

KOPF-CAS

Kompetenzplattform – Communications and Applied Signal processing

Sprecher der Kompetenzplattform:

Prof. Dr.-Ing. Ingo Kunold

Kontakt:

Fachhochschule Dortmund
Fachbereich Informations- und Elektrotechnik
Kompetenzplattform CAS
Sonnenstraße 96
D-44139 Dortmund

Sprecher des Instituts für Kommunikationstechnik:

Prof. Dr.-Ing. Ingo Kunold
Tel.: +49 231 9112 352
eMail: kunold@fh-dortmund.de

Sprecher des Instituts für Informationstechnik:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Felderhoff
Tel.: +49 231 9112 386
eMail: felderhoff@fh-dortmund.de

Sprecher des Instituts für Mikrosystemtechnik und Fahrzeugelektronik:

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Eden
Tel.: +49 231 9112 108
eMail: eden@fh-dortmund.de

Sprecher des Instituts für mobile Kommunikationssysteme:

Prof. Dr. Ing. Ulf Niemeyer
Tel.: +49 231 9112 691
eMail: ulf.niemeyer@fh-dortmund.de

Kompetenzplattform Communications and Applied Signal processing (KOPF-CAS)

Abstract

An Fachhochschulen steht in der Regel die qualitativ hochwertige Lehre im Vordergrund. Dies ist nicht zuletzt an dem hohen Lehrdeputat der Professoren erkennbar. Eine den hohen Qualitätsansprüchen genügende Lehre erfordert allerdings die direkte Auseinandersetzung mit aktuellen technisch wissenschaftlichen Fragestellungen aus dem täglichen Arbeitsumfeld eines Ingenieurs. So können diese anwendungsorientierten Aufgabenstellungen und Inhalte angemessen in die Lehre integriert werden.

Eine Möglichkeit, die Aktualität von technisch wissenschaftlichen Fragen mit Hochschulen fortwährend zu reflektieren, ist die Verzahnung von Unternehmen und Hochschulen in Kooperationsprojekten. Die Unternehmen, die sich auf diese Weise engagieren, erhalten Zugriff auf die leistungsstärksten Studierenden und das wissenschaftliche Potenzial der Hochschule. Das ist ein wichtiger Erfolgsfaktor für Forschung und Produktentwicklung des jeweiligen Unternehmens. Die Studierenden wiederum profitieren durch die Kooperationen ebenfalls, da sie motiviert die praxisnahe Problemlösungen durch ihre Arbeiten und Ergebnisse mit gestalten, daraus zusätzliche Motivation ziehen und frühzeitig in Kontakt zu potentiellen Arbeitgebern treten können. Für alle Beteiligten ergibt sich so eine Win-Win-Situation.

An der Fachhochschule Dortmund ist mit der vom Land Nordrhein-Westfalen eingerichteten Kompetenzplattform (KOPF) Kommunikationstechnik und angewandte Signalverarbeitung (Communications and

Applied Signal processing, CAS) ein Kompetenzbereich verankert, der in mehreren von der EU, dem BMBF, dem BMWi geförderten transferorientierten Forschungs- und Kooperationsprojekten, die enge Verzahnung zwischen Unternehmen und Hochschulen sehr erfolgreich lebt.

I. Einleitung

Die Forschungs- und Entwicklungsaufgaben (F&E-Aufgaben) in der KOPF-CAS decken eine große thematische Bandbreite ab; exemplarisch seien hier folgende Schlagworte benannt:

- Messdatenerfassung, Sensorik
- intelligente, moderne Sensoren
- ressourcenschonende Implementierung von Algorithmen, z.B. für eingebettete Systeme
- Simulation unter Berücksichtigung realer Effekte
- Messdatenauswertung, Steuern & Regeln
- Aufbereitung und Verteilung von Informationen
- Drahtgebundene und drahtlose Kommunikation
- Fernwirk- und Leittechnik in verteilten IP basierten Systemen
- Rechnergestützte NGN Sprachkommunikationssysteme und Portale

Hieran wird deutlich, dass die KOPF-CAS mit ihrem Portfolio den gesamten Entwicklungszyklus von der Datenerfassung über die Verarbeitung bis hin zur Verteilung und Auswertung der Daten bzw. der gewonnenen Informationen abdeckt. Umfassende Lösungen lassen sich somit aus einer Hand entwickeln, wobei sich die beteilig-

ten Wissenschaftler zielorientiert mit ihren jeweiligen Kompetenzen einbringen.

Die an der KOPF-CAS beteiligten Professoren und ebenso die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nehmen Aufgaben in der Lehre sowie in der Forschung und Entwicklung wahr. Damit ist auf allen Ebenen die enge Verzahnung von F&E und der Lehre gegeben.

Dies bedeutet auch, dass frühzeitig Studierende an die praxisnahe Lösung aktueller F&E-Aufgaben herangeführt werden. Konkrete Aufgaben richten sich nach dem Qualifizierungsgrad dieser Studierenden, die in einem der Studiengänge *Informations- und Kommunikationstechnik* (Diplom, Bachelor), *Telekommunikationstechnik* (Diplom), *Fahrzeugelektronik* (Diplom, Bachelor) oder *Informationstechnik* (Master) durch überdurchschnittlich gute Leistungen auf sich aufmerksam gemacht haben.

In der KOPF-CAS werden Synergien zwischen Forschung, Entwicklung und Lehre optimal ausgenutzt. Die gewählte strukturelle Organisation spiegelt sowohl die vorhandenen Kernkompetenzen im Einzelnen als auch die sich daraus ergebenden thematischen Schnittmengen wider.

