

forschen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Im Profil

Energieverbrauch senken
Neues zu Strömungs- und
Thermodynamik,
Wärme- und Stofftransport

► Seite 6

Werkstoffe und Therapie
Die Welt der Materie,
Teilchenstrahlen und
Beschleuniger

► Seite 12

Internet der Zukunft
Wie wir arbeiten und
kommunizieren werden

► Seite 18

Wertschöpfung sichern
Produktentwicklung,
Produktionsmanagement
und Logistik im Fokus

► Seite 24

Ressourcen schonen
Neue Materialien
für Hochtechnologien

► Seite 28

► www.tu-darmstadt.de

Wovon Sie früher auch träumten: Jetzt ist die Zeit, es wahr zu machen.

Sie wollten schon immer an wegweisenden Projekten mitwirken? Bei uns können Sie das. Vom ersten Tag an. Einer guten Idee ist es schließlich egal, wer sie hat: der Junior oder der Abteilungsleiter. Und gute Ideen – die brauchen wir. Sie haben uns zu dem gemacht, was wir sind: einer der wichtigsten technologischen Schrittmacher. Im Mobilfunk. Im Digital-Fernsehen. In der Funktechnik. Auch bei Flugsicherung, drahtloser Automobiltechnik oder EMV sind wir federführend – und praktisch in allen unseren Geschäftsgebieten einer der drei Top-Player am Weltmarkt. Damit wir das auch bleiben, brauchen wir Sie. Als frischgebackenen Hochschulabsolventen, Praktikanten, Werkstudenten (m/w) oder fertigen Sie Ihre Abschlussarbeit (Bachelor, Master, Diplom) bei uns an. Wir freuen uns auf Sie!

www.career.rohde-schwarz.com

Liebe Leserinnen und Leser,

„Ein starkes Forschungsprofil ist im Wettbewerb um Mittel und Köpfe unverzichtbar. Eine klare, hinreichend dynamische Schwerpunktsetzung in der Forschung ist das entscheidende Element für die Profilbildung einer forschungsorientierten Technischen Universität. Schwerpunkte müssen sichtbar sein. Sie geben dem reichhaltigen Erscheinungsbild universitärer Forschung die unverwechselbare Prägung.“ (Auszug aus dem Programm des Präsidiums)

Von diesen Überzeugungen geleitet, hat die TU Darmstadt konsequent ihr wissenschaftliches Profil in den vergangenen Jahren weiter geschärft. Auf der Basis bestehender Forschungsschwerpunkte wurde in 2009 ein Konzept zur Weiterentwicklung des Forschungsprofils in den Gremien der Universität verabschiedet, das eine Strukturierung auf mehreren Ebenen vorsieht. Bei der thematischen Ausgestaltung sind Forschungserfolge und die Dynamik der Weiterentwicklung die wesentlichen Auswahlkriterien. Die Ebene der Forschungscluster bündelt zahlreiche Verbundaktivitäten zu einem wissenschaftlichen Netzwerk und entwickelt diese koordiniert weiter. Die fünf eingerichteten Forschungscluster – Thermofluidynamik und Verbrennungstechnologie, Future Internet, Teilchenstrahlen und Materie, Neue Materialien, Integrierte Produkt- und Produktionstechnologie – repräsentieren die Kernkompetenzen der TU Darmstadt nach innen und außen und prägen das wissenschaftliche Profil der Universität.

Die Ebene der Forschungsschwerpunkte wird durch abgestimmte wissenschaftliche Verbundaktivitäten repräsentiert, die gemeinsame wissenschaftliche Ziele verfolgen und sich koordiniert im Rahmen eines extern geförderten Verbundprojektes entwickeln. Dabei unterscheiden sich die drei anerkannten Schwerpunkte – Computational Engineering, Stadtforschung, Adaptronik – sowohl nach Größe als auch nach Thema deutlich von den Forschungsclustern.

Ergänzend zu den beiden genannten Ebenen sollen Forschungsinitiativen die Herausbildung neuer Forschungsschwerpunkte und neuer Themen befördern, um so das Forschungsprofil auch in den nächsten Jahren dynamisch weiterzuentwickeln.

In den Beiträgen der vorliegenden Ausgabe werden die fünf Forschungscluster und drei Forschungsschwerpunkte der TU Darmstadt vorgestellt. Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre!

Prof. Dr. Hans Jürgen Prömel
Präsident der TU Darmstadt



Dear Readers,

“A distinct research profile is essential in the contest for funding and brainpower. Setting clear but dynamic priorities for research is the crucial element in building the profile of a research-oriented university of technology. The research focus must be visible. This is what ensures uniqueness in the profusion of university research presentations.”
(Excerpt from the Presidium’s programme)

Guided by these convictions, TU Darmstadt has consistently honed its scientific profile in recent years. Based on its established research focus areas, in 2009, the university authorities agreed on a concept for further development of the research profile which provided for three-level structuring. The main criteria determining content design are the success of research and the dynamics of development. The Research Cluster Level bundles numerous collaborative activities in a scientific network and develops them in a coordinated manner. The five established research clusters –

Thermo-Fluids and Combustion Engineering, Future Internet, Matter and Radiation Science, New Materials, Integrated Product and Production Technology – represent TU Darmstadt’s core competences both internally and externally. The research clusters shape the university’s scientific profile.

The Research Focus Level consists of concerted collaborative research activities that pursue common scientific goals and develop jointly in the framework of a third-party funded collaborative project. The three recognised research focus areas – Computational Engineering, Urban Research and Adaptronics – differ significantly from the research clusters, both in size and contents. In addition to these two levels, the Research Initiative Level fosters the emergence of new research focus areas and new themes in order to drive the dynamic development of the research profile in the coming years.

The articles in this issue present the five research clusters and three research focus areas at TU Darmstadt. I hope you enjoy reading about them.

- 6** ▶ **Panta rhei – Alles strömt**
Der Cluster Thermo-Fluids and Combustion Engineering forscht im umfassenden Sinne an Systemen, in denen ein Fluid strömt – vom grundlegenden Verständnis bis zu industriellen Anwendungen.

Von Peter Stephan, Sebastian Keuth



- 12** ▶ **Spitzenforschung mit Ausstrahlung**
Energierreiche Teilchenstrahlen erlauben Einblicke in die Struktur der Materie und in die Entwicklung des Universums. Die Forschung an Darmstädter Teilchenbeschleunigern ist weltführend.

Von Norbert Pietralla, Lorenz von Smekal, Jochen Wambach, Thomas Weiland

- 18** ▶ **Einblicke ins Internet der Zukunft**
Der Forschungscluster Future Internet der TU Darmstadt bündelt Forschungsaktivitäten im Hinblick auf Beiträge zum zukünftigen Internet. Der Cluster ist nach Kompetenzschwerpunkten der TU Darmstadt strukturiert.

Von Johannes Buchmann, Dieter W. Fellner, Ralf Steinmetz



- 24** ▶ **Fit für die Wertschöpfung von morgen**
Wie sieht die Wertschöpfungskette der Zukunft aus? Dieser Frage stellt sich die TU Darmstadt im Forschungscluster Integrierte Produkt- und Produktionstechnologie.

Von Eberhard Abele

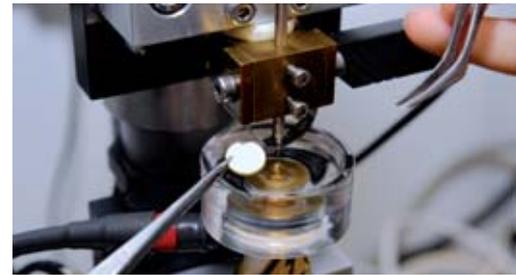


28

Neue Materialien und Werkstoffe

Optimierte Werkstoffe sind heute unverzichtbar für fast alle Schlüsseltechnologien. In einem interdisziplinären Forschungscluster arbeiten Ingenieure und Naturwissenschaftler gemeinsam an ihrer Entwicklung.

Von Wolfram Jaegermann



34

Computational Engineering

Computational Engineering ist eine junge, stark interdisziplinär orientierte Wissenschaft zur computergestützten Modellierung, Simulation, Analyse und Optimierung von Ingenieur Anwendungen und natürlichen Systemen.

Von Michael Schäfer, Markus Lazanowski

40

Die Eigenlogik der Städte

Das 21. Jahrhundert ist das Jahrhundert der Städte. Zugleich gewinnt die historisch gewachsene Individualität von Städten weltweit an Bedeutung. Im Rahmen des Forschungsschwerpunkts Stadtforschung wird dieser Zusammenhang untersucht.

Von Martina Löw, Peter Noller



46

Adaptronik – Strukturen zum Leben erwecken

Adaptronik gilt im Kontext eines nachhaltigen Leichtbaus als Schlüssel für eine leise und sichere Welt. Die Region Darmstadt mit der TU Darmstadt gilt als eines der weltweit führenden Zentren auf diesem Gebiet.

Von Holger Hanselka, Thilo Bein



Panta rhei – Alles strömt

Vom Verbrennungsmotor über das Flugzeugtriebwerk bis zur Verfahrens- und Mikrosystemtechnik: Strömungs- und Thermo- dynamik sowie Wärme- und Stofftransport bestimmen maßgeblich die Energieeffizienz vieler Systeme. Thermo-Fluids and Combustion Engineering (TFCE) bündelt die umfangreichen Aktivitäten und Kompetenzen der TU Darmstadt auf diesen grundlegenden Forschungsgebieten. TFCE vernetzt die klassischen Disziplinen Maschinenbau, Mathematik, Materialwissenschaften, Physik und Chemie miteinander. Theoretische, numerische und experimentelle Methoden werden interdisziplinär weiterentwickelt und Prozesse und Produkte gemeinsam optimiert.

► Panta rhei – everything flows

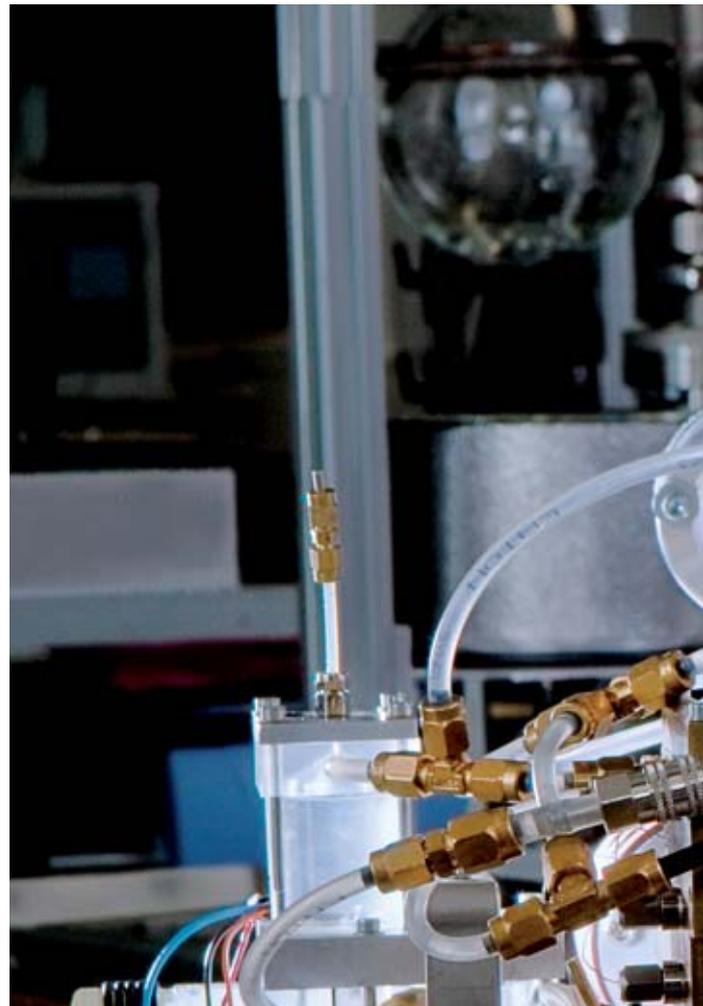
From combustion and aircraft engine to process engineering and microtechnology: Thermodynamics, fluid dynamics, and heat and mass transfer are the scientific disciplines determining energy efficiency. The research cluster Thermo-Fluids and Combustion Engineering (TFCE) pools expertise and emerging technologies at the Technische Universität Darmstadt within these research fields. TFCE crosses boundaries of the classical disciplines mechanical engineering, mathematics, materials science, physics and chemistry. Theoretical, numerical, and experimental methods are jointly developed. Processes and products are optimized in collaborative efforts.

Peter Stephan, Sebastian Keuth • Eine Stärke von TFCE ist das breite Anwendungsspektrum, das durch die grundlagenorientierten Arbeiten adressiert wird. Drei Themenbereiche aus TFCE verdeutlichen exemplarisch den Forschungsansatz.

Lasermesstechnik im Verbrennungsmotor

Der Verbrennungsmotor ist während seiner über 130-jährigen Geschichte immer weiter optimiert worden. Gerade in den letzten Jahren haben Entwickler große Fortschritte erzielt. Im Wechselspiel zwischen Technologieentwicklung und gesetzlichen Vorgaben wurden etwa die Emissionen von Stickoxiden teilweise drastisch gesenkt. Aber noch sind hier Verbesserungen möglich.

An den Motorenprüfständen des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe testen Ingenieure in Kooperation mit Automobilherstellern und Zulieferern die Motoren und Abgassysteme der Zukunft. Großes Potenzial gibt es zudem bei der Verbrauchs- und damit CO₂-Reduk-



Der gläserne Motor

Beim Transparentmotor am Fachgebiet Reaktive Strömungen und Messtechnik sind Teile des Zylinders und auch der Kolben aus Quarzglas gebaut. So wird der Brennraum für Laser und Digitalkamera zeitlich und räumlich hochaufgelöst zugänglich. Wie effizient läuft die Verbrennung ab? Wo genau wird Wärmeenergie an die Zylinderwand abgegeben? Das Wechselspiel aus Experiment und Numerik ist wichtig für die Simulation, deren Bedeutung in der zukünftigen Motorenentwicklung weiter zunehmen wird.

