



# LOEWE

## ABSCHLUSSBERICHT



**LOEWE-Schwerpunkt  
Cocoon – Kooperative Sensorkommunikation**

# Inhalt

- 2 Statement des Koordinators
- 3 Projektinhalte
- 3 Wissenschaftlich-technische Ausgangslage
- 3 Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen
- 5 Erreichte Strukturentwicklung
- 5 Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld
- 6 Wichtigste Meilensteine des Projekts
- 7 Weitere Informationsmöglichkeiten
- 7 Zahlen und Fakten
- 8 Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und Forschungsinstitute
- 13 Impressum

Der LOEWE-Schwerpunkt Cocoon wurde am 1. Januar 2011 etabliert und über vier Jahre mit insgesamt 5,4 Mio. Euro vom Land Hessen im Rahmen der dritten Staffel des Forschungsförderungsprogramms LOEWE (Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz) finanziert.

Durch die Forschung auf dem Gebiet der massiv vernetzten, drahtlosen Sensorkommunikation werden wir in die Lage versetzt, einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitswelt in vielen Bereichen leisten zu können. Sensoren im Sinne dieses Forschungsschwerpunkts umfassen unterschiedlichste Geräte: von einfachen drahtlos kommunizierenden Sensorknoten wie Umweltsensoren, Autoschlüsseln, elektronischen Geldbörsen oder Pulsmessern bis hin zu komplexen Sensorplattformen wie Mobiltelefonen und Navigationsgeräten. Entsprechend vielfältig sind zukünftige neuartige Anwendungen, die sich beispielsweise in den Kontext einer *smart city* einordnen lassen. Dieses Konzept erfordert eine intelligente Umgebung, in der Dienste, die das tägliche Leben unterstützen, allgegenwärtig zur Verfügung stehen.

Die Homepage des Schwerpunkts unter <http://www.cocoon.tu-darmstadt.de> gibt Ihnen einen Überblick über das vielfältige Forschungsprogramm.



Prof. A. Zoubir  
Kordinator des LOEWE-Schwerpunkts Cocoon  
Technische Universität Darmstadt



## Projekthalte

### Wissenschaftlich-technische Ausgangslage

Dem in den letzten Jahrzehnten erzielten Fortschritt auf dem Gebiet der drahtlosen Kommunikation ist es zu verdanken, dass aktuell mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung drahtlos und mobil kommunizieren kann. Nachdem entsprechende Kommunikationssysteme zunehmend den Zugang zu einer breitbandigen Informationsinfrastruktur ermöglicht haben, wird zukünftig die Bereitstellung unterschiedlicher Funktionalität im Rahmen massiv vernetzter, drahtloser Sensor- und Kommunikationssysteme die Lebens- und Arbeitswelt revolutionieren. Für diese so genannte ubiquitäre Kommunikation – die hochgradige Vernetzung von Nutzern, Rechnern und physikalischen Objekten an jedem Ort und zu jeder Zeit – ist die Weiterentwicklung wissenschaftlicher Methoden und Werkzeuge, die Entwicklung neuer Basistechnologien sowie neuer Kommunikationsparadigmen zwingend notwendig.

Es ergeben sich vielfältige neuartige Anwendungen und damit verbundene wissenschaftliche Fragestellungen, die sich in den Kontext einer *smart city* einordnen lassen. Dieses Konzept erfordert eine intelligente Umgebung, in der Dienste, die das tägliche Leben unterstützen, allgegenwärtig zur Verfügung stehen. Eingebettet in eine *smart city* sind unter anderem intelligente häusliche Umgebungen (*smart home*), intelligente Transportsysteme (*smart transport*), drahtlose persönliche Netze (*PAN*) und drahtlose Basisnetze. Um diese Vision zu ermöglichen, ist eine Umgebung notwendig, in der sämtliche Geräte in einer kooperativen Weise drahtlos miteinander kommunizieren können. In einem solchen Netzwerk mit einer hohen Anzahl von mobilen und stationären Knoten und unter Berücksichtigung verschiedener Dienstgütekriterien sind folgende Aspekte von grundlegender Bedeutung:

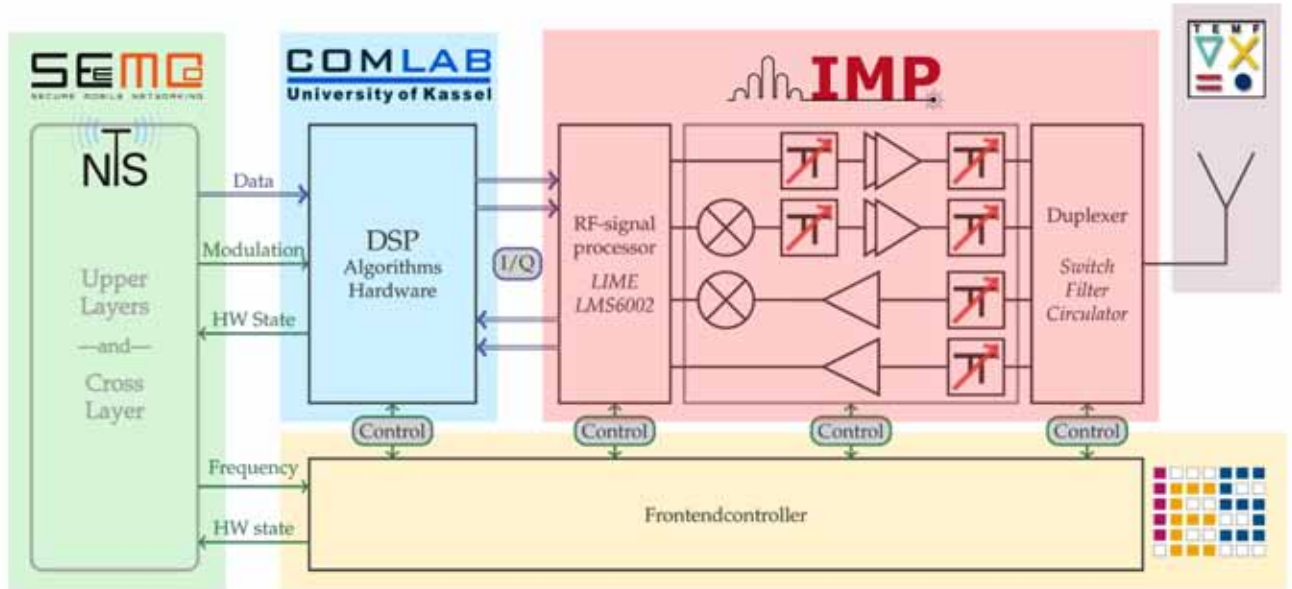
- Flexible und skalierbare Netzwerk- und Komponentenarchitekturen
- Effizientes Ressourcenmanagement
- Sicherheits- und kontextsensitive, qualitätsorientierte Dienste
- Interferenzresistente, kooperative Kommunikation

- Energie- und bandbreiteneffiziente drahtlose Kommunikation
- Rekonfigurierbare Transceiver-Architekturen

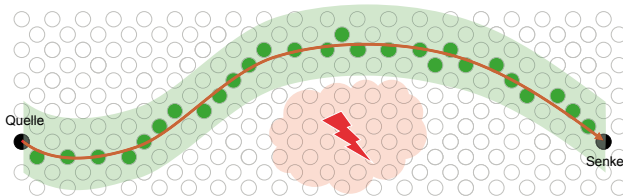
Ziel dieses LOEWE-Schwerpunkts war es, wissenschaftliche Methoden und Werkzeuge für die kooperative Sensorkommunikation zu entwickeln und in einer Plattform zu thematisieren.

### Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen

In allen Arbeitsbereichen des LOEWE-Schwerpunkts Cocoon wurden hervorragende und erstklassige Ergebnisse erzielt. Hervorzuheben sind dabei z. B. im Arbeitsbereich „Netzwerkaspekte“ die Bestimmung der notwendigen Datengranularität zum Verdichten von heterogenen Ereignisdaten im Netz, die gemeinsame Optimierung von Zuverlässigkeit, Sicherheit und Dienstgüte unter Ausnutzung von *face routing* und die Erweiterung von *two-way-relaying*-Verfahren auf multiple Quelle-Senke-Paare. Im Bereich „Signalverarbeitung für Sensorkommunikation“ konnten u. a. neue *interference-alignment*-Verfahren entwickelt werden, die auch bei geringen Signal-zu-Rausch-Abständen eine bessere Performanz als bisherige Verfahren erzielen können. Zusätzlich wurde *interference alignment* unter Einbeziehung von Relaisstationen untersucht, wodurch sich ein breiteres Anwendungsfeld ergibt. In den Themengebieten Raum-Zeit-Kodierung und verteiltes *beamforming* in Sensornetzen wurden hervorragende Ergebnisse erzielt. Darüber hinaus wurden robuste Algorithmen zur verteilten Detektion entwickelt, die im Fall nicht-Gauß-verteilter Rauschens deutlich zuverlässiger funktionieren als bisher existierende Methoden. Gerade im Arbeitsbereich „Transceiver-Architekturen“ ist der hohe Grad an Kooperation zwischen verschiedenen Forschungsbereichen hervorzuheben. Ergebnis dieser Zusammenarbeit ist u. a. das entwickelte Demonstratorkonzept. Ein im Rahmen von Cocoon realisiertes, kompaktes rekonfigurierbares Gesamtsystem steht für Forschungszwecke zur Verfügung. Auch im Bereich der numerischen Simulation zur Berücksichtigung der Fertigungstoleranzen bei der Berechnung der Abstrahlung elektromagnetischer Wellen konnten neue Einblicke und Erkenntnis-