II. Institute und Forschungsschwerpunkte

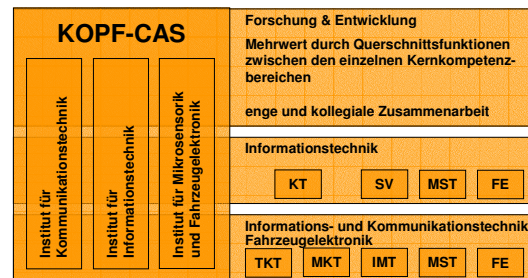
Die KOPF-CAS vereint schwerpunktübergreifend die Forschungsaktivitäten der drei Institute

- Institut für Kommunikationstechnik,
- Institut für Informationstechnik,
- Institut für Mikrosensorik und Fahrzeugelektronik,

im Fachbereich Informations- und Elektrotechnik. Jedes Institut hat seine speziellen Kernkompetenzgebiete ausgebildet. Im Zusammenschluss dieser Institute in der KOPF-CAS entsteht ein zusätzlicher Mehrwert bezogen auf Querschnittsfragen in F&E-Projekten.

Vor allem die gute kollegiale Zusammenarbeit innerhalb der Kompetenzplattform gestattet eine gezielte Bündelung aller zur Lösung einer Aufgabe erforderlichen Kompetenzen.

Erfolgreiche Forschung:
Kompetenzplattform „Communications and Applied Signal processing“
KOPF-CAS des Landes Nordrhein-Westfalen



Organisation der Kompetenzplattform
Kommunikationstechnik und angewandte
Signalverarbeitung (KOPF-CAS)

Bevor die F&E-Aktivitäten der einzelnen Institute nachfolgend beschrieben werden, soll der Anteil der KOPF-CAS an dem Lehrangebot und den Studiengängen des Fachbereiches Informations- und Elektrotechnik betrachtet werden. Abbildung 1 zeigt als ersten berufsqualifizierenden Abschluss die Studiengänge *Informations- und Kommunikationstechnik* sowie *Fahrzeugelektronik*. Als Abschluss wird zurzeit noch der Titel Diplomingenieur und nachfolgend der Titel Bachelor of Engineering vergeben. Zusammenfassend können sich die Studierenden in einer der Richtungen

- Kommunikationstechnik (TKT)
- Mobilkommunikationstechnik (MKT)
- Informations- und Medientechnik (IMT)
- Mikrosystemtechnik (MST) oder
- Fahrzeugelektronik (FE)

vertiefen.

Mit dem Masterstudiengang *Informationstechnik* ist an der FH Dortmund die Möglichkeit zu einer auf den genannten Lehrinhalten aufbauenden Spezialisierung in den Gebieten

- Kommunikationstechnik (KT)
- Signalverarbeitung (SV)
- Mikrosystemtechnik (MST) und
- Fahrzeugelektronik (FE)

gegeben. Als Abschluss kann so der Master of Science erworben werden.

Die Professoren, die an der KOPF-CAS beteiligten Institute, verantworten einen wesentlichen Anteil der Lehrinhalte in den aufgeführten Studiengängen. Somit ist durch die strukturelle Organisation der

KOPF-CAS eine enge Verzahnung von Lehre und F&E-Aktivitäten zwangsläufig vorhanden. Synergien werden optimal ausgenutzt.

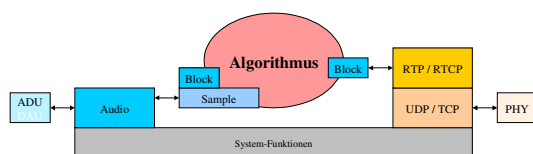
Diese Organisation besitzt außerdem einen entscheidenden Vorteil; sie ist historisch gewachsen. Jedes einzelne Institut kann auf eine langjährige Geschichte erfolgreicher Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zurückblicken, denn jedes Institut betreibt einen anerkannten Forschungsschwerpunkt (FSP). Diese Forschungsschwerpunkte unterliegen einer regelmäßigen Anpassung ihrer F&E-Themen, und damit bildet jeder FSP und somit jedes Institut sein unverwechselbares Profil und seine Kernkompetenzgebiete aus.

A. Institut für Kommunikationstechnik und Forschungsschwerpunkt Kommunikationstechnik

Professoren Dr. Bongardt, Dr. Kunold, Dr. Scholz, Dr. Wißing

Das Institut für Kommunikationstechnik arbeitet im gleichnamigen mit Unterstützung des Landes NRW eingerichteten Forschungsschwerpunkt seit 1995 an Themen der digitalen Sprach- und Datenkommunikation. Die Aufgaben umfassen Themen von der Datenerfassung und Aufbereitung in Rechnern und speziellen Endgeräten sowie eingebetteten Signalverarbeitungssystemen über Protokolle und Übertragungsverfahren bis zu Netztopologien von verteilten NGN Informations- und Kommunikationssystemen in ISDN und IP-Netzen.

Die Entwicklungsumgebung für den Bereich der eingebetteten Kommunikationssysteme ist in der nachfolgenden Skizze dargestellt.