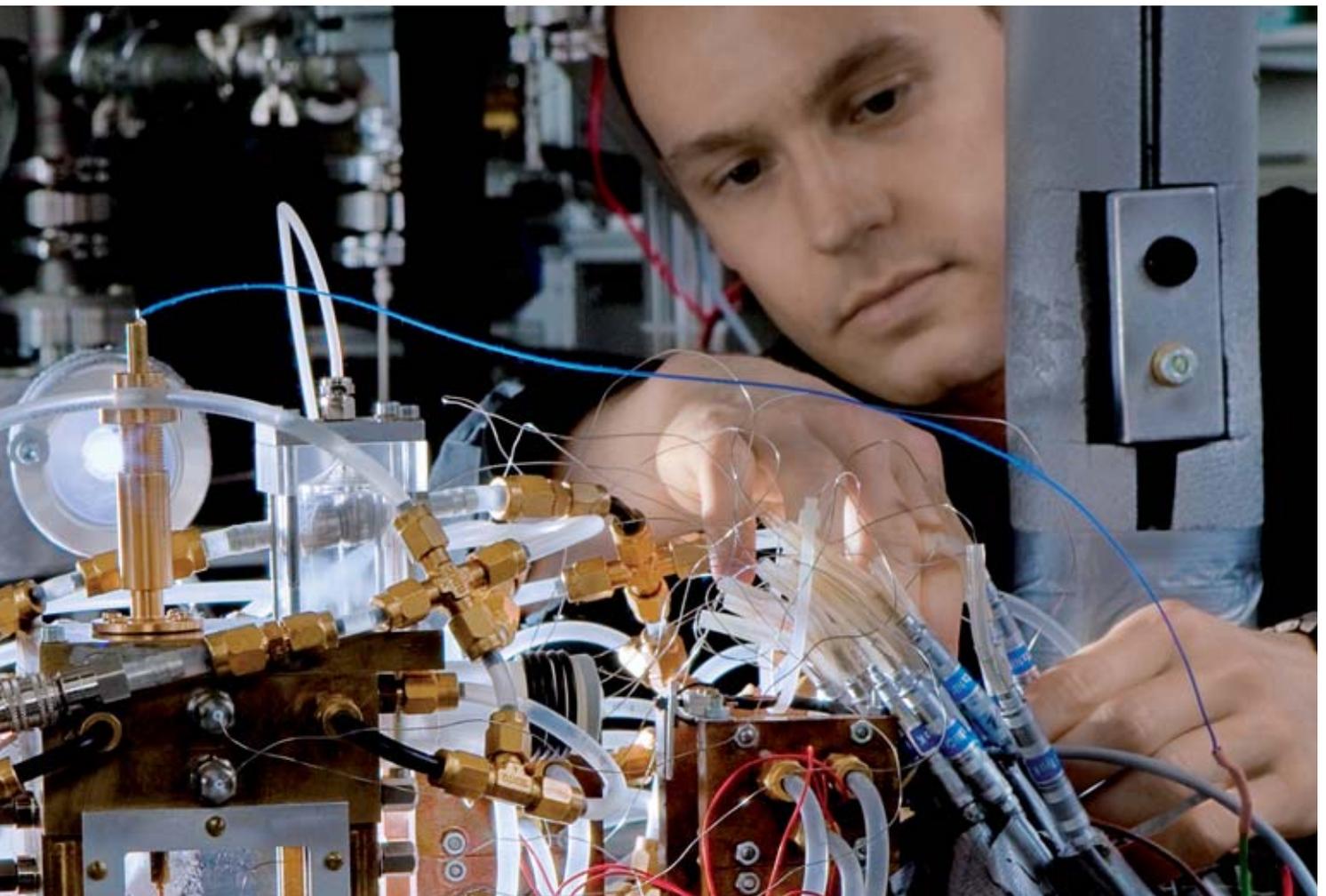


Abbildung 1
Am Parabelflug-Versuchsstand werden Siedephänomene an Einzelblasen unter variablen Schwerkraftbedingungen untersucht.

tion. Die Forscher gehen davon aus, dass es bis 2020 Motoren geben wird, die rund 30 Prozent weniger CO₂ emittieren als heutige.

So gibt es schon jetzt Strategien, die Gesamteffizienz zu verbessern, zum Beispiel durch Schichtladungsbetrieb in direktspritzenden Ottomotoren – die Auslegung solcher Brennverfahren wird jedoch durch die Komplexität und Vielzahl der physikalisch-chemischen Prozesse erschwert.

Diese sind alles andere als linear: Kleine Änderungen etwa der Einström-Randbedingungen verursachen große Variationen im Brennverlauf und in der Schadstoffbildung. Um die Vorgänge

besser zu verstehen, werden am Fachgebiet Energie- und Kraftwerkstechnik numerische Berechnungsverfahren entwickelt. Sie basieren auf bekannten Erhaltungsgleichungen aus der Kontinuumsmechanik, spezifischen Transportmodellen und effizienten Lösungsverfahren aus der numerischen Mathematik.

Forschungscluster Thermo-Fluids and Combustion Engineering

Sprecher: Prof. Dr.-Ing. Peter Stephan

Tel. 06151/16-3159

E-Mail: pstephan@ttd.tu-darmstadt.de

www.tfce.tu-darmstadt.de

So können auf Hochleistungsrechnern Verbrennungsprozesse selbst in komplexen Brennräumen simuliert werden. Dazu werden vereinfachende Modelle benötigt, welche die Verbrennung in Teilprozesse wie Gemischbildung, chemische Reaktionen und Turbulenz zerlegen.

Die hierfür nötigen Parameter gewinnen die Forscher über spezielle Experimente, wie sie etwa am Fachgebiet Reaktive Strömungen und Messtechnik durchgeführt werden. Der Verbrennungsprozess darf dabei möglichst wenig gestört werden. Intrusive Sensoren sind für diese Aufgabe nicht geeignet. Die Lasermesstechnik ermöglicht jedoch hohe Auflösung und Messgenauigkeit, ohne den Verbrennungsprozess zu beeinflussen.

Eine Brücke zwischen den grundlegenden, generischen Experimenten und den realen Motoren, wie sie auf den Prüfständen laufen, ist der Transparentmotor. Mit diesem teils aus Glas bestehenden Einzylindermotor können die Teilprozesse mit laser-optischen Messverfahren sehr gut untersucht werden. Mit den gewonnenen Daten werden die numerischen Modelle validiert.

Die Strömung im Verborgenen

Ein Forschungsschwerpunkt am Fachgebiet Gasturbinen, Luft- und Raumfahrtantriebe ist die Kühlung von Turbinenschaufeln in Flugzeugtriebwerken, die bis zu 1600 Grad heißen Abgasen standhalten müssen. Damit die Schaufeln nicht schmelzen, wird zur Kühlung Luft vom Verdichter des Triebwerks abgezweigt und durch mäanderförmige Kanäle im Schaufelinneren geleitet.

Eine vielversprechende Methode, die Effizienz der Innenkühlung zu erhöhen – und damit auch den Wirkungsgrad des gesamten Triebwerks, ist die Zyklonkühlung. Mit einer speziell geformten Düse wird dabei der Kühlluft am Eintritt ins Schaufelinnere ein Drall aufgezwungen. Diese hochkomplexen Strömungsformen besser zu verstehen und damit optimieren zu können, ist für Triebwerkshersteller ein wichtiges Ziel.

Die Arbeitsgruppe Drag and Circulation Control ist diesem Ziel mit modernster Medizintechnik nähergekommen. Die TU-Forscher wenden deutsch-



Abbildung 2

Ingenieure am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe testen Motoren und Abgassysteme der Zukunft.

landweit einzigartig die Kernspintomografie auf strömungsmechanische Fragestellungen in den Ingenieurwissenschaften an. In Kooperation mit der Uniklinik Freiburg untersuchen sie die Drallströmung innerhalb von Turbinenschaufeln.

Dazu wurde ein Schaufelkühlkanal als vergrößertes Kunststoffmodell nachgebildet. Statt Luft lassen die Forscher Wasser strömen. Anders als andere Messmethoden zeigt die Kernspintomografie hier das komplette Geschwindigkeitsfeld im gesamten Bauteil – auch im Verborgenen.

Drallströmungen, ähnlich der in Turbinenschaufeln, sind auch in ganz anderen Bereichen von Bedeutung. Das Fachgebiet Nano- und Mikrofluidik widmet sich unter anderem der Strömung in Mikrozentrifugen. Darin kann man eine zirkulierende Strömung nutzen, um kleinste Partikel nach ihrer Größe zu sortieren. In einer sandkorngroßen



Peter Stephan leitet das Fachgebiet Technische Thermodynamik und ist Sprecher des Forschungsclusters TFCE.



Sebastian Keuth ist Webredakteur für den Exzellenzcluster Center of Smart Interfaces und den Forschungscluster TFCE.



Abbildung 3
Fluoreszenzmikroskopie-Arbeitsstation am Fachgebiet Nano- und Mikrofluidik, das sich unter anderem mit Strömungen in Mikrozentrifugen beschäftigt.

Kammer zwischen zwei haarfeinen Kanälen erzeugen die Forscher durch gegenläufige Strömung einen steuerbaren Mikrowirbel.

Eine solche Mikrozentrifuge könnte in der Bioanalytik etwa Körperzellen oder Bakterien ganz ohne rotierende Teile von der Probenflüssigkeit trennen. Integriert in ein Lab-on-a-Chip-System entstünde eine Art „Westentaschenlabor“ – ein mikrofluidisches System, welches die gesamte Funktionalität eines Labors in einem scheckkartengroßen Kunststoffchip unterbrächte.

Smarte Flüssigkeiten und Oberflächen

Pflanzenschutzmittel belasten das Ökosystem. Landwirte können sparsamer spritzen, wenn sie Pflanzenschutzmitteln bestimmte Tenside beimischen. Diese helfen, Pflanzen großflächig und schnell zu benetzen, ohne dass das Mittel an den

Blättern abperlt oder vom Regen abgewaschen wird. Einige Zusätze mit extrem guten Benetzungseigenschaften werden auch als „Superspreiter“ bezeichnet.

Die chemische Industrie hat Superspreiter bisher empirisch entwickelt, und selbst nach über 20 Jahren physikochemischer Forschung ist deren Wirkmechanismus noch ungeklärt. Welche molekularen Vorgänge bestimmte Tenside nun zu „smarten Flüssigkeiten“ machen, untersucht die Arbeitsgruppe Experimental Interface Physics in Kooperation mit einem Hersteller von Spezialchemie experimentell. Die Forscher untersuchen dazu die Benetzungsdynamik von Superspreiter-Lösungen im Vergleich zu konventionellen Tensidlösungen mit der Hochgeschwindigkeitskamera. Eine wichtige neue Erkenntnis ist, dass der Superspreiter-Effekt sich innerhalb von Millisekunden erst aktiviert und dann

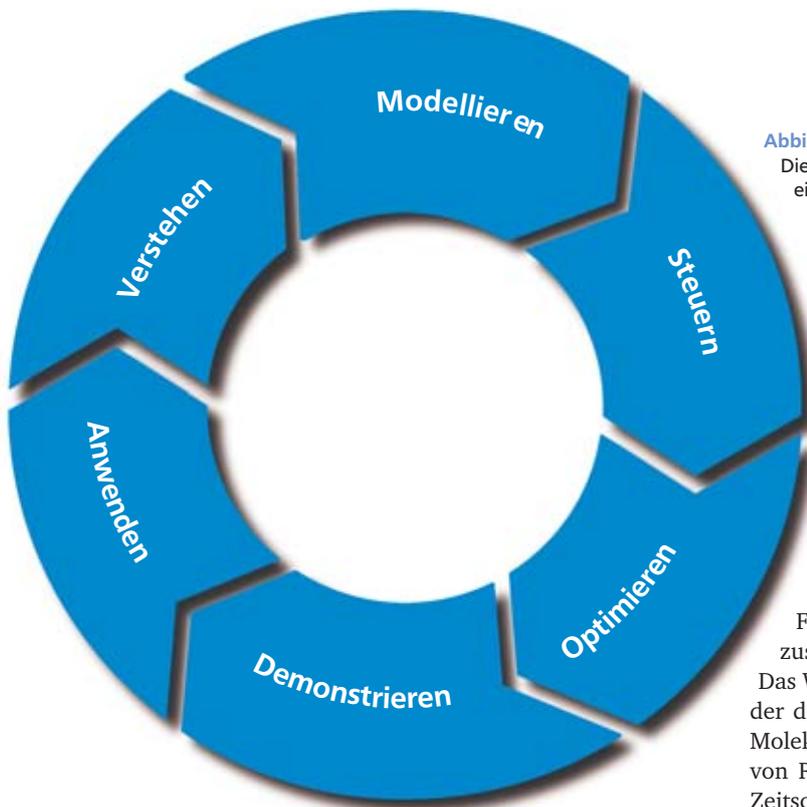


Abbildung 4

Die wissenschaftlichen Ziele von TFCE auf einen Blick: von der erkenntnisorientierten Grundlagenforschung bis zur anwendungsorientierten Forschung und dem Transfer in technische Anwendungen.

entfaltet. Diese Zeitskalen sind wiederum wichtige Parameter für molekulardynamische Simulation. Diese Art der Computersimulation arbeitet auf molekularer und atomarer Ebene. Dabei dringen die Forscher in Bereiche vor, die den Laborgeräten nicht mehr zugänglich ist. Die Experimentatoren arbeiten deshalb eng mit dem Fachgebiet Computational Physical Chemistry zusammen.

Das Werkzeug ist hier ein Hochleistungscomputer, der die physikalische Bewegung von Atomen und Molekülen simuliert. Eine astronomisch hohe Zahl von Rechenoperationen ist dafür nötig, denn die Zeitschritte müssen kleiner sein als die Frequenz, mit der Atome schwingen.

Diese extrem feine Auflösung allein bringt die Wissenschaftler aber nicht viel weiter. Wichtig ist zusätzlich die systematische Vereinfachung der Rechenergebnisse, um Zeit- und Längenskalen zu überbrücken. Dieses sogenannte „coarse graining“ ist ein weiterer Schwerpunkt des Fachgebiets.

Neben der interdisziplinären Zusammenarbeit innerhalb der TU Darmstadt kooperieren die Wissenschaftler von TFCE mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Professor Hans-Jürgen Butt zum Beispiel ist sowohl Principal Investigator am Center of Smart Interfaces der TU als auch Direktor am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz. Butt wies mit seinen Mainzer Kollegen im Versuch nach, dass Kerzenruß als Formvorlage für öl- und wasserabweisende Beschichtungen genutzt werden kann. Das wäre genau das Gegenteil des Superspreiter-Effekts: Touchscreens oder Brillengläser etwa könnten so frei von Fingerabdrücken und Schmutz gehalten werden.

Panta rhei – alles strömt. Der dem Vorsokratiker Heraklit zugeschriebene Aphorismus könnte als ein Leitmotiv von TFCE dienen. Ob in der Nanotechnologie oder am Flugzeug: Alle Systeme, in denen ein Fluid strömt, sind relevant für die Forscher des Clusters.

