS/s und Arbitrary Generator 150 MS/s; 4 Scopekanäle 10GS/s
- » R,C,L Messung, Frequenzzähler

Allgemein:

- » Abgesetzte Adaptierung auf universellem Testboard für den Temperaturtest in einem Temperaturprüfschrank -40 bis $125^\circ C \pm 1 K$
- » Lichtquelle mit variablem Spektrum 380 ... 780nm, Genauigkeit 2nm
- » Stromversorgung 3 Kanäle max. 12V, 2A, 0,5mA Auflösung

Kontakt Institut für integrierte Systeme

Prof. Dr. Jürgen Kampe

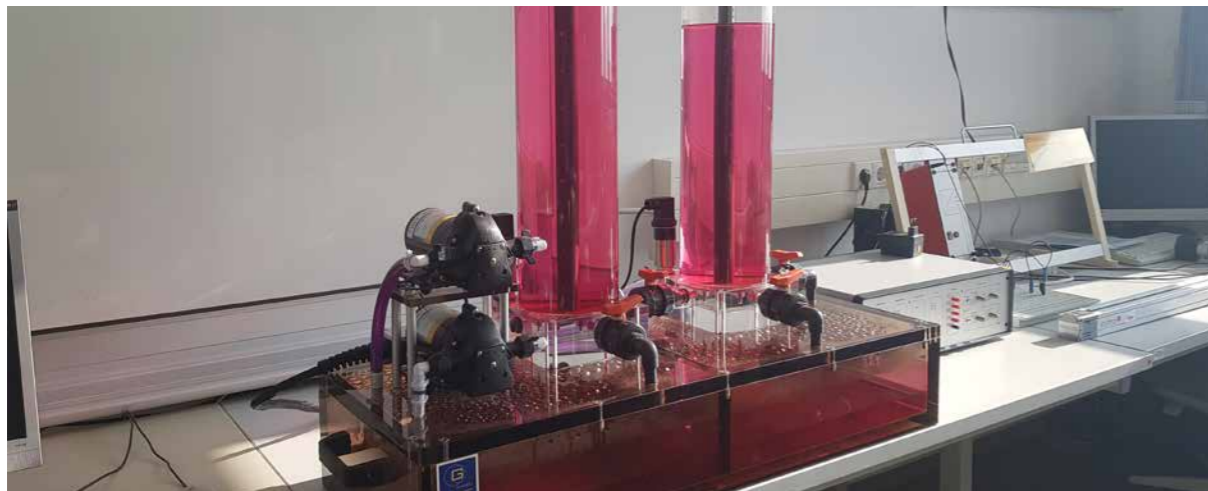
Telefon +49 (3641) 205-788

E-Mail juergen.kampe@eah-jena.de

www.iis.fh-jena.de

Regelungstechnik

Eines der zentralen Themen der Industrie 4.0 ist die selbstständige Kooperation von Maschinen im Produktionsprozess. Eine wichtige Grundlage dafür, liefert die Regelungstechnik mittels zahlreicher Methoden zur automatischen Beeinflussung technischer und nichttechnischer Prozesse. Sie ist deshalb als Querschnittsdisziplin in zahlreichen Anwendungsgebieten zu finden. Beispielhaft seien die Energietechnik, die Luft- und Raumfahrt, die Medizintechnik sowie die Verfahrenstechnik genannt.



Gezeigt ist eine Zweitankanlage aus dem Regelungstechnik-Labor. An dieser Anlage wurden unterschiedliche Methoden der Modellbildung und Regelung, inklusive Zustandsregelung erprobt.

Kompetenzen und Forschungsschwerpunkte

Die Kompetenzen der Professur für Steuerungs- und Regelungstechnik liegen vor allem in der Nutzung mathematischer Methoden zum Reglerentwurf und der dafür notwendigen Modellbildung linearer Systeme. Die Vielfalt an möglichen Anwendungen wird durch einen systemtheoretischen Zugang, d.h. die realisierungsunabhängige Beschreibung, Berechnung und Modellierung von Regelkreisen abgedeckt.

Eine wichtige Grundlage für den Reglerentwurf bildet die Identifikation linearer Systeme mit den herkömmlichen Methoden im Frequenz- und Zeitbereich, inklusive der Zustandsmodelle. Darüber hinaus sind auch komplexere Lösungsansätze wie Kalman-Filter und aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz, Fuzzy-Logik und Neuronale Netze im Portfolio.

Die Methoden zum Reglerentwurf selbst, umfassen die klassischen Methoden zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter PID-Regler und deren Derivate, sowie Methoden der Fuzzy-Regelung, Zustandsregelung und der optimalen Steuerung und Regelung.

Ausstattung:

Das Regelungstechnik-Labor bietet zeitgemäße Möglichkeiten der Modellierung und Simulation von Regelkreisen und deren Komponenten.

Softwareseitig kommen zum Einsatz:

- » Matlab/Simulink,
- » Scicos/Xcos und
- » WINFACT.

Außerdem besteht die Möglichkeit zahlreiche Prinzipien in Versuchen experimentell bzw. simulativ/experimentell zu verdeutlichen und auszuwerten. Dabei stehen im Labor folgende Geräte zur Verfügung:

- » zeitdiskrete und zeitkontinuierliche Systemkomponenten zum Aufbau von Hardware-Regelkreisen der Firma Leybold Didactic,
- » 2-Tank Füllstandsanlage der Firma Gurski GmbH,
- » Mechanische Frequenzmaschine (Eigenbau),
- » Inverses Pendel der Firma Amira und
- » Regelung eines Modellfahrrads (Eigenbau).

Kontakt Lehrgebiet Steuerungs- und Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus-Peter Döge

Telefon +49 (03641) 205-712

E-Mail klaus-peter.doege@eah-jena.de

Kontakte ServiceZentrum Forschung und Transfer

Michael Möhwald
Forschungsk Kooperationen und
Transferprojekte

Telefon +49 (03641) 205-392

E-Mail Michael.Moehwald@eah-jena.de

Caroline Reinert
Forschungsk Kooperationen und
Forschungsmarketing

Telefon +49 (03641) 205-394

E-Mail Caroline.Reinert@eah-jena.de

Sophie Reimer
Wissenschaftlicher Nachwuchs

Telefon +49 (03641) 205-125

E-Mail Sophie.Reimer@eah-jena.de

Katrin Sperling
Veranstaltungen

Telefon +49 (03641) 205-269

E-Mail Katrin.Sperling@eah-jena.de

André Kabeck
Gründerservice

Telefon +49 (03641) 205-127

E-Mail Andre.Kabeck@eah-jena.de



Impressum

Herausgeber

Ernst-Abbe-Hochschule Jena
University of Applied Sciences

Carl-Zeiss-Promenade 2
07745 Jena

Telefon: (0 36 41) 205 – 394
E-Mail: transfer@eah-jena.de
Web: www.eah-jena.de/forschung

Konzeption & Redaktion

Michael Möhwald, Caroline Reinert
ServiceZentrum Forschung und Transfer

Konzeption & Gestaltung

ART-KON-TOR Kommunikation GmbH, Jena

Druck

Förster & Borries GmbH & Co. KG
Industrierandstraße 23
08060 Zwickau

Bildnachweis:

©PopTika/shutterstock.com (Seite 1, 108, 88 – 89)
©Stock-Asso/shutterstock.com (Seite 8 – 9)
©Aumm graphixphoto/shutterstock.com (Seite 22 – 23)
©ART-KON-TOR Kommunikation GmbH (54 – 55)
©sdecoret/shutterstock.com (Seite 96 – 97)