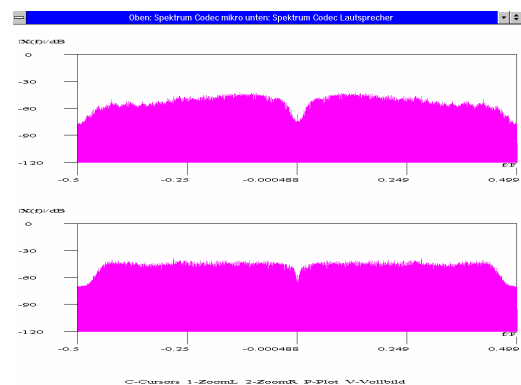


Entwicklungsumgebung für eingebettete Kommunikationssysteme

Über A/D-Umsetzer werden elektrische Signale der Sensoren in das eingebettete

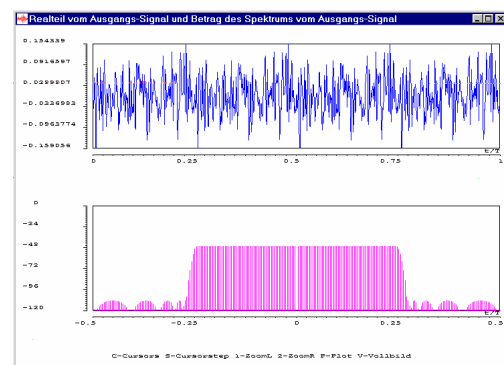
Signalverarbeitungssystem eingelesen, vorverarbeitet und z.B. wie hier dargestellt über das IP-Netz an den übergeordneten Netzknoten bzw. den Server übertragen. Die Entwicklung der Software erfolgt in C, C++, Assembler sowie serverseitig in C++ und Java.

Zur System- und Signalanalyse werden Methoden der modernen digitalen Signalverarbeitung eingesetzt. Im nachfolgenden Bild sind beispielhaft gemessene Signale bei der Analyse einer Sprachübertragungsstrecke mit speziellen stochastischen Prozessen im GSM-Netz dargestellt. Das Messsystem wurde im IKT entwickelt. Mit entsprechender weitergehender Auswertung können Aussagen zur Übertragungsqualität und zur Echounterdrückung gemacht werden.



Spektrale für Sprachübertragungskanäle im GSM-Netz

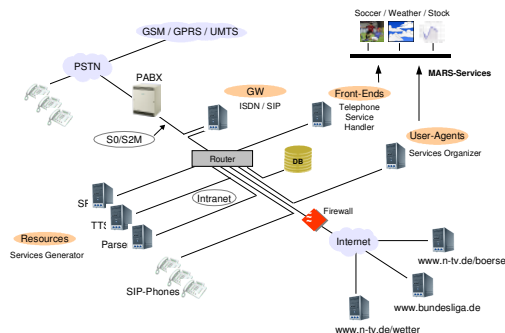
Weitere Verfahren erlauben die schnelle Analyse z.B. von Filtern bei Audio-Übertragungskanälen, wie im nachfolgenden Bild zu erkennen ist.



Spektralanalyse an Digitalfiltern

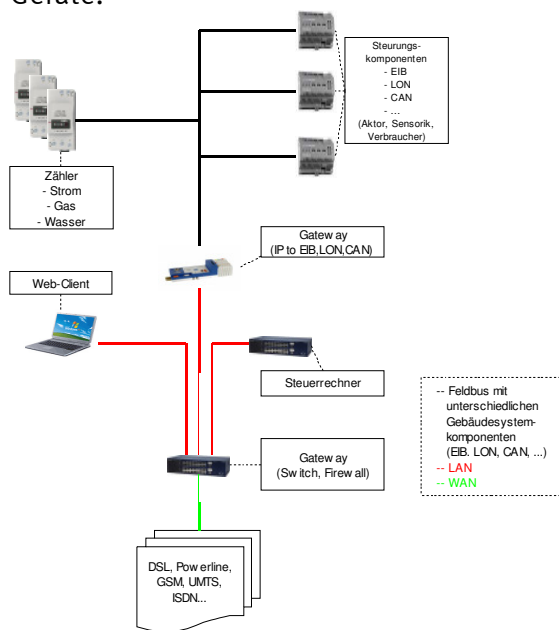
Im Rahmen der Initiative verteilte NGN Sprachkommunikationssysteme arbeitet das IKT an rechnergestützten Systemen, die ISDN- und IP-Netze zu einem homo-

genen Kommunikationsnetz integrieren und unterstützende Sprachdienste sowie Übergänge zwischen Sprach- und Datendiensten ermöglichen. Das System ist insbesondere für die Kommunikationsinfrastruktur von kleinen und mittelständischen Unternehmen interessant.



Kommunikationsnetzwerk der nächsten Generation (NGN)

Das Institut für Kommunikationstechnik arbeitet mit Partner aus der Wirtschaft in Projekten im Rahmen der e-energy-Initiative der Bundesregierung an Informationssystemen zur Energieeinsparung im Energieversorgungsnetz mit. So wurde im Jahr 2008 das BMBF-Projekt e-energy@home begonnen, das sich mit dem Einsatz von entsprechenden Systemen in Privathaushalten und kleinen Unternehmen beschäftigt. Im Vordergrund stehen hier die Kommunikationsprozesse mit dem Energieversorger sowie die zeitlich priorisierte Steuerung der internen Geräte.



e-Energy-Szenario in Privathaushalten und bei kleinen und mittelständischen Unternehmen

B. Institut für Mobile Kommunikationssysteme

Professoren Dr. Gustrau, Dr. Maschen, Dr. Niemeyer

Das Institut für Mobile Kommunikationssysteme arbeitet schwerpunktmäßig in den Bereichen:

- Drahtlose Kommunikationssysteme
- HF-Schaltungen und -Meßtechnik
- Antennentechnik

Das Themenfeld umfasst den gesamten Problembereich, der auch bei den nichtmobilen Systemen zu betrachten ist. Dazu tritt die Mobilität, die in der Regel eine Anbindung über die Funkschnittstelle bedeutet.