Forschen im Verbund

TFCE umfasst zahlreiche von der DFG geförderte Projekte:

- Exzellenzcluster: „Center of Smart Interfaces“
- Sonderforschungsbereich Transregio: „Tropfendynamische Prozesse unter extremen Umgebungsbedingungen“
- Schwerpunktprogramme:
 - „Strömungsbeeinflussung in der Natur und Technik“,
 - „Polymer-Festkörper-Kontakte: Grenzflächen und Interphasen“,
 - „Transportprozesse an fluiden Grenzflächen“
- Graduiertenkollegs:
 - „Mathematical Fluid Dynamics“,
 - „Instationäre Systemmodellierung von Flugzeugtriebwerken“,
 - „Optische Messtechniken für die Charakterisierung von Transportprozessen an Grenzflächen“

SMS GROUP MELTING POT FÜR WAHRE TALENTE

Willkommen in Ihrer Zukunft! Bei uns können Sie von Anfang an Großes bewegen, wenn Sie Ihr Studium erfolgreich absolviert haben. Die SMS group ist mit ihren Unternehmensbereichen SMS Siemag und SMS Meer zukunftsweisend auf dem Gebiet des Anlagen- und Maschinenbaus für die industrielle Verarbeitung von Stahl, Aluminium und NE-Metallen. Als Teil eines traditionsreichen und international ausgerichteten Familienunternehmens können Sie faszinierenden Projekten Ihre Handschrift geben.

WWW.GROSSES-BEWEGEN.COM

WWW.SMS-GROUP.COM



SMS  **group**



Spitzenforschung mit Ausstrahlung

Die „Wissenschaftsstadt“ Darmstadt ist ein Zentrum der weltweiten Forschung mit energiereichen Teilchenstrahlen. Mit dem technisch erzeugten, superschweren Element Darmstadtium (Elementsymbol Ds, Ladungszahl 110, Atomgewicht 281) ist sie daher im Periodensystem der chemischen Elemente verewigt. Im Forschungscluster „Teilchenstrahlen und Materie“ der TU Darmstadt sind wissenschaftliche Grundlagenforschung zur Urknallmaterie oder zur Entstehung chemischer Elemente im Universum verknüpft mit der hochtechnologischen Weiterentwicklung von Beschleunigeranlagen und ihren kommerziellen Anwendungen.

► Top-Science with Radiation

The “science-city” Darmstadt is a center of the worldwide research with energetic particle beams. With the artificial super-heavy chemical element Darmstadtium (Ds, charge number 110, atomic mass 281) its name is perpetuated in the periodic table of the elements. The research cluster “Matter and Radiation Science” at the TU Darmstadt links fundamental research on the hot and dense matter right after the Big Bang or in neutron stars and on the generation of the chemical elements in the Universe with state-of-the-art developments in accelerator technology and their commercial applications.

Norbert Pietralla, Lorenz von Smekal, Jochen Wambach, Thomas Weiland • Wie sah der Kosmos kurz nach dem Urknall aus? Wie entstanden die Elemente? Dies sind Fragen, die die Juniorprofessorinnen Almudena Arcones und Tetyana Galatyuk faszinieren. „Die Bedingungen, diesen spannenden Themen nachzugehen, sind in Darmstadt ideal“, meinen beide. Deshalb haben sie ihre von der Helmholtzgemeinschaft finanzierten Nachwuchsforschergruppen am Institut für Kernphysik der TU angesiedelt. Die Spanierin Almudena Arcones ist theoretische Astrophysikerin. Sie beschäftigt sich mit der Synthese chemischer Elemente im Kollaps massereicher Sterne, während die ukrainische Experimentalphysikerin Tetyana Galatyuk Urknallmaterie mit Schwerionenkollisionen im Labor untersucht.

Die Forschungsgebiete dieser Juniorprofessorinnen gehören zu den zentralen Wissenschaftsthemen des Forschungsclusters „Teilchenstrahlen und Materie“ der TU Darmstadt und zählen zur Spitzenforschung weltweit. Im Forschungscluster geht es neben Fragen der physikalischen Grundlagen-

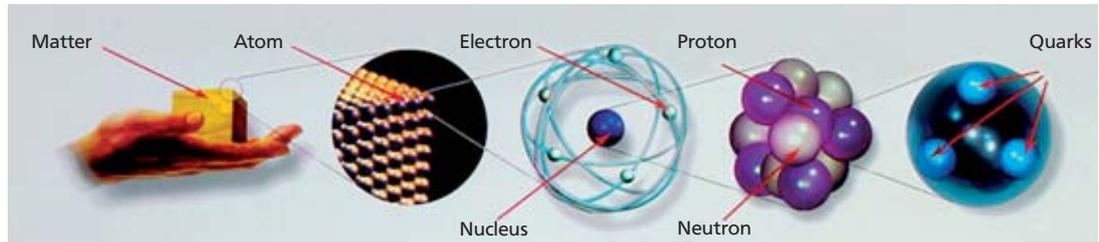


Abbildung 1
Crystal Ball Detektor
am GSI Helmholtzzentrum
für Schwerionenforschung.



Abbildung 2

Der Aufbau der Materie: Der Atomkern (Nucleus) besteht aus Protonen und Neutronen, die ihrerseits wiederum aus je drei Quarks zusammengesetzt sind.



forschung um die Technologie der Teilchenbeschleuniger und Detektoren, den zentralen Instrumenten der Kern- und Strahlenphysik, bis hin zu Anwendungen in den Materialwissenschaften oder der Tumorthherapie mit Kohlenstoffionen. Mit einem Forschungsprogramm auf international höchstem Niveau liefert unser Forschungscluster hervorragende Ausbildung von akademischem Nachwuchs in den Natur- und Ingenieurwissenschaften und trägt so in substanzieller Weise zur technologischen Weiterentwicklung des Industriestandortes Deutschland bei. Wegen des attraktiven Forschungsumfeldes, in dem über 40 Professuren aus vier Fachbereichen zusammenarbeiten, kamen Almudena Arcones von der Universität Basel und Tetyana Galatyuk vom amerikanischen Nationallabor in Berkeley nach Darmstadt.

Urknall und explodierende Sterne – Entstehung der Elemente

Zu den herausragenden intellektuellen Leistungen der vergangenen Jahrzehnte gehören die Aufklärung der Entstehung des Universums und der Elemente. Die Bestätigung der Theorie des „Urknalls“ kulminierte in der detaillierten Vermessung des immer schnelleren Wachstums des Universums (Physik-Nobelpreis 2011), woraus das Alter des Universums zu 13,7 Milliarden Jahren bestimmt werden konnte.

Die Urknalltheorie sagt voraus, dass die Temperatur des Kosmos zum Urknall hin immer höher gewesen ist. So betrug sie etwa eine Sekunde nach dem Urknall mehr als 10 Milliarden Grad, was ausreicht, um Atomkerne in ihre Bestandteile, die Protonen und Neutronen, zu zerlegen. Solche Bedingungen liegen auch heute noch in Sternexplosionen vor. Zu einer noch früheren Zeit von etwa einer hunderttausendstel Sekunde war sie mehr als ein-

hundert Mal höher, was ausreicht, um auch Protonen und Neutronen in ihre Bausteine aufzuschmelzen, nämlich in Quarks und Gluonen. Den dadurch entstehenden neuen Materiezustand nennt man das „Quark-Gluon-Plasma“ in Anlehnung an Plasmen, wie sie im Inneren der Sonne oder des Jupiter vorliegen.

Dabei ist die Materie so heiß und dicht, dass nicht die elektromagnetische, sondern die starke Kraft zwischen Quarks für die Eigenschaften der Materie ausschlaggebend ist. Materie unter solch extremen Bedingungen wie im frühen Universum oder im Inneren von Neutronensternen wird experimentell im Zusammenstoß schwerer Atomkerne wie Uran, Blei oder Gold erzeugt und seine Materialeigenschaften untersucht. Derartige Experimente werden am CERN in Genf oder an der GSI in Darmstadt durchgeführt und für das internationale Großforschungszentrum FAIR geplant (siehe Infobox „Teilchenstrahlen in Darmstadt“).

Forscher der TU Darmstadt sind experimentell wie theoretisch wesentlich an diesen Entwicklungen beteiligt. Tetyana Galatyuk sucht mit dem HADES Detektor in solchen Schwerionen-Kollisionen nach Paaren von Elektronen und deren Antiteilchen, den Positronen, ähnlich wie in der medizinischen Diagnostik. Mit diesen vermisst sie die besonders heiße und dichte Frühphase einer solchen Kernkollision. Zur theoretischen Beschreibung derartiger Materie kommen numerische Methoden auf modernsten Großrechnern zum Einsatz.

Im Urknall wurden Wasserstoff und Helium erzeugt. Aus riesigen Wolken dieser leichtesten Elemente entstehen Sterne, deren Licht aus Kernfusionsprozessen unter der enormen Gravitation im Sterninneren stammt. In diesem Sternbrennen werden allmählich weitere leichte chemische Elemente erzeugt. Wenn der Brennstoff aufgebraucht ist, beenden Sterne mit mehr als der achtfachen Masse der Sonne ihr Leben in einer gewaltigen Supernova-Explosion. Dabei steigen die Dichten und Temperaturen auf unvorstellbar große Werte an, bei denen auch Kerne der schwersten Elemente wie Uran oder das kurzlebige Darmstadtium (das vor wenigen Jahren an der GSI in Darmstadt entdeckte Element 110 im Periodensystem) gebildet werden. In dieser gewaltigen Explosion wird die äußere Hülle des Sterns abgesprengt und mitsamt der entstandenen Elemente ins All geschleudert. Die zugrunde liegen-

Fakten zum Forschungscluster

Der Forschungscluster „Teilchenstrahlen und Materie“ bündelt Forschungsaktivitäten auf den Gebieten der Physik, der Beschleunigertechnik, der Materialwissenschaft und der Strahlenbiologie, die sich mit der Bereitstellung und wissenschaftlichen Nutzung von Teilchenstrahlen befassen. 42 Professoren und Privatdozenten der TU arbeiten in acht Verbundprojekten in diesem Feld. Sie leisten wesentliche Beiträge zum Bau von FAIR und bieten den Studenten der TU Zugang zu dieser hochtechnologischen Großforschung.

den Kernreaktionen zu verstehen, ist einer der Schwerpunkte unseres Forschungsclusters. Dieses Forschungsfeld der TU Darmstadt wird nun durch Almudena Arcones ergänzt, die ihre Kompetenz zur Simulation der Sternexplosionsdynamik einbringt.

Der Atomkern – ein komplexes Vielteilchensystem

In Sternexplosionen kommen mehrere tausend Nuklide vor, die ungewöhnliche Verhältnisse von Neutronen zu Proton besitzen und noch völlig unerforscht sind. Solche exotischen Kerne werden an der GSI und später an FAIR mitunter erstmals internationalen Forscherteams zur Verfügung gestellt. Wissenschaftler der TU Darmstadt sind an diesen Experimenten federführend beteiligt. So hat etwa die Gruppe des Physikers Thomas Aumann kürzlich einen Reaktionstyp aller exotischen Sauerstoffkerne vermessen. Eine bei diesen Kernen auftretende Anomalie der Stabilitätsgrenze wurde daneben von dem Darmstädter Theoretiker Achim Schwenk auf Basis der komplexen Kernkräfte erklärt. Derartige Berechnungen von Kerneigenschaften sind derzeit nur für Kerne mit wenigen Pro-

Institut für Kernphysik der TU Darmstadt

Prof. Dr. Norbert Pietralla
Tel. 06151/16-7441
E-Mail: pietralla@ikp.tu-darmstadt.de
Schlossgartenstraße 9
64289 Darmstadt
www.ikp.physik.tu-darmstadt.de/pietralla/

Priv.-Doz. Dr. Lorenz von Smekal
Tel. 06151/16-2416
E-Mail: lorenz.smekal@physik.tu-darmstadt.de
Theoriezentrum
Schlossgartenstraße 2
64289 Darmstadt
<http://theorie.ikp.physik.tu-darmstadt.de/npqft/>

Prof. Dr. Jochen Wambach
Tel. 06151/16-2872
E-Mail: Jochen.Wambach@physik.tu-darmstadt.de
Theoriezentrum
Schlossgartenstraße 2
64289 Darmstadt
<http://theorie.ikp.physik.tu-darmstadt.de/nhc/>

Institut Theorie Elektromagnetischer Felder der TU Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Thomas Weiland
Tel. 06151/16-2161
E-Mail: thomas.weiland@temf.tu-darmstadt.de
Schlossgartenstraße 8
64289 Darmstadt
<http://www.temf.de/>

ANZEIGE



PERI, der Weltmarktführer im Bereich Schalung, Gerüst und Engineering erzielte im Jahr 2011 mit über 6.000 Mitarbeitern einen Umsatz von 927 Millionen Euro.



Informieren Sie sich auf unserer Website zu Praktikum, Abschlussarbeit oder Berufseinstieg.



Nehmen Sie direkt Kontakt mit uns auf: +49 (0)7309.950-6050 oder silvia.beitner@peri.de

Wachsen mit PERI – Verantwortung und internationale Herausforderungen

PERI[®] Schalung
Gerüst
Engineering
www.peri.de



tonen und Neutronen möglich und das auch nur auf den leistungsfähigsten Großrechnern. Dafür wird in Zukunft auch der Hessische Höchstleistungsrechner in Darmstadt zur Verfügung stehen.

Moderne Beschleuniger und Detektorsysteme – Ingenieurleistungen für die Grundlagenforschung

Um entsprechende Daten für schwere exotische Kerne zu gewinnen, sind neue Beschleuniger- und Detektorentwicklungen nötig. Dies sind Größtgeräte am Rande der technischen Machbarkeit. Die Technische Universität Darmstadt ist ein idealer Partner für die Weiterentwicklung solcher elektrotechnischer Großanlagen. Die TU betreibt und entwickelt am Fachbereich Physik den Supraleitenden Darmstädter Elektronen-Linearbeschleuniger (S-DALINAC) und bietet den deutschlandweit einzigen Universitätsstandort zum Studium der Beschleunigertechnik, der sowohl naturwissenschaftliche Forschung zu den physikalischen Grundlagen als auch deren ingenieurwissenschaftliche Umsetzung miteinander verbindet. Der Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, der jüngst gemeinsam mit der GSI zwei weitere Professuren für Beschleunigertechnologie geschaffen hat, und der Fachbereich Physik bringen die Expertise der TU Darmstadt für den Bau der internationalen Beschleunigeranlage FAIR in Darmstadt ein. Deren Nutzung wird ab dem Jahr 2018 von der Grundlagenforschung (s. o.) bis zu Hochtechnologieanwendungen und der Weiterentwicklung medizinischer Therapie reichen.