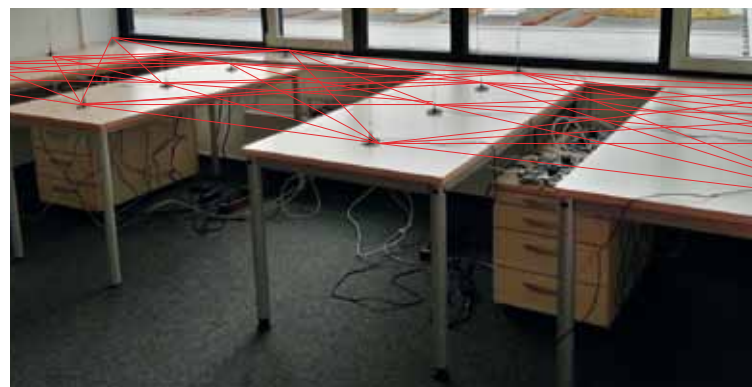
Systemkonzept des interdisziplinären Hardwaredemonstrators unter Einbeziehung der beteiligten Antragsteller



Korridorbasiertes Routing in einem Netzwerkszenario zur Umgehung eines gestörten Bereichs

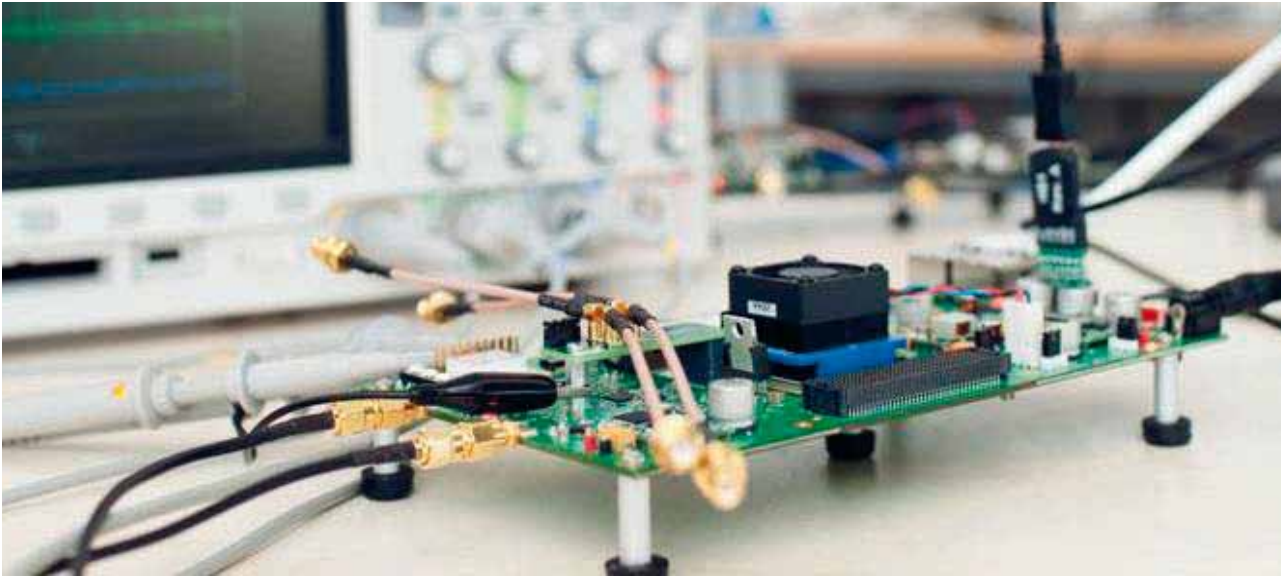
se gewonnen werden. Der Arbeitsbereich „bereichsübergreifende Aspekte“ ist essentiell für den Erfolg des LOEWE-Schwerpunkts. Es wurden u. a. grundlegende Arbeiten zur Beschreibung der Charakteristika von Sensorknoten und deren Kommunikationsprotokollen durchgeführt. Zur Teilnehmerauswahl in interferenzlimitierten Sensornetzen wurde ein auf konvexer Optimierung basierendes, iteratives *beamforming*-Verfahren entwickelt. Ein entscheidender Beitrag im Bereich der schichtübergreifenden Ressourcenvergabe entstand aus der Kooperation zur *mixed-integer*-Programmierung. Gerade der schichtenübergreifende Ansatz ermöglicht innovative Forschungen. So wurden z. B. neuartige Verfahren zur Interferenz-Unterdrückung in kooperativen Relaisnetzwerken entwickelt, die bei geringem Rechenaufwand auch für Mehrnutzersysteme sehr gute Ergebnisse erzielen. Des Weiteren wurde in einem neuen Ansatz eine Struktur zur Unterstützung des Datenaustauschs zwischen kommunizierenden Sensoren in *multi-hop*-Netzwerken eingeführt. Innerhalb dieser Struktur, dem sogenannten Korridor, ist es möglich, schichtenübergreifende Verfahren auf unterschiedlichen Zeitskalen zu unterstützen.