Die Verwendung des Mediums Funk bringt u.a. zwei Besonderheiten mit sich, die bei drahtgebundenen Systemen nicht in dieser starken Weise ins Gewicht fallen:

- Rundfunkcharakteristik und begrenzte Reichweite
- Knappheit des Spektrums

Beide Besonderheiten haben direkten Einfluss sowohl auf den Signalfluss durch ein mobiles Kommunikationssystem, als auch auf die zweckmäßigen Protokollabläufe.

Hinsichtlich des Signalflusses beschäftigt sich das Institut mit der analogen und digitalen Signalverarbeitung. Letztere gestattet die Unterstützung von Zeit-, Frequenz-, Kode- und Raum-Multiplex-Verfahren, so dass besonders effiziente Übertragungsverfahren möglich werden.

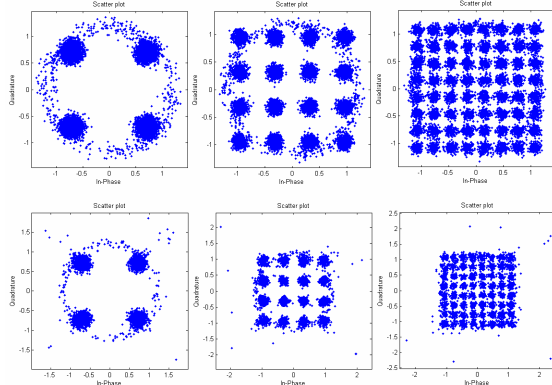


R&S CMU200 Radio Communication Tester für GSM- und Bluetooth

Neben den Standards für zellulare (GSM, UMTS) und nichtzellulare (WLAN, Bluetooth, ZigBee) Mobilfunksysteme ist die Simulation und Implementierung der notwendigen digitalen Signalverarbeitung ein Schwerpunkt.

Hinsichtlich der Protokollabläufe gibt es die Notwendigkeit zur effizienten Verwaltung und Ausnutzung der Spektrumressource, so dass das sog. Radio Resource Management ein weit gespanntes Thema speziell für Mobilfunksysteme ist.

Aber selbst allgemein etabliert scheinende Protokolle höherer Schichten – bspw. TCP – verhalten sich im Funkumfeld nicht in der gewohnten Weise und können bei unkritischer Verwendung zu erheblichen Einbußen führen.

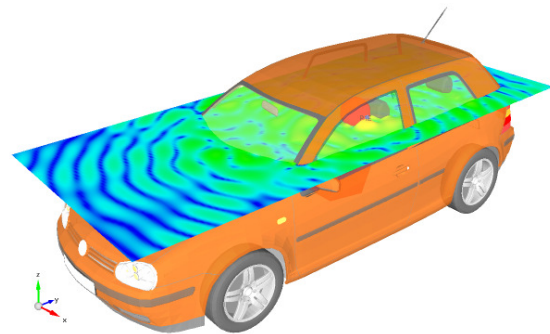


Simulation verschiedener Kanalverzerrungsverfahren beim Empfang von Digital Radio Mondial

Ein weiterer, bei der Verwendung drahtloser Systeme oder Systemteile zunehmend in den Fokus rückender Aspekt ist die spontane (ad hoc) Vernetzung einzelner Netzelemente miteinander sowie die Übertragung von Daten über mehrere Netzelemente hinweg (multi hop). Die Betrachtung entsprechender Protokolle und Algorithmen – bspw. durch Erprobung und Simulation – ist daher ebenfalls ein Schwerpunktthema des Instituts.

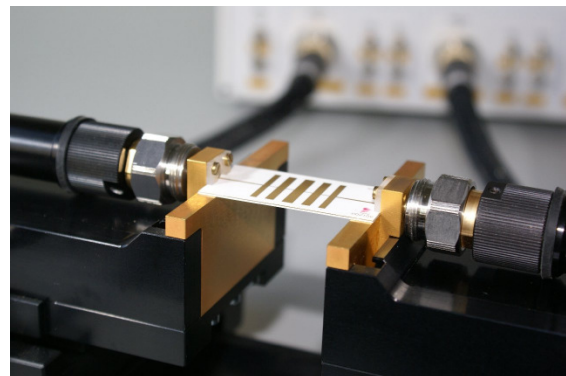
Bei aller Digitalisierung findet Kommunikation letztlich immer über einen physikalischen, analogen Kanal statt. Viele gravierende Fortschritte werden auch heutzutage in diesem Bereich erzielt.

Das Institut verfügt über eine Reihe moderner 3D-Feldsimulatoren, die in zunehmendem Maße bei der industriellen Entwicklung von Hochfrequenz-Komponenten, Schaltungen und Antennen sowie bei der Analyse von EMV-Problemen eingesetzt werden. Durch die rasante Steigerung der Rechenleistung handelsüblicher PCs in den letzten Jahren sowie die konsequente Weiterentwicklung der Algorithmen und der Bedienoberflächen sind mittlerweile auch komplexe Geometrien wie Antennen an Fahrzeugen berechenbar.