Neue Werkstoffe und Therapien mit schweren Ionen

Ionenstrahlen mit hoher Energie und Intensität sind in der Lage, Werkstoffe oder biologische Zellen nutzbringend zu modifizieren. In kontrollierter Weise kann das lebensrettend sein. Die Teilchenbeschleuniger-basierte Partikeltherapie erlaubt die erfolgreiche Behandlung von Krebskrankungen,

Abbildung 3–5
Forscht am Teilchendetektor HADES:
Tetyana Galatyuk (links).

Der supraleitende Elektronenlinearbeschleuniger S-DALINAC am Institut für Kernphysik der TU Darmstadt: Hightech aus Studentenhand.

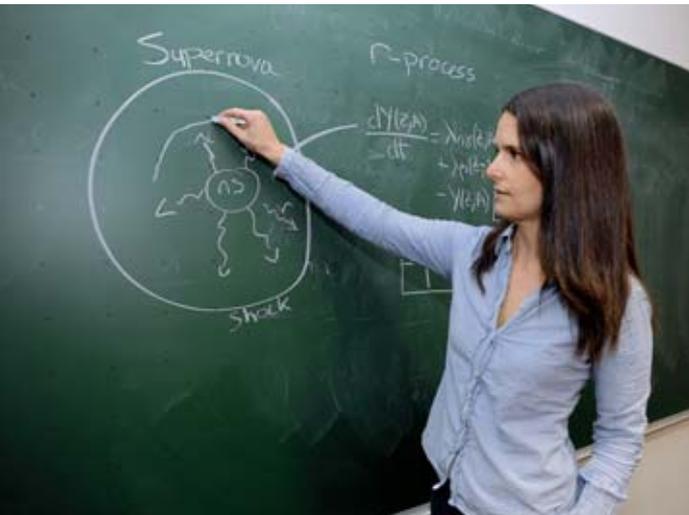
Will wissen, wie Sterne schwere Elemente wie Gold oder Platin herstellen:
Almudena Arcones (rechts).



Teilchenstrahlen in Darmstadt

Die Technische Universität Darmstadt betreibt seit 1989 am Institut für Kernphysik den supraleitenden Elektronen-Linearbeschleuniger S-DALINAC, der mit seinem neuartigen Beschleunigungsprinzip das optimale Strahlstastverhältnis von 100 Prozent erreicht und international Standards setzt. Der S-DALINAC besitzt die weltweit beste absolute Energieauflösung eines Elektronenbeschleunigers für die Untersuchung von Kernanregungen. Die Helmholtz-Gemeinschaft betreibt in Darmstadt die GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH. Dort liefern der Universal-Ionenlinearbeschleuniger UNILAC und das Schwerionen-Synchrotron SIS-18 Ionenstrahlen mit weltweit höchster Intensität. Mit einem Investitionsvolumen von etwa 1,2 Milliarden Euro entsteht an der GSI gegenwärtig die internationale Großforschungsanlage „Facility for Antiproton and Ion Research“ (FAIR) mit dem Schwerionensynchrotron SIS-100 zur Erzeugung höchstintensiver Strahlen aus Antiprotonen und exotischen Atomkernen. Experimentieranlagen zur Kernstrukturforschung werden unter Leitung von Wissenschaftlern der TU Darmstadt aufgebaut. Die TU ist Sprecherhochschule des entsprechenden deutschlandweiten Forschungsschwerpunkts „NuSTAR.de“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

die operativen Verfahren nicht zugänglich sind, wie etwa Gehirntumoren. Der Kernphysiker Marco Durante forscht und lehrt an der TU Darmstadt und leitet an der GSI die Abteilung für Biophysik, an der die inzwischen weltweit klinisch eingesetzte Partikeltherapie erfunden wurde. Darmstädter Wissenschaftler der Fachbereiche Physik und Biologie erforschen die Mechanismen der Schädigung und körpereigenen Reparatur von DNA-Molekülen in Zellkernen. Kollegen aus dem Fachbereich Mate-



rial- und Geowissenschaften nutzen gezielte Materialmodifikationen durch kontrollierte Ionenbestrahlung, um technische Anwendungen durch neue Werkstoffe zu verbessern oder überhaupt erst zu ermöglichen.

Derartige Forschungsarbeiten sind das Fundament für hochtechnologische Innovationen von morgen und damit für die Zukunft des Industriestandortes Deutschland. Sie gelingen nur in enger Zusammenarbeit von höchster Ingenieurkunst mit international führender Grundlagenforschung in Experiment und Theorie, wofür eine weltweit einmalige Kombination von Kompetenzen an der TU Darmstadt gegeben ist.



Norbert Pietralla, seit 2006 Professor für Experimentelle Kernphysik an der TU Darmstadt, ist Sprecher des Forschungsclusters. Er verantwortet die Forschung am Elektronenbeschleuniger S-DALINAC und arbeitet am Aufbau der FAIR-Anlage mit.



Lorenz von Smekal, seit 2009 als theoretischer Physiker an der TU Darmstadt. Der Marie-Curie-Fellow erforscht die Theorie der starken Wechselwirkung und ist wissenschaftlicher Koordinator des Forschungsclusters „Teilchenstrahlen und Materie“.



Jochen Wambach ist seit 1996 Professor für Theoretische Kernphysik und seit 2003 Leiter der Theoriegruppe „Hadronenphysik“ bei der GSI. Er beschäftigt sich mit Themen aus der Hadronen- und Kernphysik.



Thomas Weiland promovierte 1977 in Darmstadt und war anschließend am CERN in Genf und DESY in Hamburg. Seit 1989 leitet er das Institut TEMF an der TU Darmstadt. Er gründete ferner die CST AG.

„Ich nutze Freiräume für andere Perspektiven. Schön, dass das auch im Job funktioniert.“

Ranzoomen, sich ein genaues Bild machen. Und dann einfach noch mal den Standpunkt wechseln: Das ist bei Atotech an der Tagesordnung. Wir forschen an innovativen Produkten und Verfahren für eine nachhaltigere Galvanotechnik – in Asien, Nord- und Südamerika sowie Europa. Seit Jahrzehnten gestalten wir die Zukunft unserer Branche sowie unserer weltweiten Partner.

Herausforderungen erkennen, Verantwortung übernehmen

Unser gemeinsames Bild einer lebenswerten Zukunft für alle spornt unsere Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen an, weiterzudenken und bessere Lösungen zu finden. Unsere Mission: weniger Ressourcen – mehr Umweltschutz!

Today's People for Tomorrow's Solutions



Einblicke ins Internet der Zukunft

Technische Innovationen und ihre Anwendungen werden das zukünftige Internet gestalten und neue Geschäftsfelder, neue Arbeitswelten und neue Kommunikationsgewohnheiten ermöglichen. In der Forschung der TU Darmstadt spiegelt sich die hohe Entwicklungsdynamik des Internets in nahezu fünfzig Fachgebieten wider. Daraus ergeben sich vielfältige Optionen zur Bündelung von Kräften und für eine zukunftssichere Ausrichtung der Forschung. Der Forschungscluster Future Internet bildet dafür den idealen strukturellen und organisatorischen Rahmen in der TU Darmstadt.

► Insights into the Future Internet

Innovations in technology and its application will shape the future internet. These will create new fields for business, new working environments and new communication behavioral. Related research at TU Darmstadt carried out at nearly 50 labs and institutes reflecting the high dynamics of internet developments. This diversified scientific environment offers manifold options for bundeling forces and for creating and executing a sustainable research agenda. To this end the Research Cluster Future Internet creates an ideal structural and organizational framework at TU Darmstadt.

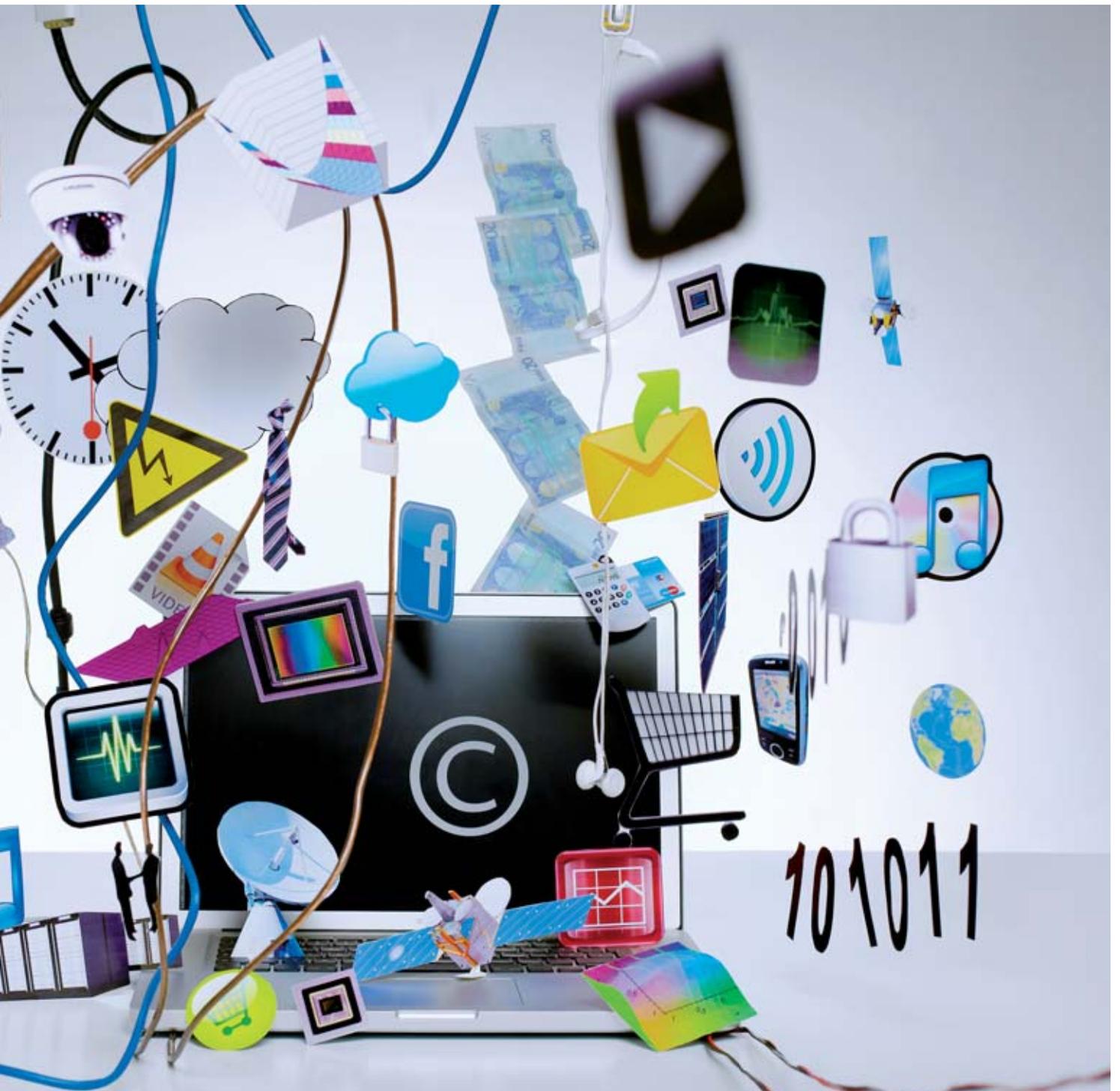
Johannes Buchmann, Dieter W. Fellner, Ralf Steinmetz • Das Internet ist heute das Medium, das sich am schnellsten verändert. Mit dem Internet entwickeln sich neue Geschäftsfelder, neue Arbeitswelten und neue Kommunikationsgewohnheiten. In der Forschung der TU Darmstadt spiegelt sich das in nahezu fünfzig Fachgebieten wider, die unterschiedliche Aspekte neuer Internettechnologien bewerten und weiterentwickeln. Darmstadt zeichnet sich durch viele exzellente Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen und ein ideales Umfeld aus, in dem sie sich mit Experten benachbarter Disziplinen unkompliziert über eine große Bandbreite von Themen austauschen können. Mit dem Forschungscluster „Future Internet“ soll dieser Vorteil noch strategischer als bisher für gemeinsame Forschungsziele zur Geltung kommen. Im Forschungscluster Future Internet verbindet die TU Darmstadt ihre Aktivitäten zur Gestaltung des zukünftigen Internets in fünf Kompetenzschwerpunkten:

Sicherheit

IT-Sicherheit und kryptografische Verfahren sind essenziell für die Nutzung und weitere Entwicklung



Abbildung 1
Wie sieht das Internet von morgen aus?
Wissenschaftler aus nahezu fünfzig
Fachgebieten der TU Darmstadt
erforschen vielfältigste Aspekte neuer
Internettechnologien.





des Internets. Die TU Darmstadt hat in diesen Bereichen schon früh Kompetenz gezeigt und ihren Forschungsschwerpunkt IT-Sicherheit kontinuierlich weiterentwickelt. Die zukünftigen Strukturen des Internets ermöglichen neue Anwendungsfelder, die nach leistungsstarken und ressourcenschonenden Sicherheitstechniken verlangen. Ein Beispiel ist das Internet der Dinge: Die Kommunikation von Menschen, Geräten und Objekten über flexible Netzwerke und virtuelle Datenspeicher in der „Cloud“ erfordert spezialisierte Sicherheitslösungen für mobile und eingebettete Systeme. Gleichzeitig sind technische und gesellschaftliche Lösungen für einen angemessenen Schutz der Privatsphäre gefordert, die dennoch Raum für innovative Geschäftsmodelle lassen. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen forschen sowohl an Lösungen für die Sicherheit von IT als auch an neuen Lösungen für Sicherheit durch neue IT, zum Beispiel im Katastrophenschutz und in der zivilen Sicherheit. Die TU Darmstadt verbindet

Fachgebiet Theoretische Informatik

Prof. Dr. Johannes Buchmann
Tel.: 06151/16-3416
E-Mail: buchmann@cdc.informatik.tu-darmstadt.de
www.cdc.informatik.tu-darmstadt.de

Fachgebiet Graphisch-Interaktive Systeme

Prof. Dr.-techn. Dieter W. Fellner
Tel.: 06151/155-100
E-Mail: institutsleitung@igd.fraunhofer.de
www.igd.fhg.de

Fachgebiet Multimedia Kommunikation

Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz
Tel. 06151/16-6151
E-Mail: ralf.steinmetz@kom.tu-darmstadt.de
www.kom.tu-darmstadt.de

diese Themen interdisziplinär durch IT-Sicherheitsforschung an über 15 Fachgebieten sowie im LOEWE-Forschungszentrum CASED und im BMBF-Kompetenzzentrum EC SPRIDE.