Um die bereichsübergreifende Klammerfunktion von Cocoon zu stärken, wurden mehrere gemeinsam festgelegte *use cases* betrachtet. Beispielhaft hervorzuheben ist hierbei das Testbed auf Stadtebene TUD $\mu$ NET, das in Kooperation mit dem Umweltamt der Stadt Darmstadt konzipiert und realisiert wurde. Hierbei handelt es sich um eine *smart-city*-Anwendung, die heterogene Sensordaten erfasst, um eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erzielen. Das Sensornetzwerk besteht dabei sowohl aus stationären Knoten, z. B. in Gebäuden, als auch aus mobilen Knoten auf den Darmstädter Straßenbahnen. Erklärtes Ziel dieses Projektes ist unter anderem eine intelligente Regelung von Verkehrsflüssen zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ein weiterer *use case*, der für eine stärkere Vernetzung der Teilbereiche hilfreich war, ist der Demonstrator zu *software-defined radio*, der die Hardware-Grundlage beispielsweise für die Erforschung kognitiver Kommunikationssysteme bietet.



TestszENARIO für die Erprobung von korridorbasierten Routingverfahren





Sensorknoten auf Basis der Wireless Open-Access Research Platform

## Erreichte Strukturentwicklung

Der LOEWE-Schwerpunkt Cocoon ist ein essentieller Bestandteil des Forschungsclusters „Future Internet“ der Technischen Universität (TU) Darmstadt geworden. Im Umfeld der Forschungsarbeiten von Cocoon wurde per 01.10.2013 die weltweit erste Professur für bioinspirierte Kommunikationssysteme mit Herrn Prof. Heinz Koeppel besetzt. Prof. Koeppel war zuvor als Assistenzprofessor an der ETH Zürich im Bereich der Systembiologie tätig und war gleichzeitig Gruppenleiter bei IBM Research Zürich. Seine Arbeitsgruppe an der TU Darmstadt besteht aus Fachkräften der Ingenieurwissenschaften und der Biologie. Durch die eigenen experimentellen Räumlichkeiten haben Letztere die Möglichkeit neue biologische Experimente durchzuführen, um daraus gemeinsam mit den Ingenieurinnen und Ingenieuren neue Kommunikationsprinzipien für zukünftige Technologien abzuleiten. Die Professur bioinspirierte Kommunikationssysteme stellt somit eine weitere strukturelle Stärkung der Forschungskompetenz der TU Darmstadt im Themenkreis von Cocoon dar.

## Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld

Die in Cocoon an der TU Darmstadt etablierte schichtenübergreifende Betrachtung der Sensorkommunikation ist deutschlandweit einmalig. Auf europäischer Ebene sind ähnliche Projekte im Aufbau, die jedoch komplementär zu sehen sind und in Zukunft hervorragende Kooperationsmöglichkeiten bieten. Cocoon hat in der internationalen Forschungsgemeinschaft

zu einer ganzheitlichen Betrachtung angeregt, von der hardwareorientierten Funktechnik und Elektronik bis hin zur softwareorientierten Anwendungsebene, und hat bewirkt, dass ein Aufbrechen der Trennung einzelner wissenschaftlicher Communities begonnen hat.

Belege für die internationale Führungsrolle von Cocoon sind unter anderem die über 100 Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften und bei peer-reviewed Konferenzen. Weitere Zeugnisse sind die keynote speeches von Prof. Zoubir (ELMAR 2012, ICCSPA 2013) und Prof. Weiland (CEFC 2012) und der International IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communication (SPAWC), der 2013 in Darmstadt stattfand. Seit 2011 ist Prof. Hollick Co-Organisator des international führenden Workshops zu praktischen Aspekten in drahtlosen Sensornetzen, IEEE SenseApp, für den international ausgewiesene Keynote-Sprecher im Rahmen von Cocoon-Keynotes gewonnen werden konnten.

## Wichtigste Meilensteine des Projekts



*Antennen werden mobil: Höchste Frequenz auf kleinstem Raum*



*Dreitägiger Internationaler Kongress im Darmstadtium: 14th IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications*



*Cocoon-Forscher testen ihre erfolgreichen Verfahren an einer Testplattform*

## Weitere Informationsmöglichkeiten

- <http://www.cocoon.tu-darmstadt.de>  
Homepage des LOEWE-Schwerpunkts Cocoon
- <http://www.proloewe.de/de/loewe-vorhaben/vorhaben/cocoon.html?i=20&f=2>  
ProLOEWE
- <http://www.hessen.de/presse/pressemitteilung/loewe-forschung-staerkt-wissenschaftsstandort-suedhessen-0>
- <http://www.hessen.de/presse/pressemitteilung/loewe-programm-staerkt-die-hessischen-hochschulen-und>  
Pressemitteilungen des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst
- [http://www.tu-darmstadt.de/vorbeischauen/publikationen/forschung/forschenreader\\_4928.de.jsp](http://www.tu-darmstadt.de/vorbeischauen/publikationen/forschung/forschenreader_4928.de.jsp)  
Extra-Ausgabe der Zeitung HOCH3 der TU Darmstadt im Juni 2013

## Zahlen und Fakten

Förderzeitraum	01.01.2011 – 31.12.2014	Bemerkungen
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte LOEWE-Mittel	5.479.306 Euro	
bis Ende des Förderzeitraums verausgabte Drittmittel	1.996.000 Euro	
eingeworbene Drittmittel	3.746.702 Euro	bis 2016
Anzahl der beteiligten Personen	13 ProfessorInnen 25 wissenschaftliche MitarbeiterInnen 2 technisch-administrative MitarbeiterInnen	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums abgeschlossenen Promotionen	9	
Anzahl an Veröffentlichungen in Fachzeitschriften innerhalb des Förderzeitraums	13	
Anzahl an Konferenzbeiträgen innerhalb des Förderzeitraums	100	
Anzahl an innerhalb des Förderzeitraums zugeteilten Patenten	0	



## Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und Forschungsinstitute

### Technische Universität Darmstadt

<http://www.tu-darmstadt.de>

Die TU Darmstadt beweist mit ihren Forschungsleistungen international sichtbare und konkurrenzfähige Kompetenz. Sie betont ihr strategisches und markantes Forschungsprofil mit fünf Forschungsclustern und drei Forschungsschwerpunkten.



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

### TU Darmstadt, Fachgebiet Signalverarbeitung

<http://www.spg.tu-darmstadt.de>

Das Fachgebiet Signalverarbeitung – unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Abdelhak Zoubir – betreibt ein umfassendes Forschungsprogramm zur Entwicklung von statistischen Methoden für die Signalverarbeitung. Besondere Schwerpunkte liegen auf den folgenden theoretischen Grundlagenforschungsgebieten: Detektion und Klassifizierung; Robuste Statistik für die Signalverarbeitung; Parameterschätzung und Signalrekonstruktion; Kooperative Sensorkommunikation. Fortgeschrittene Anwendungen dieser Forschungsgebiete umfassen die Gebiete: Drahtlose Kommunikation; Automobil-Anwendungen; Radarbildgebung durch Wände; Synthetisches Apertur Sonar; Mehrkanal Radar; Biomedizinische Anwendungen.