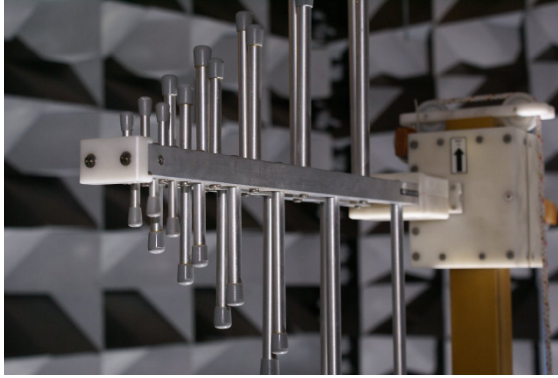
FDTD-Simulation des elektrischen Nahfeldes an einem Kraftfahrzeug

Die Forschungstätigkeit im Institut beinhaltet die Untersuchung effizienter Modellierungsstrategien sowie Fragen der Modell-Validierung und Genauigkeit. Die Simulations-Werkzeuge decken dabei alle drei etablierten Lösungsverfahren: Finite-Elemente Methode (FEM), Finite-Differenzen im Zeitbereich (FDTD) und Momentenmethode (MoM) ab. Durch den praxisnahen Einsatz der Simulatoren in Industrie-Projekten und in Zusammenarbeit mit öffentlichen Auftraggebern liegen langjährige Erfahrungen in unterschiedlichen Anwendungsgebieten vor.



Vermessung eines 9,5-10,5GHz Bandpassfilters an einem 20GHz Viertor-Netzwerkanalysator

Neben den computergestützten Simulations- und Entwurfswerkzeugen verfügt das Institut auch über die erforderliche Messgeräteausrüstung – bspw. Netzwerk- und Spektrumanalysatoren, EMV-Prüf-einrichtungen, etc. –, um die entworfenen, mit Simulationstechniken analysierten und schließlich gefertigten Komponenten zu vermessen und zu testen. Ein Absorberraum steht für Antennenmessungen, sowie als Faradayscher Käfig für störempfindliche Schaltungsuntersuchung zur Verfügung.



Absorberraum mit logarithmisch-periodischer Messantenne

Auf dem Dach der Fachhochschule Dortmund befindet sich eine Anlage zur Antennenvermessung mit einem Messabstand von 80 m.



Testaufbau einer neuentwickelten Hochgewinnantenne für den 2,4GHz- und 5GHz-Bereich auf der Dachmeßstrecke

Außerdem sind ein Messfahrzeug, ein Außengelände mit Antennenturm und Versuchsfunklizenzen in verschiedenen Frequenzbereichen vorhanden und ermöglichen mobile Messkampagnen.

C. *Institut für Informationstechnik und Forschungsschwerpunkt Process Improvement & CAQ*

Professoren Dr. Baszenski, Dr. Felderhoff,
Dr. Igel, Dr. Lennarz, Dr. Schwick

Das Institut für Informationstechnik vereint unter den Themenbereichen

- Software-Engineering
- Embedded Signal Processing und
- Robust control

seine Kernkompetenzen. Die Entwicklung und der Einsatz moderner Entwicklungsumgebungen für eine modellbasierte Entwicklung stehen im Fokus aller Projekte. Diese immer stärker in unternehmerische Prozessabläufe integrierte Entwicklungsmethodik wird in dem erweiterten Forschungsschwerpunkt *Process*

Improvement & CAQ (ehemals CAQ – Computer Aided Quality) aufgegriffen und unterstützt eine frühzeitige Qualitätssicherung im Entwicklungsprozess für Eingebettete Systeme.

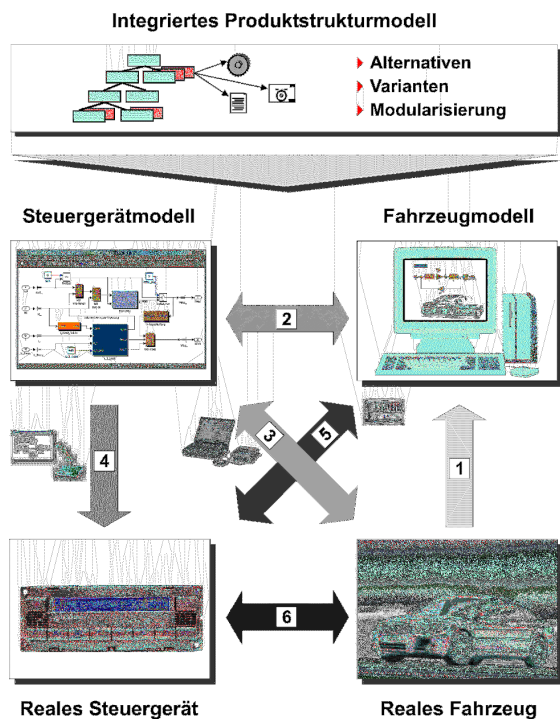
Eine bereits abzusehende Weiterentwicklung dieses FSPs wird fachbereichsübergreifend speziell auf zwei zukunftsträchtige Anwendungsgebiete fokussieren und unter dem Titel *Process Improvement for Mechatronic and Embedded Systems* (PIMES) zurzeit überarbeitet.

Steigende Qualitätsansprüche, der zunehmende internationaler Wettbewerb, ein Anstieg der Produktkomplexität durch die wachsende Funktions- und Technologievielfalt in Verbindung mit ständig sinkenden Produktentwicklungszeiten führen zu der Forderung, dass die Qualitätssicherung durch intensive Prüftätigkeiten zur Funktionsabsicherung verstärkt bereits bei der Produktentstehung, d.h. während des Entwicklungsprozesses zu berücksichtigen ist. Diese Forderung trifft aufgrund der hohen Komplexität speziell moderne Produkte mit hoher Integration von Informationstechnik und Mechanik, wie sie vielfach in der Automobiltechnik (Fensterheber, Getriebesteuerung, Keyless-entry-go, Klimaautomatik, Motormanagement, Sitzverstellung, X-by-wire-Produkte etc.), dem Maschinenbau (Bildverarbeitungssysteme zur automatischen Positionierung, Pick-and-Place-Automaten, Roboter etc.) oder der Konsumelektronik (CD- und DVD-Abspielgeräte, Camcorder, Digital-Fotoapparate etc.) anzutreffen sind.