Kommunikation

Die an Vielfalt zunehmenden Dienste und medialen Inhalte lassen Methoden zu deren Management zu einem innovationsträchtigen Forschungsfeld werden. Neue Kommunikationsparadigmen der qualitätserhaltenden Selbstorganisation in Overlaynetzen durch eine „Multi-Mechanismen Adaption“ erlauben es, Produktentwicklungen und das Management der dafür notwendigen Daten auf eine neue Grundlage zu stellen. Dem Paradigma zugehörige Systeme basieren auf der kooperativen Erbringung eines Dienstes durch die beteiligten Dienstnehmer, die so auch zu Dienstleistern werden. Damit sind diese Systeme sowohl wissenschaftlich als auch ökonomisch von hohem Interesse. Die Eigenschaften dieser neuartigen Mechanismen und deren Auswirkungen auf Effizienz, Qualität und Dienstgüte der verteilten Anwendungen (zum Beispiel Backup und Storage, Cloud Computing, Obligation Management, Ephemeral Communication) sind jedoch aufgrund der hohen Komplexität noch nicht hinreichend verstanden. Die Forschung und Entwicklung soll in angrenzenden Bereichen wie Mobile Communications, Sensor Networking und Multimedia Technologies weiter vertieft werden.

Multimediale Dokumente

Das Anschwellen der Datenmengen rückt das Management von Dokumenten in den Mittelpunkt

Abbildung 2

Denken über Disziplinen hinaus:
Zum Beispiel Professor Marc Fischlin (links),
Experte für Datenverschlüsselung
und -sicherheit, und Professor
David Hausherr (rechts), Experte für
Kommunikationstechnik.

wirtschaftlicher Betrachtungen. Insbesondere müssen solche Dokumente betrachtet werden, die durch Medientechnologien erst ermöglicht werden, wie zum Beispiel 3D-Dokumente, verteilte Medienanalyse, semantische Inhaltsfusion und Visualisierung. Den richtigen Inhalt zur richtigen Zeit liefern und dies unter Berücksichtigung der Vorlieben und Kontexte der Nutzer zu tun, wird zu einem kritischen Erfolgsfaktor.

Diese Leistungen entfalten durch Fernzusammenarbeit ihren Nutzen weiter und erhöhen die Akzeptanz neuer Modi der Kooperation mit dem positiven Effekt, dass Kosten und Energieverbrauch gesenkt werden können. Besonderes Augenmerk in der Forschung liegt dabei auch auf intelligenten und unterstützenden Werkzeugen zur Schaffung, Modifizierung und zum Austausch von audiovisuellen und 3D-Inhalten, zum Beispiel innerhalb sozialer „Communities“, wodurch der Schaffensprozess so einfach wie die heutige Textbearbeitung werden soll.

Aspekte der Nutzung

Gesichtspunkte zukünftiger Anwendungen schließen die Frage nach den Wirkmechanismen der Nutzungsinteraktionen ebenso ein, wie die nach der gesellschaftlichen Akzeptanz. Dazu gehört auch die Analyse zukünftiger Bedarfsstrukturen.

Ökonomische Wirkungen

Von essenzieller Bedeutung aus betriebs- und volkswirtschaftlicher Sicht wird das Verständnis der neuen Wertschöpfungsketten in der Wirtschaft sein. Neuartige internetbasierte Dienste verändern die Informationserstellung und die Informationsdiffusion. Auswirkungen ergeben sich auf Unternehmen und Gesellschaft sowie staatlich handelnde Akteure. Neue Geschäftsmodelle und Dienstleis-

Roadmapping: Die Forschungslandkarte

Im „Roadmapping“ – sonst eher in der Industrie eingesetzt – werden Wechselwirkungen zwischen Entwicklungen und dem Kompetenzspektrum des Forschungsclusters Future Internet untersucht. Aus Technologiethematen wie zum Beispiel „Mobiles Endgerät der Zukunft“ und ihrem Forschungsgehalt wird – unter Bewertung eigener wissenschaftlicher Stärken – eine Landkarte für ein koordiniertes Vorgehen in der TU Darmstadt abgeleitet. Bei Eignung des Verfahrens soll regelmäßig eine dedizierte „Roadmap“ eines relevanten Bereichs entstehen.

**LIFE - Gründerzentrum
Wiesbaden**

In Wiesbaden, im Industriepark Kalle-Albert, ist für Start-up-Firmen und Existenzgründer eine Anmietung von Labor- und Büroflächen zu günstigen Konditionen möglich!

Das Gründerzentrum LIFE bietet Ihnen neben den bezugsfertigen Räumlichkeiten auch Existenzgründerhilfen, Experten in Genehmigungs- und Umweltfragen, Dienstleistungen und Services bis hin zum Personalmanagement.

Beste Verkehrsanbindungen in unmittelbarer Nähe erreichbar:

- Autobahn: 3 Minuten
- Flughafen Frankfurt: 20 Minuten
- S-Bahn am Gelände

Unsere Konditionen* für Ihren Start:

- Im ersten Mietjahr:
6,00 EUR/m² und Monat
Büromietfläche
8,00 EUR/m² und Monat
Labormietfläche
10,00 EUR/MA und Monat
Kosten für Umlagen

für mehr Informationen
rufen Sie uns an!

InfraServ GmbH & Co. Wiesbaden KG
Oliver Heinrich
Tel.: 0611-962-6547
E-Mail: oliver.heinrich@infraserv-wi.de
www.kalle-albert.de

Industriepark
KALLE-ALBERT

* zzgl. den gebäudespezifischen
Nebenkosten, Energie-Verbrauchskosten,
sowie der jeweils gültigen gesetzlichen
Mehrwertsteuer

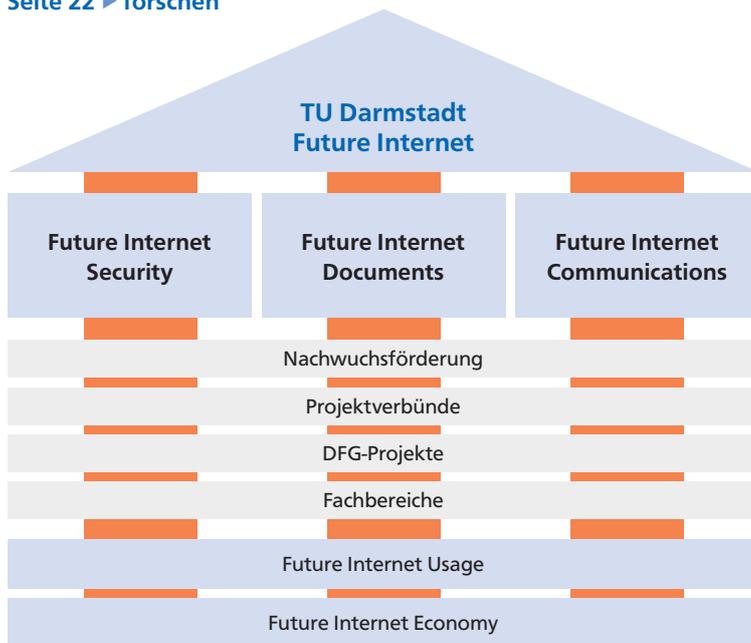


Abbildung 3
Fünf Dimensionen bearbeitet der Cluster Future Internet: Sicherheit, Multimediale Dokumente, Kommunikation, Aspekte der Nutzung und Ökonomische Wirkungen.

tungsunternehmen zeichnen sich durch neue Kooperationsmuster aus, deren Auswirkungen auf die Gestaltung betrieblicher Abläufe und auf das Geschehen im Markt selbst bisher nicht klar genug eingeschätzt werden können. Ein vertieftes Verständnis wäre jedoch nicht zuletzt für die Beurteilung von Transferchancen der Forschungsergebnisse einer Technischen Universität von hoher Bedeutung.

Zwei Beispiele

Beispiele für das Potenzial des zukünftigen Internets ließen sich nahezu unbegrenzt anführen. Nachfolgend seien zwei genannt, die mit aktuellen Forschungsaktivitäten an der TU Darmstadt direkt verknüpft sind:

Das Internet der Dinge

Der Betrieb kritischer Infrastrukturen wie das Verkehrs- oder Elektrizitätsversorgungsnetz hängt bereits heute erheblich von der Verfügbarkeit des Internets ab. Durch das Internet werden Betriebsprozesse abgewickelt und Informationen für Nutzer und Betreiber zur Verfügung gestellt. Die Vision des „Internets der Dinge“ nähert sich der Realität. Somit werden auch Geräte wie drahtlose Sensoren und Aktuatoren durch das Internet miteinander kommunizieren können. Damit wird es ermöglicht, den Betrieb kritischer Infrastrukturen unmittelbar zu unterstützen und zu steuern.

Prof. Dr. Silvia Santini, WSN – Wireless Sensor Networks Lab, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Sichere mobile Kommunikation

Schon heute ermöglichen Smartphones und Tablet Computer den Beschäftigten in Unternehmen ortsunabhängig Zugriff auf Unternehmensdaten und Kontakte, aber auch auf private Netzwerke. Dieser Trend wird sich im Alltag weiter verstärken: So

werden Personen über ihre Geräte spontan Netzwerke bilden oder sich automatisch gegenüber Dienst Anbietern ausweisen können. Sensoren in der Kleidung können in Verbindung mit mobilen Geräten zukünftig persönliche Daten ihres Trägers mit verfügbaren Umweltdaten verbinden. Diese Kommunikation über verschiedenste Geräte und Netzwerkebenen hinweg erfordert deshalb vollkommen neue Lösungen für Datensicherheit und Privatsphärenschutz.

Prof. Dr. Ahmad-Reza Sadeghi, System Security Lab, Fachbereich Informatik

Mit dem Ziel, die Zusammenarbeit in der Forschung weiter zu optimieren, hat sich der Forschungscluster zur Nutzung eines sonst eher aus der industriellen Forschung bekannten Ansatzes zur Strategiebildung entschlossen (Infobox). Eigene Stärken werden ausgebaut und ihre Koordination wird optimiert, um sie dann gezielter einsetzen zu können. Im Zeichen des verschärften Wettbewerbs zwischen den Hochschulen um Köpfe, Forschungsmittel und nicht zuletzt auch um Kooperationspartner in der Industrie, wird die Aufstellung und Ausrichtung der eigenen Kompetenzen zu einem kritischen Faktor für den nachhaltigen Erfolg als führende europäische Universität. Der Forschungscluster wird einen wesentlichen Beitrag zur Stärkung der TU Darmstadt in diesem Wettbewerb leisten.



Johannes Buchmann, Professor am Fachbereich Informatik der TU Darmstadt, Leiter des Fachgebiets Theoretische Informatik, Vizedirektor des LOEWE-Zentrums CASED, Mitglied im Sprecherkreis des Forschungsclusters Future Internet.



Dieter W. Fellner, Professor für Graphisch-Interaktive Systeme an der TU Darmstadt, Direktor des Fraunhofer Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD, Mitglied im Sprecherkreis des Forschungsclusters Future Internet.



Ralf Steinmetz, Professor am Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Darmstadt, Leiter des Fachgebiets Multimedia Kommunikation, Vorsitzender des Sprecherkreises des Forschungsclusters Future Internet.



JOBS FINDEN STATT SUCHEN!

Stellenwerk - das Jobportal der Technischen Universität Darmstadt.

WWW.STELLENWERK-DARMSTADT.DE

Hier findest du Jobs so individuell wie das Studentenleben:
Aushilfs- und Mini-Jobs, Praktika oder Einstiegspositionen.

Täglich neue Angebote aus Darmstadt und ganz Deutschland.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

studentenwerkdarmstadt



Fit für die Wertschöpfung von morgen

Die Bundesrepublik Deutschland entwickelt und fertigt innovative Produkte und gehört daher zu den stärksten Exporteuren weltweit. Um diese Position zu halten, ist es notwendig, die heutigen Wertschöpfungsketten kontinuierlich auf den Prüfstand zu stellen und Verbesserungen durchzuführen. Dies stellt allerdings eine komplexe Aufgabenstellung dar, bei der die Zusammenarbeit verschiedenster Disziplinen wie Produktentwicklung, Produktionsmanagement und Logistik gefordert werden. Die TU Darmstadt stellt sich dieser Herausforderung im Rahmen des Forschungsclusters Integrierte Produkt- und Produktionstechnologie.

► *Fit for the value added of tomorrow*

The Federal Republic of Germany develops and produces innovative products. Thus, it is one of the major exporters worldwide. To maintain this position, the continuous revision and improvement of today's value chains is necessary. This is a complex task which requires the collaboration of different disciplines like product development, production management and logistics. The TU Darmstadt meets this challenge within the Research Cluster Integrated Product and Production Technology.

Eberhard Abele • Deutschland gehört neben China und den USA zu den weltweit größten drei Waren-Exporteuren. Die wichtigsten deutschen Exportgüter im Jahr 2011 waren, laut Statistischem Bundesamt, mit einem Gesamtanteil von 42,1 Prozent Kraftwagen und Kraftwagenteile sowie Maschinen und chemische Erzeugnisse. Diesen folgten Datenverarbeitungsgeräte, elektrische und optische Erzeugnisse sowie elektrische Ausrüstungen. Bei den genannten deutschen Exportschlägern handelt es sich um reale Produkte, welche vom verarbeitenden Gewerbe und somit der Produkt- und Produktionstechnologie hergestellt werden. In der Produktion sind in der Bundesrepublik Deutschland derzeit ca. 7 Millionen Menschen tätig und weitere in produktionsnahen Dienstleistungssektoren wie der Logistik. Laut Statistischem Bundesamt erwirtschaftete das produzierende, vor allem das verarbeitende, Gewerbe 2011 25,60 Prozent des Bruttoinlandsprodukts und stellt somit nach dem Dienstleistungsbereich den wichtigsten Wirtschaftsbereich dar. Dies zeigt, wie wichtig der Erhalt der Wertschöpfung in Deutschland für die Vollbeschäftigung ist. Um die Wirtschaftskraft der Produkt- und Produktionstechnologie sowie der

verknüpften Dienstleistungsbranchen zu stärken, sind Innovationen und fortlaufende Verbesserungen der Prozessschritte heutiger Wertschöpfungsketten notwendig. Dies stellt eine komplexe und umfassende Aufgabe dar, deren Lösung die Zusammenarbeit vieler verschiedener Fachdisziplinen erfordert.