### TU Darmstadt, Fachgebiet Kommunikationstechnik

<http://www.kt.tu-darmstadt.de>

Das Fachgebiet Kommunikationstechnik – unter der Leitung von Frau Prof. Dr.-Ing. Anja Klein – arbeitet an den folgenden Forschungsschwerpunkten: Mehr-Antennen-Systeme, Ressourcenmanagement, Interferenzmanagement, Relais-Netzwerke, kooperative Kommunikation, dezentrale Verfahren und schichtenübergreifende Optimierung mit Anwendungen in Mobilfunknetzen und in Sensornetzen.

### TU Darmstadt, Fachgebiet Nachrichtentechnische Systeme

<http://www.nts.tu-darmstadt.de>

Das Fachgebiet Nachrichtentechnische Systeme – unter Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Marius Pesavento – beschäftigt sich mit der optimalen Ressourcenvergabe in zellularen Mobilfunknetzen. In diesem Zusammenhang werden fortschrittliche Mehrantennenverfahren auf Basis des Beamformings entwickelt, die es ermöglichen, durch kohärente Überlagerung an den Empfängern der Endgeräte, die Mehrnutzer-Interferenz effizient zu unterdrücken und gleichzeitig die benötigte Sendeleistung zu reduzieren. Auf Basis der gemischt ganzzahligen Optimierung wurden in den letzten Jahren, in enger Kooperation mit dem Fachgebiet Nicht-linear Optimierung, neuartige Optimierungsstrategien für die Ressourcenvergabe in LTE- und LTE-Advanced-Netzen entwickelt. Dabei wurden attraktive Lösungen für praktisch relevante Problemstellungen gefunden, wie z. B. die optimale Zuweisung der Mobilfunkteilnehmer zu den Basis-



stationen, um Intra- und Interzellinterferenzen zu unterdrücken, die adaptive Regelung der Datenraten der Mobilfunkteilnehmer im Netzwerk und die erstmals behandelte optimale Auswahl der Precoding Matrizen gemäß der im Mobilfunkstandard definierten Einschränkungen.

### **TU Darmstadt, Fachgebiet Datenbanken und Verteilte Systeme**

<http://www.dvs.tu-darmstadt.de>

Die Aufgabe des Fachgebiets Datenbanken und Verteilte Systeme – unter der Leitung von Herrn Prof. Alejandro Buchmann – ist die Entwicklung neuer Lösungen für integriertes Datenmanagement, Information und Kenntnisse in verteilten Systemen.



### **TU Darmstadt, Fachgebiet Integrierte Elektronische Systeme**

<http://www.ies.tu-darmstadt.de>

Das Fachgebiet Integrierte Elektronische Systeme arbeitet an folgenden Forschungsschwerpunkten: High-Voltage Integrated Electronics (DC/DC, DC/AC, single-chip + PCB) up to 600 V; Source-synchronous High-Speed Communication Systems; Network-on-Chip and high-speed DRAM controller (GDDR5, DDR3); Printable Electronics; Wireless Communication (Industrie 4.0, Cocoon (Smart Cities); Low Power Analog & Mixed-Signal; Future Internet (High-Speed TCP/IP stack).



### **TU Darmstadt, Fachgebiet Sichere Mobile Netze (SEEMOO)**

<http://www.seemoo.tu-darmstadt.de>

Das Fachgebiet Sichere Mobile Netze (SEEMOO) wurde 2009 gegründet und wird von Herrn Prof. Dr.-Ing. Matthias Hollick geleitet. Es arbeitet an der Nahtstelle zwischen IT-Sicherheit und (mobiler) Kommunikation und forscht auf den Gebieten der Sicherheit und Robustheit in drahtlosen Netzen sowie im Bereich der Kommunikation in Sensornetzen, Mesh-Netzen sowie Ad-hoc-Netzen. Neben Cocoon ist SEEMOO beteiligt an den Verbundprojekten DFG SFB MAKI (Multi-Mechanismen Adaption für das künftige Internet), SFB CROSSING (Cryptography-Based Security Solutions: Enabling Trust in New and Next Generation Computing Environments), dem LOEWE-Zentrum CASED (Center for Advanced Security Research Darmstadt), BMBF EC-SPRIDE (European Center for Security and Privacy by Design) sowie dem LOEWE-Schwerpunkt NICER (Vernetzte infrastrukturlose Kooperation zur Krisenbewältigung).