Zur Spezifikation solcher ***Eingebetteter Systeme*** stellt der ***modellbasierte Systementwurf*** ein zeitsparendes und kosteneffektives Vorgehen dar. Dabei ermöglicht die Entwicklung, auf Basis von Computermodellen realer Komponenten in einer integrierten Softwareumgebung, ein optimiertes und vollständig mit allen Teilkomponenten getestetes Gesamtsystem zu erhalten.

Die folgende Darstellung verdeutlicht wesentliche Entwurfsschritte beim

modellbasierten Entwurf eingebetteter Systeme.



1 Modellbildung (Systemstrecke) 2 SIL (Software in the Loop)
 3 Rapid Prototyping (Applikation) 4 Automatische Codegenerierung
 5 HIL (Hardware in the Loop) 6 Integration
 Entwurfsschritte beim modellbasierten Entwurf eingebetteter Systeme

Grundlage des modellbasierten Entwurfs ist ein **integriertes Produktstrukturmodell** als Repräsentant des Produktes, der alle relevanten Informationen in hinreichender Vollständigkeit enthält. Das integrierte Produktstrukturmodell entsteht entwicklungsbegleitend und beinhaltet die Gliederung des Produktes in Module und auch die Gesamtheit der Varianten über den vollständigen Produktlebenszyklus.

Die einzelnen Schritte entsprechend der obigen Abbildung im Entwicklungsprozess bieten in ihrer Gesamtheit auch bei wachsender Komplexität der Systemfunktionen die Möglichkeit, in sorgfältig strukturierten, systematischen Entwicklungsabläufen die Funktion, Sicherheit und Zuverlässigkeit sowohl einzelner Teilsysteme als auch des Gesamtsystems unter kritischen Bedingungen zu verifizieren und zu validieren. Notwendige Voraussetzung ist dabei die Bereitstellung eines Modells der Systemumgebung des eingebetteten Systems. Dieser als **Modellbildung** bezeichnete Entwurfsschritt erfolgt in der

Regel auf Basis blockdiagrammbasierter Modellierungswerkzeugen wie z.B. MATLAB®/Simulink®. Durch Offline-Simulationen wird abschließend eine im Rahmen der Aufgabenstellung ausreichende Übereinstimmung von Systemmodell und realem System überprüft, wobei ggf. mehrere Iterationsschleifen notwendig werden.

Im folgenden Entwurfsschritt wird auf Basis des Systemmodells mit den gleichen Modellierungswerkzeugen ein Modell des zu entwickelnden eingebetteten Systems entwickelt. Der Funktionsnachweis und die Optimierung dieses Modells erfolgt in einem ersten Prüfschritt durch **Software-in-the-Loop-Tests** (SIL-Tests), d.h. durch Integration des Modells in einer gemeinsamen Simulationsumgebung mit der modellierten Systemumgebung. Diese Simulation des Systems erfolgt zu diesem Zeitpunkt im Allgemeinen noch nicht in Echtzeit.

Nach erfolgreichen SIL-Tests kann das Modell am realen Zielsystem überprüft werden. Hierfür muss das Modell in Echtzeit unter den Bedingungen des Zielsystems arbeiten. Da diese Bedingungen in der Regel nur von Spezialhardware unter Nutzung eines Echtzeitbetriebssystems erfüllt werden können, erfolgt zur schnellen Überprüfung der Funktionalität im Hinblick auf die Verkürzung der Entwicklungszeit eine Übertragung des Modells auf ein **Rapid-Prototyping-System**. Mit Hilfe des Rapid-Prototyping-Systems kann der Funktionsnachweis mittels Testfällen unter realen Bedingungen erbracht werden, ohne hierfür bereits die reale Zielhardware gefertigt zu haben.

Das mittels Rapid-Prototyping abgesicherte Modell wird in einem nächsten Entwurfsschritt auf die Zielhardware, d.h. den für die Serienproduktion gewählten Mikrocontroller bzw. digitalen Signalprozessor übertragen. Hierfür wird das getestete Modell derart codiert, dass es auf der Zielhardware möglichst ressourcensparend und effizient ausgeführt werden kann. Da das Modell in

der Regel auf Basis von Gleitkommaarithmetik arbeitet, die Zielhardware hingegen auf Basis von Festkommaarithmetik, kann es hier bei manueller Bearbeitung zu erheblichen Problemen kommen. Aus diesem Grund kann in die modellbasierte Entwicklung eine bitgenaue Simulation unter Berücksichtigung der konkreten Arithmetik der Zielhardware integriert werden, um anschließend die in Simulationen überprüfte optimale Skalierung der Signalwerte mittels

Automatischer Codegenerierung auf die Zielhardware zu überführen.

Damit das zu erstellende reale Steuergerät kurzfristig und kostengünstig bereits frühzeitig getestet werden kann, werden im nächsten Entwurfsschritt **Hardware-in-the-Loop-Systeme** (HIL-Systeme) eingesetzt. Unter Hardware-in-the-Loop versteht man die Integration des realen Steuergerätes mit dem Modell in eine gemeinsame Simulationsumgebung. Die Simulation muss zur Erfassung der Systemdynamik in Echtzeit und unter Nachbildung der realen physikalischen Einflussgrößen (Kräfte, Momente, Widerstände, Induktivitäten, Kapazitäten etc.) erfolgen. Hierfür wird das Modell auf einer Spezialhardware, einem HIL-System implementiert.