Fortschritt durch Zusammenarbeit

Wie muss die zukunftsfähige Wertschöpfungskette von morgen aufgebaut sein? Dieser zentralen Frage stellt sich die TU Darmstadt in besonderer Weise im Rahmen des Forschungsclusters Integrierte Produkt- und Produktionstechnologie (CLiPP). Durch die Zusammenarbeit von 27 Professoren aus verschiedenen Forschungsfeldern und Fachgebieten werden alle Schlüsselkompetenzen bereitgestellt, um die heutigen Wertschöpfungsketten detailliert abzubilden und auf den Prüfstand zu stellen. Die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachdisziplinen erlaubt es, die verschiedenen Kompetenzen zu bündeln, Synergien zu erarbeiten und so das komplexe Themengebiet sowohl in der Breite als auch in der Tiefe zu erforschen.

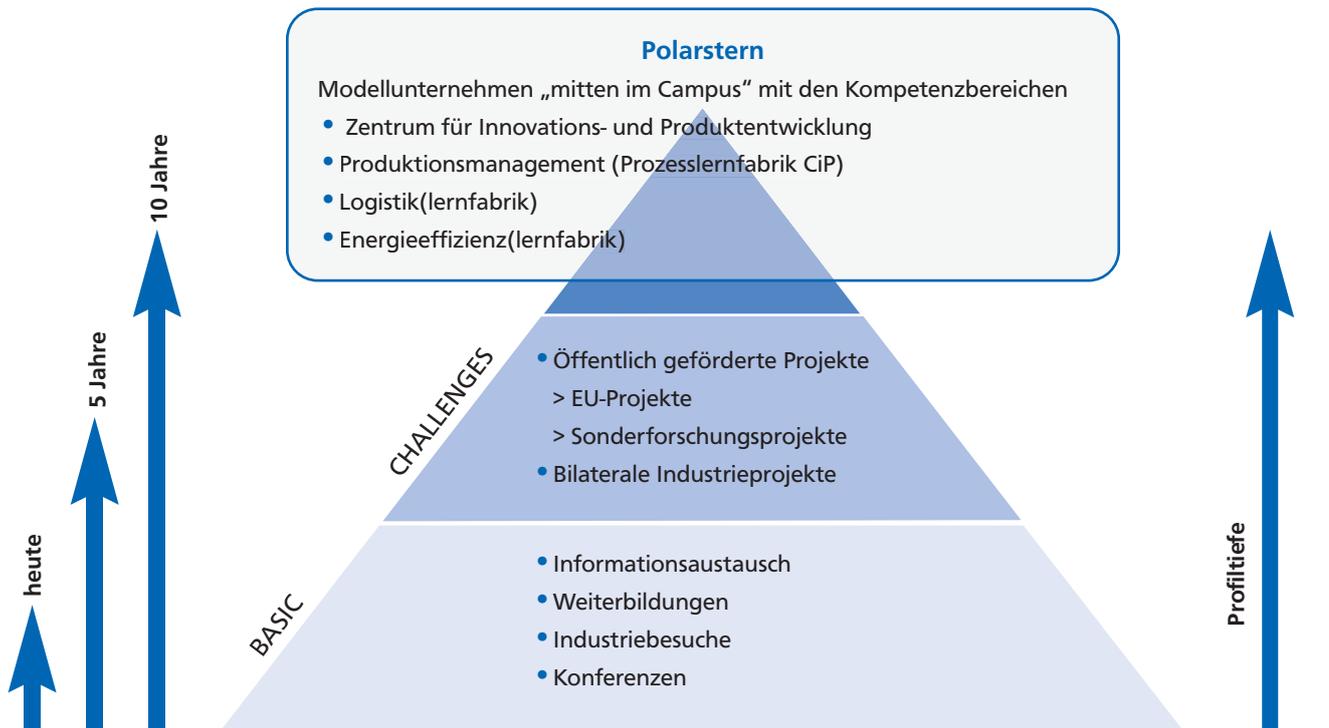
Die hohe Kooperationsbereitschaft und -fähigkeit der teilnehmenden Partner sowie der gesamten Fachgebiete an der TU Darmstadt und die enge Vernetzung mit anderen Forschungsprojekten ist der Schlüssel zu hervorragenden Forschungsergebnissen und zum Erfolg des Clusters. Um eine optimale grundlagen- und praxisorientierte industriennahe Forschung zu gewährleisten, ermöglicht der Cluster einerseits kurzfristige Synergien, verfolgt andererseits aber auch eine längerfristige Strategie. Dazu erfolgt die Bildung von übergreifenden Schwerpunkten in den Bereichen Innovations- und Produktentwicklung, Produktionsmanagement, Logistik sowie Energie- und Ressourceneffizienz, welche die wichtigsten Kompetenzbereiche der Wertschöpfung abbilden.

Weiterhin ist es das Ziel des Clusters, ein Modellunternehmen „mitten im Campus“ aufzubauen, das die Kompetenzbereiche abbildet. Das Modellun-

Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Tel.: 06151/16-2156
E-Mail: abele@ptw.tu-darmstadt.de
www.ptw.tu-darmstadt.de

Abbildung 1
Produktion im globalen Umbruch: Der Forschungscluster Integrierte Produkt- und Produktionstechnologie untersucht, wie die zukunftsfähige Wertschöpfungskette von morgen aufgebaut sein muss.





ternehmen soll als Austauschplattform zwischen der Forschung und Industrie dienen und gleichzeitig die praxisorientierte universitäre Lehre ermöglichen.

Innovations- und Produktentwicklung

Wie entstehen die Innovationen und Produkte von morgen? Dies kann eine Fragestellung sein, der im Forschungsschwerpunkt Innovations- und Produktentwicklung nachgegangen wird. Dieser beschäftigt sich mit Grundlagenforschung im Bereich der Weiterentwicklung von Methoden, Modellen, Abläufen und Prozessen der Innovations- und Produktentwicklung. Die Forschungsarbeiten werden durch eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit mit der Produktionstechnologie geprägt. Somit wird der Gedanke des Simultaneous Engineering in CLiPP aktiv gelebt, mit dem Ziel einer ganzheit-

lichen Produkt- und Prozessentwicklung. Auch industriennahe Dienstleistungen wie Schulung von Entwicklungsmethoden und Beratung von Industrieunternehmen gehören zum Arbeitsbereich des Schwerpunkts Innovations- und Produktentwicklung. Die Austauschplattform zwischen Forschung und Industrie bildet das im Aufbau befindliche Zentrum für Innovations- und Produktentwicklung. Die Säulen des Zentrums sind neben dem Wissenstransfer und dem Lösen praxisrelevanter Fragestellungen, auch eine erlebbare Produktentwicklung. Hierfür werden völlig neue Schulungskonzepte entwickelt, welche anhand des praxisnahen Durchlaufens eines Entwicklungsprozesses Auswirkungen, Anwendungen und Nutzen neuer Methoden aufzeigen.

Produktionsmanagement

Wie hole ich das Maximum an Produktivität aus meiner Fertigung? Dieser Fragestellung wird an der TU Darmstadt schon seit mehreren Jahren in der Prozesslernfabrik „Center für industrielle Produktivität“ (CiP) nachgegangen. Das praxisorientierte, innovative und erlebbare Forschungs- und Weiterbildungskonzept hat sich bewährt und ist in ein breites Netzwerk internationaler Lernfabriken eingebunden. Seit 2007 wurden in CiP 2500 Studenten und 1000 Mitarbeiter aus verschiedenen Industrieunternehmen mit den Methoden des Lean Managements vertraut gemacht. Die Einbindung der Prozesslernfabrik CiP in den Forschungsschwerpunkt Produktionsmanagement stellt eine wichtige Säule des Clusters dar. Die vorhandene Infra-

Abbildung 2

Langfristige Herausforderungen, Ziele und Maßnahmen für die Wissenschaftler im Forschungscluster.

Gesamtkonzept CLiPP

Die Basis des Forschungsclusters Integrierte Produkt- und Produktionstechnologie sind ein Netzwerk von Wissenschaftlern verschiedenster Forschungsdisziplinen und der rege Austausch mit der Industrie. Auf dieser Basis werden in nationalen und internationalen Projekten neue Methoden und Technologien erforscht, die der Industrie zugänglich gemacht werden. Eine wichtige Austauschplattform dafür bildet das „Modellunternehmen“ mitten im Campus, das derzeit aufgebaut wird.



Abbildungen 3 und 4

Einsatz von Robotern in der spanenden Fertigung: Informatiker und Maschinenbauer an der TU Darmstadt arbeiten daran, klassische Werkzeugmaschinen zu ersetzen.

In der Prozesslernfabrik CiP an der TU Darmstadt erlernende Studierende und Mitarbeiter aus der Industrie wichtige Methoden des Lean Managements.

struktur wird genutzt, um verschiedene Szenarien der Produktionsorganisation unter praxisnahen Bedingungen abzubilden und zu bewerten. Auch die Auswirkung der Fertigungsorganisation auf das in einer Fabrik eingesetzte Personal kann in der Prozesslernfabrik erforscht werden. Dies ermöglicht in Zusammenarbeit mit den Disziplinen Arbeitswissenschaft und Personalmanagement die Gestaltung der menschengerechten Produktion von morgen.

Logistik

Wie gewährleiste ich eine nahtlose Versorgung meiner Wertschöpfungsketten mit Gütern und Informationen? Diese Frage beschreibt nur einen Teil der Problemstellungen und der Komplexität welche im Forschungsschwerpunkt Logistik zu bewältigen sind. Der Trend zu Globalisierung, steigender Volatilität und Urbanisierung beeinflusst zunehmend Produktions-, Logistik- und Verkehrssysteme und erfordert intelligente Lösungen, welche in der Lage sind, eine angemessene Dynamik und Reaktionszeit bei sich verändernden Randbedingungen oder auftretenden Störungen sicherzustellen. Auch hier basiert die Strategie des Clusters darauf, komplexe Zusammenhänge anhand von Referenzsystemen greifbar zu machen. Zur Erforschung intralogistischer Prozesse wird bereits die Prozesslernfabrik CiP als Anschauungsobjekt genutzt, in der praxisorientiert das Zusammenspiel zwischen der Produktion und der Logistik abgebildet wird. Die wichtigste Säule bildet allerdings die im Aufbau befindliche Logistiklernfabrik, welche es ermöglicht

auch größere Logistiknetzwerke abzubilden und eine Vertiefung der Zusammenarbeit zwischen der TU Darmstadt und DB Schenker darstellt.

Energie- und Ressourceneffizienz

Wie sieht die ressourcenschonende und energieeffiziente Produktion von morgen aus? Dieser Frage stellt sich CLiPP im Rahmen des Forschungsschwerpunkts Energie- und Ressourceneffizienz. In Zeiten einer zunehmenden Rohstoffknappheit und steigender Energiepreise rückt diese Frage bei der Planung und Erstellung von Produktionssystemen immer stärker in den Fokus. Im Bereich der Energieeffizienz von Werkzeugmaschinen nimmt die TU Darmstadt bereits eine Vorreiterrolle ein. Diese wird durch den Bau einer Energieeffizienzfabrik verstärkt, in der nicht nur einzelne Maschinen sondern komplette Prozessketten abgebildet und hinsichtlich ihrer Energieeffizienz untersucht werden können. Das Konzept der Energieeffizienzfabrik geht allerdings noch einen entscheidenden Schritt weiter, denn auch die Energieeffizienz des Gebäudes und der Aspekt der Energieerzeugung und -speicherung werden in die Forschungsarbeiten eingezogen.



Eberhard Abele ist Professor im Fachbereich Maschinenbau der TU Darmstadt, Leiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen und der CiP-Lernfabrik am Campus Lichtwiese.

Neue Materialien und Werkstoffe

Neue Anwendungsbereiche und höhere Anforderungen an Lebensdauer, (Energie)effizienz, Umweltfreundlichkeit, Wiederverwertbarkeit oder preiswertere Herstellung von Bauteilen oder Werkstoffen erfordern den Einsatz neuer oder verbesserter Materialien in Technik und Alltag. Das Erstellen von Grundkonzepten und Anforderungsprofilen, die Suche nach geeigneten Werkstoffen und Herstellungsbedingungen sowie die Umsetzung als Bauteil erfordern eine enge Kollaboration zwischen Ingenieuren und Naturwissenschaftlern. Die Bündelung der Forschungsaktivitäten in einem Forschungscluster ermöglicht zielgerichtetes, erfolgreiches und anwendungsorientiertes Arbeiten.

► *New Materials*

New areas of application and enhanced requirements concerning lifetime, energy efficiency, eco friendliness, recyclability or lower production costs call for new or improved materials for many applications in technology and every day's life. The development of basic concepts, the definition of specifications, the search for appropriate materials and conditions of preparation as well as the construction of a working device require engineers and natural scientists to collaborate closely. Combining the complete research activity in a research cluster provides a focused, successful and application-orientated way of working.

Wolfram Jaegermann • Die technologische Entwicklung, die sich den Herausforderungen der globalen ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen stellen muss, ist verbunden mit spezifischen Werkstoffen, die in der Regel durch hohen F&E-Aufwand an Anforderungen angepasst werden. In vielen Anwendungsbereichen sind technologische Grenzen erreicht, die auf der Basis der vorhandenen Werkstoffe und der materialwissenschaftlichen Kenntnisse bisher nicht zu lösen sind. Es fehlt an Werkstoffen, die mehrere Funktionen integrieren und so die steigenden Anforderungsprofile in stetig komplexer strukturierten Bauelementen erfüllen.

Im Forschungscluster Neue Materialien an der TU Darmstadt werden einerseits neue revolutionäre Forschungsansätze und -ergebnisse für bisher nicht gelöste technologische Herausforderungen verfolgt (Technologie push). Andererseits müssen für Herausforderungen aus der Anwendung, für die bisher keine ausreichenden oder nicht optimale Lösungen existieren, alternative Materialien und





Abbildungen 1–3
Eine ferroelektrische Probe wird in eine Apparatur eingebaut, um die Polarisations- und Dehnungsänderung im elektrischen Feld zu messen (linke Seite oben).

Regenerativ erzeugte Brennstoffe durch lichtgetriebene Wasserspaltung: Beleuchtete Photokathode (linke Seite unten).