### **TU Darmstadt, Fachgebiet Mikrowellentechnik**

<http://www.imp.tu-darmstadt.de>

Das Fachgebiet Mikrowellentechnik ist mit weiteren Fachgebieten im Institut für Mikrowellentechnik und Photonik eingebettet, die alle mit einem starken Technologiebezug an der Realisierung neuartiger Bauteilkonzepte im Hochfrequenzbereich von der Mikrowelle bis Optik



arbeiten und hierzu gemeinsame Technologieeinrichtungen und Labore nutzen. Die Forschungsschwerpunkte des Fachgebiets sind (1) Elektronisch steuerbare HF-Komponenten für frequenzagile HF-Frontends und raumagile Antennenarrays und (2) Chiplose integrierte RFID-Sensoren und Detektoren im Mikrowellen- und Terahertz (THz)-Bereich. Anwendungsfelder sind zukünftige terrestrische und satellitengestützte Kommunikationssysteme sowie die drahtlose/berührungslose Sensorik, u. a. für industrielles Prozess- und Umweltmonitoring, für die biomedizinische Diagnose und Behandlung, für THz-Sensorik, -Bildgebung und -Kommunikation. In beiden Schwerpunkten stehen innovative Bauteilkonzepte im Vordergrund, unter Ausnutzung von (a) neuartigen Funktionsmaterialien wie steuerbare ferroelektrische Schichten, Flüssigkristallkavitäten, Bulk-Glaskeramiken und Metamaterialstrukturen, (b) innovative Prozesstechnologien wie Tintenstrahldruck zur Herstellung selektiver ferroelektrischer Schichten, Epitaxie- und Siebdruckverfahren für Dünn- und Dickfilmbauteile, (c) multiphysikalische Modelle sowie (d) dedizierte Charakterisierungsmethoden. Die Materialentwicklung und -synthese erfolgt in enger Kooperation mit Materialwissenschaftlern des Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der TU Darmstadt, der Schott AG und der Merck KGaA.

### **TU Darmstadt, Fachgebiet Nichtlineare Optimierung**

<http://www3.mathematik.tu-darmstadt.de/ags/optimization/research/nonlinear-optimization.html>

Das Fachgebiet Nichtlineare Optimierung beschäftigt sich mit der Entwicklung, Analyse und Anwendung von algorithmischen Verfahren zur Lösung von komplexen Optimierungsproblemen. Hierbei steht die Behandlung von Optimierungsproblemen mit partiellen Differentialgleichungen sowie von großen nichtlinearen und gemischt-ganzzahligen Optimierungsproblemen im Vordergrund. Derartige Probleme treten in einer Vielzahl von technischen und wissenschaftlichen Anwendungen auf, unter anderem bei der Formoptimierung in der Fluidmechanik, der optimalen Steuerung dynamischer Prozesse oder der Optimierung komplexer Transport- oder Kommunikationsnetze. Das Fachgebiet hat in den letzten Jahren effiziente ableitungsbasierte Multilevelverfahren für die Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen entwickelt und unter anderem im Bereich der Produktentwicklung und Strömungsoptimierung eingesetzt. Zudem wurden Techniken der robusten Optimierung zur Behandlung von Problemen mit Unsicherheiten untersucht und in Anwendungen aus Maschinenbau und Elektrotechnik verwendet. Einen weiteren Schwerpunkt stellte die Entwicklung von Verfahren zur globalen Lösung von gemischt-ganzzahligen nichtlinearen Optimierungsproblemen dar, bei denen sowohl diskrete als auch kontinuierliche Optimierungsvariablen in Verbindung mit nichtlinearen Nebenbedingungen auftreten und deren Anwendung in der Produktentwicklung und der Optimierung von Kommunikationsnetzwerken liegt.