Das mittels HIL erfolgreich getestete reale Steuergerät kann abschließend in das reale Zielsystem integriert werden. Diese **Integration** endet mit einer erfolgreichen Erprobung des realen Gesamtsystems und beinhaltet die abschließende Anpassung aller relevanten Geräteparameter.

Der FSP *Process Improvement & CAQ* forscht zur Verbesserung und Anwendung des modellbasierten Systementwurfs in folgenden Bereichen:

- Rechnerunterstützung bei der Erstellung und Analyse integrierter Produktstrukturmodelle.
- Aufbereitung des modellbasierten Entwurfs für eingebettete Systeme der Audio- und Videosignalverarbeitung.
- Untersuchungen zur Problematik der Umwandlung von Gleitkomma- in Festkommaarithmetik beim

Übergang vom Modell auf die Zielhardware.

- Automatische Codegenerierung für aktuell nicht unterstützte Zielsysteme.
- Leistungsanalysen bestehender Systeme zur automatischen Codegenerierung.
- Aufbereitung des modellbasierten Entwurfsprozesses speziell für kleine und mittelständische Unternehmen.

Die Anwendung der Entwicklungsmethodik des modellbasierten Entwurfs ist applikationsunabhängig. Praxisnahe Problemlösungen, die in den Kernkompetenzgebieten des Instituts für Informationstechnik, d.h. Software-Engineering, Systemtheorie, Regelungstechnik oder Signalverarbeitung, entwickelt werden, lassen sich vorteilhaft unter den ausgeführten Gesichtspunkten für eine optimale Qualitätssicherung demonstrieren.

D. Institut für Mikrosensorik und Fahrzeugelektronik

Professoren Dr. Babel, Dr. Eden, Dr. Krüger, Dr. Wiegler

Das Institut für Mikrosensorik und Fahrzeugelektronik (IfM & FE) sieht seine Kernkompetenzen in den folgenden Themenbereichen

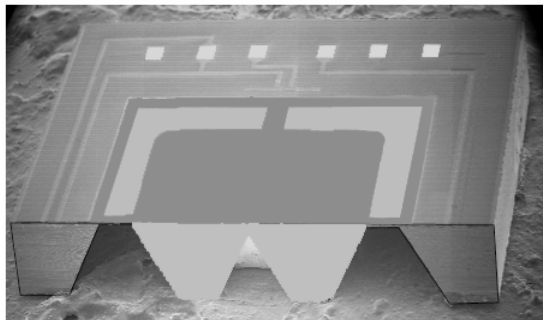
- Fahrzeugelektronik
- Automotive Sensorik
- Gassensorik & MEMS
- Power Management.

Die Entwicklung und der Einsatz moderner mikroelektronischer Systeme und mikromechanischer Sensoren in Fahrzeugen aller Art stehen im Fokus aller Projekte. Dabei werden insbesondere die Anforderungen bzgl. der Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit zukünftiger Entwicklungen berücksichtigt

Die Entwicklung und der Einsatz moderner mikroelektronischer Systeme und mikromechanischer Sensoren in Fahrzeugen aller Art stehen im Fokus aller Projekte. Dabei werden insbesondere die Anforderungen bzgl. der Umweltverträglichkeit

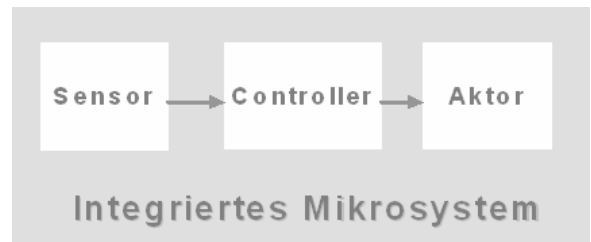
und Nachhaltigkeit zukünftiger Entwicklungen berücksichtigt.

Das Entwicklungspotential lässt sich sehr gut am Beispiel der integrierten Drucksensoren verdeutlichen: Drucksensoren gibt es schon seit langer Zeit. Doch erst die Kombination von Sensoren und Halbleitersbauelementen machte den Einsatz dieser Sensoren z.B. als Reifendrucksensoren, zur Optimierung des Benzin/Luftgemisches oder für Seitenairbagsysteme in Fahrzeugen möglich. Sensor und Auswerteelektronik sind auf einem Chip integriert. Das von der Elektronik linearisierte und temperaturkompensierte Signal wird z.B. über ein Funkmodul an den Bordcomputer gemeldet.



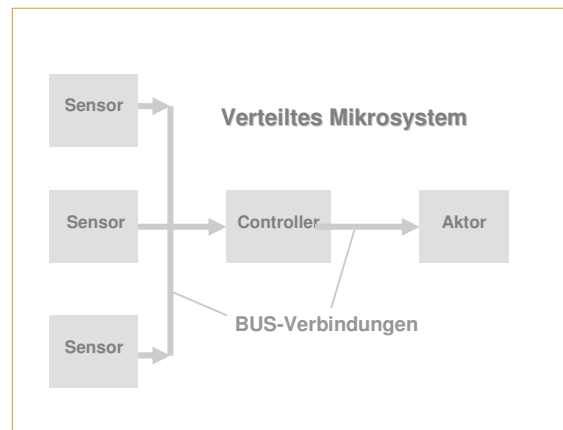
REM piezoresistiver Drucksensor (ELMOS Semiconductor AG)

Mikrosysteme bestehen aus Sensoren, Aktoren und einer zentralen elektronischen Einheit - dem Controller oder auch Mikroprozessor. Sensoren erfassen die physikalischen Parameter wie Temperatur, Druck, Feuchtigkeit, Schadstoffe (Gase), Füllstände usw., während die Aktoren die ausführenden Organe darstellen. Aktoren führen Bewegungen aus, ähnlich wie das bei einem Menschen die Gliedmaßen (Füße und Beine) vollziehen. Die zentrale Steuereinheit - der Mikroprozessor - ist dann mit dem Gehirn vergleichbar. Werden diese drei Komponenten zu einer Funktionseinheit zusammengefasst, spricht man von einem System. Integriert man diese Einheit schließlich zu einem miniaturisierten System, spricht man von einem integrierten Mikrosystem.