Gasdruckinfiltrationsofen zur Herstellung von Metall-Keramik-Verbundwerkstoffen (rechte Seite).

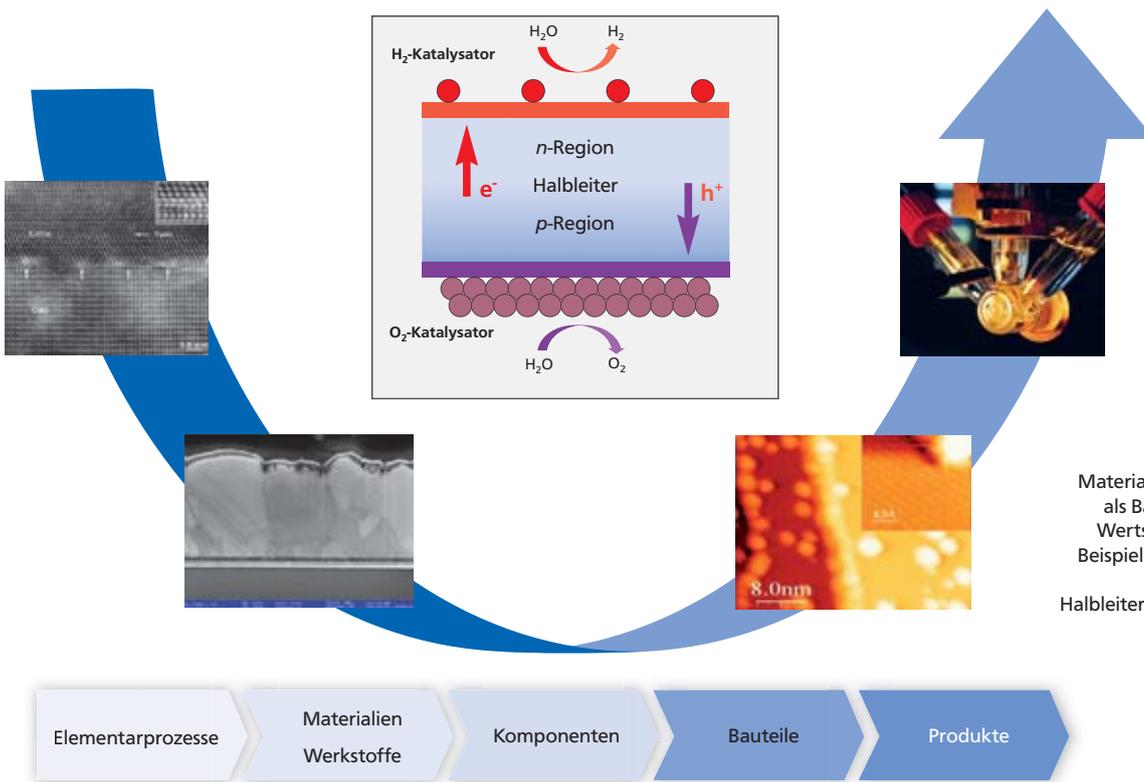


Abbildung 4
Materialien und Werkstoffe
als Basis der industriellen
Wertschöpfungskette am
Beispiel der lichtinduzierten
Wasserspaltung an
Halbleitern zur H₂-Erzeugung.

Werkstoffkombinationen identifiziert und evolutionär fortentwickelt werden (Technologie pull). Es wird angestrebt, die Materialforschung und Werkstofftechnologie dafür Schritt für Schritt auf eine neue Verständnisebene zu heben, in der verstärkt die bisher verfolgte empirische phänomenologische Optimierung durch einen vom Verständnis der involvierten Elementarprozesse dominierten Forschungsansatz ersetzt wird.

Forschungsstrategien

Dazu werden folgende Strategien verfolgt:

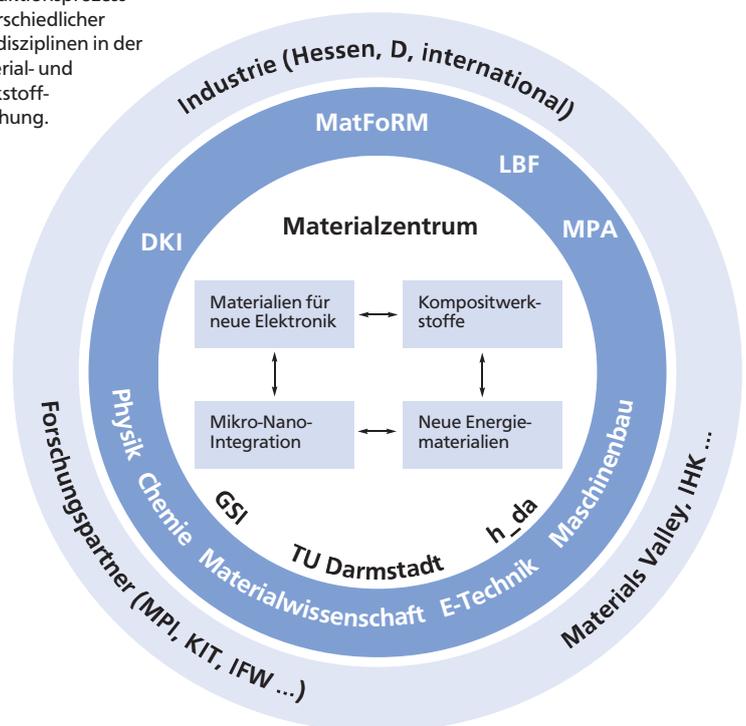
- Erforschung und Entwicklung von Materialien und Werkstoffen mit multiplen Eigenschaftsprofilen beziehungsweise multifunktionalen Eigenschaften durch Kombination unterschiedlicher Werkstoffklassen
- Erforschung und Entwicklung von Materialien und Werkstoffen mit gezielt synthetisierten Mikrostrukturen und Morphologien für anwendungsorientiert einstellbare Eigenschaften

Materialforschung kann nicht entkoppelt werden von der technologischen Zielstellung und den angestrebten Bauelementen oder Werkstoffen. Bei der Bearbeitung komplexer technologischer Aufgabenstellungen müssen daher die naturwissenschaftlichen Grundlagenfächer eng mit den anwendungsorientierten ingenieurwissenschaftlichen Fächern zusammenarbeiten. Zusätzlich soll frühzeitig die Industrie in die Definition und Bearbeitung der Forschungsthemen eingebunden werden.

Moderne Material- und Werkstoffforschung – Basis für Innovation in Schlüsseltechnologien

Als Grundlage für innovative Lösungen werden in nahezu allen Schlüsseltechnologien neue, spezifisch entwickelte und zielgerichtet angepasste Materialien und Werkstoffe benötigt. Darüber hinaus sind die Ressourcen wichtiger Rohstoffe begrenzt. Als Konsequenz müssen selbst etablierte Werkstoffe zukünftig durch neue Werkstoffe substituiert werden. Der Bedarf an neuen Werkstoffen ist nur durch

Abbildung 5
Interaktionsprozess
unterschiedlicher
Fachdisziplinen in der
Material- und
Werkstoff-
forschung.



eine sich stetig methodisch und inhaltlich weiterentwickelnde, interdisziplinäre Materialforschung und Werkstofftechnik zu erfüllen. Materialforschung und Werkstofftechnologie sind damit selbst wesentliche Schlüsseltechnologien und bilden die unverzichtbare Grundlage für nahezu alle Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Verbesserte Materialien bilden die Basis der Wertschöpfungskette für neue Technologien und damit neue Produkte. Diese Wertschöpfungskette beginnt typischerweise in der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung mit neuartigen Phänomenen mit interessanten Anwendungsperspektiven. Ihre technologische Umsetzung erfordert dann geeignete Materialien und Werkstoffe, die in Kombination mit anderen Werkstoffen zu Komponenten und schließlich als funktionale Bauelemente zusammengesetzt werden (Abbildung 4).

Innovative Werkstoffe in vielen Hochtechnologiefeldern sind in der Regel komplex zusammengesetzte Materialien unterschiedlicher Eigenschaften (Metalle, Keramiken, Polymere, Halbleiter etc.) mit aus der Anwendung abzuleitenden Mikrostrukturen. Der Forschungscluster Neue Materialien greift daher die wissenschaftlichen, technischen und theoretischen Grundlagen auf, die für das Design komplex strukturierter Materialien in Bauteilen mit vielschichtigen Anforderungsprofilen notwendig sind. Ein zielgerichtetes wissensbasiertes Design von Werkstoffen ist in vielen Anwendungsbereichen aufgrund der inhärenten Komplexität bisher nicht möglich, da die dafür notwendigen theoretischen und experimentellen Konzepte und Methoden für die Optimierung von Bauteilen nur unvollständig entwickelt sind. Hinzu kommt, dass die wissenschaftlichen Fragestellungen über die klassischen Fachgebietsgrenzen hinaus reichen und sich von den naturwissenschaftlichen Grundlagen bis zu den ingenieurwissenschaftlichen Anwendungen erstrecken (Abbildung 5).

Material- und Werkstoffforschung – Schwerpunkte an der TU Darmstadt

Aus der großen Vielfalt von Werkstoffinnovationen sind für die TU Darmstadt strategische Themen ausgewählt worden, die auf vorhandenen Kompetenzen aufbauen und mit den Interessen der Industrieunternehmen in der Region abgestimmt sind.

Die Schwerpunkte können durch Ressourcenbündelung und interdisziplinäre Zusammenarbeit wesentlich gestärkt werden:

1. Im Projektbereich Materialien für neuartige elektronische Bauelemente gilt es, jenseits der etablierten Silizium-basierten Mikroelektronik, neue Funktionalitäten zu entwickeln und für die Anwendung in bereits existierenden oder neuen elektronischen Bauelementen umzusetzen. Der Schwerpunkt liegt in der Oxid-Elektronik und der Verbindung verschiedener Materialien (organisch/anorganisch) zur Hybrid- oder Kompositelektronik.

ANZEIGE

WIR BIETEN:

- Abwechslungsreiche Aufgaben bei attraktivem Gehalt.
Legen Sie den Grundstein für Ihren Erfolg bereits im Studium.
Als Praktikant oder Werkstudent erfahren Sie Förderung von Anfang an.
- Betreuung von Bachelor- und Masterarbeiten.
- Ausbildung in unseren führenden Technologien.
- Vielfältige Möglichkeiten der Kooperation in unserem University-Relations-Programm.
- Trainee-Programme für Absolventen.

WIR FREUEN UNS AUF SIE!

www.softwareag.com/jobs
www.softwareag.com/university

Software AG | Umlandstraße 12 | 64297 Darmstadt | www.softwareag.com

SOFTWARE AG. Get There Faster.™

2. Im Projektbereich Materialien als Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde soll die Be- und Verarbeitung von Materialien im Mikrometermaßstab bzw. zu Mikrostrukturen untersucht werden, wobei Volumen- und Grenzflächeneigenschaften sowie auch ihre Beeinflussung durch Ionenstrahlmodifikationen von Interesse sind. Ziele sind verbesserte Hochtemperatur- und Verbundwerkstoffe sowie strahlenresistente Materialien.

3. Im Projektbereich Integration von Mikro- und Nanotechnologie sollen Materialherstellungsverfahren und Technologien zur Integration von Nanopartikeln und Nanodrähten/-röhren in Mikrosysteme erforscht werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf einem grundlegenden Verständnis der Verbindung und der Wechselwirkung nanoskopisch und mikroskopisch strukturierter Materialien, um damit neue Sensoren, chemische Reaktoren und elektronische Verpackungen zu erschließen.

4. Im Projektbereich Materialien für neuartige Energietechnologien sollen neue Ansätze für regenerative Energietechnologien in der Kopplung unterschiedlicher Materialien erforscht werden. Schwerpunkt sind Dünnschicht-Materialien, die als preiswerte Solarzellen oder H₂-erzeugende photoelektrochemische Zellen eine effiziente Nutzung von Sonnenlicht ermöglichen. Ein weiteres Thema sind Dünnschicht-Materialien für elektrische Energiespeicher wie verbesserte Li-Ionenbatterien. Zusätzliche Aktivitäten beinhalten keramische Deckschichten als Thermobarrieren zur Erhöhung der Verbrennungstemperaturen von Wärmekraftmaschinen.

Organisationsstruktur des Forschungsclusters

Mit dem Forschungscluster Neue Materialien soll die wissenschaftliche Expertise und experimentelle und theoretische Infrastruktur entwickelt werden, die für eine innovative, problemorientierte und wissenschaftsbasierte Materialforschung notwendig sind. Wissenschaftliche Zielsetzung ist die Entwicklung



Wolfram Jaegermann, Professor für Oberflächenforschung im Fachbereich Material- und Geowissenschaften der TU Darmstadt, Sprecher des Darmstadt Energy Centers und des Forschungsclusters Neue Materialien und Werkstoffe.

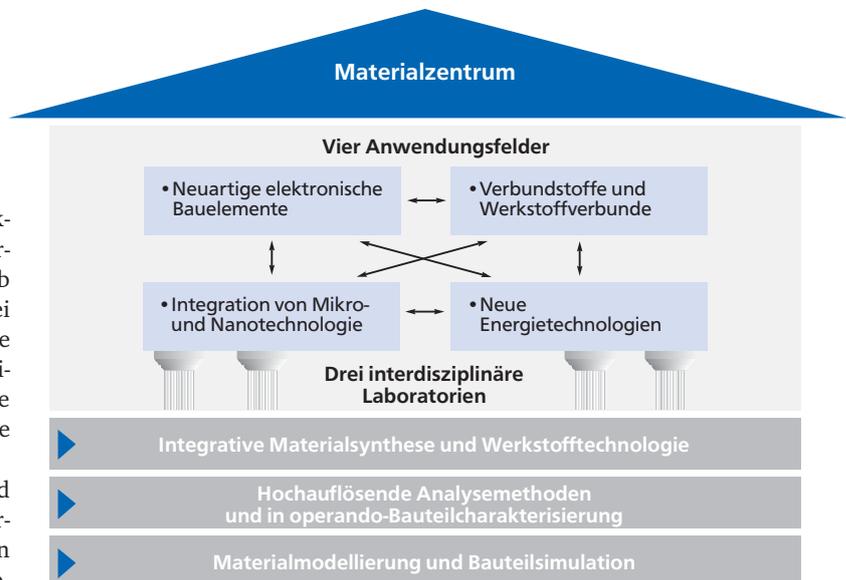


Abbildung 6
Organisationsstruktur des Forschungsclusters Neue Materialien.

und Qualifizierung neuer Materialien und Werkstoffe mit maßgeschneiderten Eigenschaftsprofilen. Bei der Qualifizierung der Werkstoffe wird der gesamte Produktlebenslauf (Materialsynthese, Werkstoffherzeugung und Verarbeitung, Nutzung, Bauteillebensdauer sowie Recycling) beachtet. Dazu sind die am Wissenschafts- und Technologiestandort Darmstadt vorhandenen Ressourcen im Bereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, die sich auf Universität, Forschungsinstitute und Industrie im Rhein-Main-Gebiet (Materials Valley) verteilen, zusammenzuführen und fortzuentwickeln.