## TU Darmstadt, Institut für Theorie Elektromagnetische Felder

<http://www.temf.tu-darmstadt.de>

Die numerische Simulation ermöglicht die Behandlung komplizierter Vorgänge und gibt Einblicke in Bereiche, die physikalischen Messtechniken verschlossen sind. So ist sie aus der heutigen Industrie und Forschung nicht mehr wegzudenken und ihre Verbreitung nimmt, dank der rasanten Entwicklung von Computertechnologien, ständig zu. Gegenstand der Forschung in unserem Institut ist die Simulation und Modellierung elektromagnetischer Vorgänge durch die numerische Lösung der Maxwellgleichungen. Geforscht und entwickelt wird aber auch in damit verbundenen Gebieten, wie Elastodynamik, Akustik oder Thermodynamik. Wir arbeiten an allen Entwicklungsstufen einer Simulationslösung, von der Entwicklung von numerischen Algorithmen, über die graphische Darstellung bis hin zur konkreten Anwendung.



## TU Darmstadt, Fachgebiet Drahtlose Sensornetze

<http://www.wsn.tu-darmstadt.de>

Das Fachgebiet Drahtlose Sensornetze wurde im Oktober 2011 an der TU Darmstadt im Rahmen von Cocoon etabliert und bis Juli 2014 von Frau Prof. Dr. Silvia Santini geleitet. Das Fachgebiet betreibt Forschung in den Bereichen der drahtlosen Sensor- und Aktuatornetze, cyberphysikalischen Systeme, Internet der Dinge und Sensordatenanalyse. Frau Santini wurde im Rahmen von Cocoon als Juniorprofessorin an die TU Darmstadt berufen und hat seit August 2014 die Professur für Eingebettete Systeme an der TU Dresden übernommen. Das Fachgebiet Drahtlose Sensornetze wird seitdem kommissarisch von Prof. Dr. Ralf Steinmetz geleitet.

## Universität Kassel

<http://www.uni-kassel.de/uni/universitaet/ueber-uns.html>

Die Universität Kassel – 1971 im Zuge der Bildungsreformen als eigenständiges Gesamthochschulmodell gegründet – ist geprägt durch einen in Deutschland ungewöhnlich vielschichtigen Verbund von Kompetenzen, die sich auf Natur und Technik, Kultur und Gesellschaft konzentrieren. Wer sich für wissenschaftliche Leistungen und berufliche Perspektiven in diesen Feldern interessiert, findet in den Arbeitsgruppen, Instituten, Fachbereichen, Kollegs und Forschungszentren der Universität Kassel ein weit gefächertes, anregendes und herausforderndes Angebot von Studienmöglichkeiten und Forschungsrichtungen. Charakteristisch für das gewachsene Potenzial der Universität Kassel ist das ausgewogene Verhältnis ihres Fächerspektrums in der Mathematik, den Ingenieur- und Naturwissenschaften einerseits sowie der Kunst, den Geistes- und Gesellschaftswissenschaften andererseits. Der ebenbürtige Verbund dieser großen Fachkulturen bietet ungewöhnliche Chancen fachübergreifender Bezüge und ermöglicht innovative Kooperationen. Die 1971 gegründete Kasseler Hochschule sieht Reformen als einen zu ihr gehö-

U N I K A S S E L  
V E R S I T Ä T



rigen Prozess an. So war sie Vorreiterin gestufter Studiengänge, wie sie heute im Bachelor- und Master-System an allen Universitäten üblich sind. Die Offenheit für neue Themen zeichnet die Universität nicht nur bei Studium, Lehre und Forschung aus.

### **Universität Kassel, Fachgebiet Nachrichtentechnik**

<http://www.uni-kassel.de/eecs/nt/>

Das Fachgebiet Nachrichtentechnik – unter der Leitung von Herrn Prof. Dahlhaus – beschäftigt sich mit verschiedenen Aspekten in der physikalischen Schicht (physical layer, PHY) und der Medienzugriffskontrolle (medium access control, MAC) von drahtlosen und drahtgebundenen Kommunikationssystemen. Im Vordergrund stehen Verfahren zur Signalverarbeitung, vor allem in breitbandigen drahtlosen Systemen.



HESSEN



Das Forschungsförderungsprogramm LOEWE ist eine Förderinitiative des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst.

## Impressum

### Herausgeber:

Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst  
Rheinstraße 23 – 25  
65185 Wiesbaden

### Inhalt:

LOEWE-Schwerpunkt Cocoon –  
Kooperative Sensorkommunikation

### Redaktion:

LOEWE-Geschäftsstelle im  
Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst

### Layout:

Christiane Freitag, Idstein

### Fotos:

LOEWE-Schwerpunkt Cocoon –  
Kooperative Sensorkommunikation;  
Titel, S.6 Abb. 1 und 3: © Katrin Binner/TU Darmstadt