Definition eines Mikrosystems

In vielen Anwendungsfällen findet allerdings keine räumlich nahe Integration der Einzelkomponenten statt. So müssen z.B. die Sensoren in der Lage sein, an verschiedenen Stellen die gewünschte Information abzufragen, was zu einer Verteilung der einzelnen Sensoren führt. Die Kommunikation mit dem Controller erfolgt über geeignete Bus-Systeme.



Definition verteilter Mikrosysteme

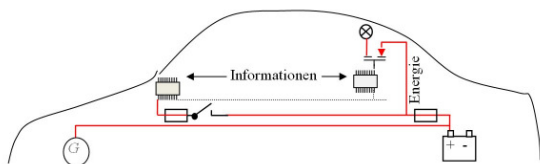
Auch die Aktoren sind zumeist an unterschiedlichen Stellen platziert. Weiterhin müssen Aktoren in der Lage sein, große Stellkräfte aufzubringen, die nur durch elektromotorische Antriebe realisiert werden können. In der Praxis sind daher verteilte Mikrosysteme und teilintegrierte Mikrosysteme (Sensor + Elektronik oder Aktor + Elektronik) im Einsatz.



Infrarot-Gassensor, smartGAS Mikrosensorik GmbH, Dortmund

Im Bordnetz werden sowohl die elektrische Energie, sowie Informationen transportiert. Vergleicht man ein Fahrzeug mit einem menschlichen Körper, so sind die Kabel die Blutbahnen und Nervenstränge gleichermaßen. Das Bordnetz besteht physikalisch aus dem Kabelsatz bzw. aus mehreren Teilkabelsätzen. In den Kabelsätzen (KS) moderner PKWs werden einige Kilometer an Kabeln und Leitungen verbaut, einige tausend Kontaktstellen sind verbunden. Gewichtsmäßig liegt man im Bereich von 50 kg und es ist das teuerste Zukaufteil für Fahrzeuge (teurer als z.B. der Motorblock).

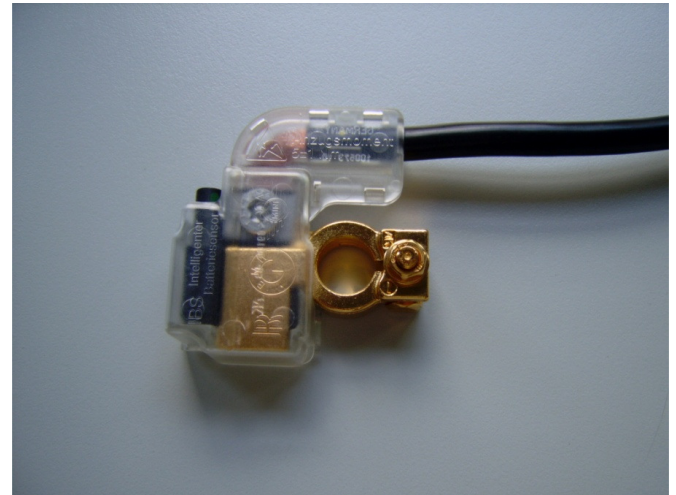
In modernen Bordnetzen werden die Informationen von Mikroprozessoren gesammelt, verarbeitet und über Bussysteme digital codiert weitergeleitet. Während der Fahrt kommt die Energie dabei nicht aus der Batterie, sondern wird von einem Generator (Lichtmaschine oder andere elektrische Maschine) erzeugt.



Fondbeleuchtung, Schaltung mit Bordnetzcontroller und Transistor

In zukünftigen Hybrid- und E-Fahrzeugen wird zwischen Generator und Bordnetz ein Spannungswandler sein, der zwischen den unterschiedlichen Spannungsebenen transformiert. An diesem Beispiel wird

deutlich wie sich das Bordnetz zum smarten System entwickelt hat und sich noch weiterentwickeln wird. Neue Werkstoffe werden zukünftig in Bezug auf Kosten und Gewichtseinsparung bei steigender Qualität und Umweltverträglichkeit ebenfalls eine große Rolle spielen.



Intelligenter Batteriesensor

III. Zusammenfassung

Diese Übersicht stellt einen Auszug aus den F+E-Projekten der Kompetenzplattform CAS dar und kann daher nur einen unvollständigen Einblick in einige Arbeitsgebiete der beteiligten Professoren geben. Sie arbeiten erfolgreich gemeinsam mit Partnern, insbesondere aus der Wirtschaft in der Region Dortmund aber auch überregional und international, in Kooperationsprojekten der anwendungsorientierten Forschung und Lehre zusammen.

Zahlreiche Projekte werden von der europäischen Union, der Bundesregierung und vom Land Nordrhein Westfalen über die Forschungs- oder Wirtschaftsförderprogramme sowie über die Strukturförderung der Hochschulen in NRW unterstützt. Interessenten an einer substantziellen fachlichen Zusammenarbeit sind an der Kompetenzplattform CAS stets sehr willkommen.