Zum Aufbau der dafür notwendigen Infrastruktur werden drei hochinstallierte Technologiebereiche bzw. Zentren etabliert, die durch ihre wissenschaftliche Integration mit der hervorragenden Infrastruktur eine einzigartige Vielfalt und Breite von Forschungsansätzen ermöglichen. Damit wird eine inhaltlich integrierte Forschungseinheit geschaffen, in der essenzielle Problemkreise in der Werkstoffentwicklung in Zusammenarbeit von Forschern aus unterschiedlichen Disziplinen und aus unterschiedlichen Institutionen (akademische, Großforschungs- und industrielle Forschung) bearbeitet werden können.

Aktuelle Forschungsinitiativen

Es sind bereits unterschiedliche Initiativen zum Thema Materialforschung und Werkstofftechnik an der TU Darmstadt, sowohl auf der Verbundforschungsebene als auch auf der Basis einer Vielzahl von individuell verfolgten Forschungsthemen, etabliert. Daneben sind materialwissenschaftliche

Themen Teil anderer Forschungscluster an der TU Darmstadt, wie zum Beispiel im Center of Smart Interfaces, LOEWE-Schwerpunkt AdRIA, Sonderforschungsbereich 595 „Elektrische Ermüdung von Funktionswerkstoffen“, sowie im MerckLab oder im InnovationLab Organische Elektronik. Im Rahmen der Exzellenzinitiative des Landes Hessen (LOEWE) sind weitere Projekte etabliert worden (siehe etwa www.soft-control.tu-darmstadt.de/loewe/soft_control_menu/index.en.jsp).

Substitutionsmaterialien und Materialkreisläufe

Ein von Professor Lambert Alff (Material- und Geowissenschaften) und Professor Matthias Oechsner (Maschinenbau) koordinierter Forschungsantrag ist auf die Sicherstellung der Ressourcenbasis ausgerichtet, um langfristig „erneuerbare“ Materialien zu schaffen. Dazu sollen Substitutionswerkstoffe aus möglichst „grenzenlos“ zur Verfügung stehenden Rohstoffen geschaffen werden. Die TU Darmstadt hat sich im LOEWE-Zentrumsantrag SubMateK um entsprechende ergänzende Fördermittel des Landes Hessens beworben, um dieses Thema

im Spektrum von der grundlagenorientierten materialwissenschaftlichen Forschung bis zur anwendungsnahen Forschung in einer Fraunhofer-Projektgruppe in Hanau und der produktspezifischen Industrieforschung zu bearbeiten.

Geplant ist die Erforschung von Materialsubstitution auf atomarer und struktureller Basis. Dazu sollen substituierbare Elemente und Verbindungen identifiziert werden, um die Verwendung von kritischen Ressourcen zu minimieren. Die Materialsubstitution kann stofforientiert, d. h. durch chemische Modifizierung bekannter Materialien unter Verwendung besser verfügbarer Elemente erfolgen, oder eigenschaftsorientiert, durch Suche nach anderen und neuen Materialien mit dem gewünschten Eigenschaftsprofil.

Letzteres wird möglich insbesondere durch Hybridwerkstoffe, die aus mehreren Komponenten bestehen. Ein zweiter Aspekt betrifft die Technologiesubstitution, wobei Werkstoff- bzw. Werkstofftechnikinnovationen angedacht sind. Dabei geht es um die Verwendung und das Design vollständig neuer Werkstoffe, die eine funktionale oder konstruktive Rolle in einem Bauteil spielen.

Das geplante LOEWE-Zentrum SubMateK würde sich dieser wesentlichen Aufgabenstellung widmen. Es wird angestrebt, in Einheit mit der Fraunhofer-Projektgruppe und vor dem Hintergrund der stark Material-basierten hessischen Wirtschaft ein europäisches Spitzenzentrum zu Substitutionsmaterialien aufzubauen.

Institut für Materialwissenschaft Fachgebiet Oberflächenforschung

Prof. Dr. Wolfram Jaegermann

Tel. 06151/16-6304

E-Mail: jaegerw@surface.tu-darmstadt.de

Petersenstr. 32

64287 Darmstadt

www.mawi.tu-darmstadt.de/of/of/startseite_4/index.de.jsp

— ANZEIGE

WEITBLICK GEWINNEN ...

Wie sieht Ihr optimaler Seminarraum aus?

Bodentiefe Fenster, breite rollbare Tische, ergonomische Stühle, eingebaute Beamer, Rückzugsmöglichkeiten für Gruppenarbeiten ... und eine Parkanlage mit Terrassen und Pavillons: All das bietet Ihnen Lufthansa Seeheim – zentral und doch mitten im Grünen.

Prämienmeilengutschein mit Miles & More Vielfliegerprogramm möglich.

Partner von
Miles & More
Lufthansa

Tel. +49 (0)69 696 13 9100
www.lufthansa-seeheim.de

jetzt bauen!



 **Lufthansa Training & Conference Center**
Seeheim

Computational Engineering

Computational Engineering (CE) ist eine junge, stark interdisziplinär ausgerichtete Wissenschaft zur computergestützten Modellierung, Simulation, Analyse und Optimierung von Ingenieur Anwendungen und natürlichen Systemen. CE wird inzwischen, neben Theorie und Experiment, als gleichberechtigte und unverzichtbare Disziplin in der Ingenieurspraxis angesehen. CE kann wesentlich dazu beitragen, optimale Strategien für zentrale Fragen der technischen Entwicklung in Wirtschaft und Gesellschaft zu finden, wie etwa auf den Gebieten Energie, Kommunikation, Gesundheit, Sicherheit und Mobilität.

► Computational Engineering

Computational Engineering is a young multidisciplinary science for computer based modeling, simulation, analysis, and optimization in engineering applications and natural phenomena. By now, CE is acknowledged alongside theory and experiment as a complementary and indispensable discipline in engineering practice. CE may contribute significantly to the finding of optimal strategies addressing key issues in future technical development for the economy and society in areas such as energy, communication, health, safety, and mobility.

Michael Schäfer, Markus Lazanowski • Die Methoden des Computational Engineering ermöglichen die Untersuchung komplexer Prozesse und Phänomene, die direkten Experimenten nicht zugänglich sind, weil diese zu teuer, zu gefährlich, zu aufwändig oder prinzipiell unmöglich sind. Virtuelle Modelle können dabei in allen Phasen eines Produktlebenszyklus nutzbringend eingesetzt werden.

CE ist eine der Kernkompetenzen der TU Darmstadt. Im Forschungsschwerpunkt werden alle über die verschiedenen Fachbereiche der TU Darmstadt verteilten Kompetenzen auf dem Gebiet CE konzentriert, um gemeinsame Aktivitäten zu koordinieren und Verbundforschungsprojekte zu initiieren. Hierbei konnten in den letzten Jahren große Erfolge erzielt werden. In einer Vielzahl von Projekten sind Methoden des CE zentraler Bestandteil.

Auf dem immer noch schnell wachsenden Gebiet des CE besteht ein großer Bedarf an Fachleuten, die neben Kenntnissen in einer Ingenieurwissenschaft auch vertiefte Kenntnisse in angewandter Mathematik und Informatik besitzen. Dies gilt sowohl für in der Industrie tätige Ingenieure als auch



für Wissenschaftler an Hochschulen und Forschungsinstituten. Zu den Aufgaben und Zielen des Forschungsschwerpunkts gehört daher auch die Ausbildung einer neuen Generation junger Wissenschaftler und Ingenieure zu potentiellen Führungskräften und Nachwuchswissenschaftlern im Bereich des CE.

Wissenschaftlicher Nachwuchs

Die TU Darmstadt hat die Bedeutung von CE für die Zukunft der Ingenieurwissenschaften frühzeitig erkannt. Als Basis wurde 2001 der interdisziplinäre Bachelor-Studiengang CE eingerichtet, der später durch ein darauf aufbauendes Masterprogramm CE ergänzt wurde. Mit der Einrichtung

**Abbildung 1**

Prüfstand mit einem optisch zugänglichen Forschungsmotor. Simulationen am Computer geben detaillierte Einblicke in Verbrennungsprozesse.

der beiden Studiengänge gehörte die TU Darmstadt zu den ersten Universitäten in Deutschland und in Europa, die dieses anerkanntermaßen wichtige Gebiet fachübergreifend in Form eines eigenständigen interdisziplinären Studienangebots aufgegriffen haben.

Ein großer Erfolg konnte 2007 mit der im Rahmen der Exzellenzinitiative eingerichteten Graduiertenschule CE gefeiert werden. Diese stellt nunmehr die zentrale Einheit für die Ausbildung von CE-Fachleuten an der TU Darmstadt dar. Mit diesen Angeboten bietet die TU Darmstadt ein durchgängiges CE-Programm vom Bachelor bis zur Promotion, womit ein sehr hoher Qualitätsstandard der Absolventen erreicht werden kann.

Kernbereiche der Forschung

- Die „Modellierung und Simulation von gekoppelten multi-physikalischen Problemen“ erforscht das komplexe Zusammenspiel verschiedener gekoppelter physikalischer Phänomene.
- „Simulationsbasierte Optimierung“ vereinigt komplexe Simulationen mit modernen Optimierungsstrategien bei der Erforschung technischer Systeme.
- Die „Modellierung und Simulation von hierarchischen Mehrskalproblemen“ befasst sich mit der gekoppelten Simulation von Phänomenen völlig unterschiedlicher Größenordnungen.



Abbildung 2
Die TU Darmstadt bietet ein durchgängiges CE-Ausbildungsprogramm vom Bachelor bis zur Promotion.

Schlüsselqualifikationen

Ein besonderes Ziel der Graduiertenschule ist die gezielte Vermittlung von Kompetenz in wissenschaftlichem Arbeiten. Verschiedene Maßnahmen sorgen dafür, dass die Kollegiaten, über die Grenzen der einzelnen Disziplinen hinaus, Fachwissen präsentieren und diskutieren können. Damit werden auch entscheidende Fähigkeiten wie Kommunikation und wissenschaftliches Schreiben, oder auch wissenschaftliche Zusammenarbeit und Entscheidungsfindung erlernt. Ferner erhalten die Kollegiaten die Möglichkeit, durch Aufenthalte an anderen Forschungseinrichtungen oder bei Kooperationspartnern aus der Industrie ihre persönliche wie auch wissenschaftliche Entwicklung voran zu treiben.

Forschungsaktivitäten

In den Forschungsschwerpunkten der Graduiertenschule spiegelt sich die Expertise der beteiligten Wissenschaftler aus verschiedenen Disziplinen wider. So arbeiten Experten der Bereiche Elektrotechnik, Informatik, Maschinenbau, Materialwissenschaften und Mathematik zusammen, um eine gemeinsame Grundlage für die weitergehende Forschung im Bereich der Modellierung und Simulation von Ingenieur Anwendungen zu schaffen. Die Forschung konzentriert sich dabei auf drei weiter abgegrenzte Kerngebiete (siehe Infobox), innerhalb derer ganze Themenkomplexe zur vertieften Untersuchung identifiziert wurden.

Die drei Kernbereiche werden durch die vier Querschnittsbereiche Visualisierung und simulierte Realität, Hochleistungsrechnen, Verifikation und Validierung sowie Softwareentwicklungskonzepte ergänzt, die übergreifend in allen Anwendungsgebieten von großer Bedeutung sind. Das intensive Zusammenspiel unterschiedlicher Fachrichtungen in der Forschung eröffnet die Möglichkeit, an vielen Stellen auch „über den Tellerrand hinaus“ zu blicken.

Beispiele aus der Forschung

1. Windkraftanlagen

Die Windkraft nimmt in der aktuellen Diskussion der Strategie zur zukünftigen Energieversorgung auf nationaler wie auch internationaler Ebene eine bedeutende Stellung ein. Neben die Befriedigung der hohen Nachfrage nach Anlagen durch be-

stehende Technik tritt unter langfristiger ökonomischer Perspektive zudem die Verbesserung der Technologie in Bezug auf Effizienz, Haltbarkeit und Leistung. CE als interdisziplinärer Forschungsansatz kann hier, insbesondere in frühen Entwicklungsstadien, die Lösungsfindung unterstützen und stimulieren. In der Graduiertenschule CE laufen gegenwärtig mehrere Projekte zur strömungs- und strukturmechanischen Untersuchung spezifischer Elemente von Windkraftanlagen. Hier ist beispielsweise die optimierte Gestaltung sich selbst anpassender Rotorblätter zu nennen. Durch die Verringerung der über die gesamte Länge eines Rotors auftretenden Auftriebsschwankungen kann die Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Komponente wie auch der ganzen Anlage erhöht werden. Zum anderen erlaubt die Optimierung der aerodynamisch wirksamen Rotorquerschnitte die Ableitung maßgeschneiderter Lösungen etwa im Hinblick auf hohe Kraftübertragung und niedrige Reibungsverluste.

2. Mobilkommunikation

Die wachsende Durchdringung des Alltags mit mobilen Kommunikationssystemen eröffnet neuartige Anwendungsszenarien, wie zum Beispiel intelligente Transport- und Verkehrssysteme oder eine häusliche Gesundheitsüberwachung. Hierfür ist eine leistungsfähige Infrastruktur notwendig, in der sämtliche Geräte in einer kooperativen Weise drahtlos miteinander kommunizieren können. Wesentliches Ziel ist dabei die Bereitstellung eines hohen Maßes an Flexibilität unter gleichzeitiger Erfüllung effizienzbezogener Anforderungen. An der Graduiertenschule CE wird in diesem Kontext beispielsweise der innovative Ansatz des „cognitive radio“ untersucht und weiterentwickelt, der auf eine bessere Ausnutzung der für die Mobilkommunikation nur begrenzt zur Verfügung stehenden



Abbildung 3
Blitze im Computer: Mit Computersimulationen von elektromagnetischen Feldern kann man in einen Menschen in einen Menschen „hineinschauen“, der am Steuer eines Fahrzeugs sitzt, in das ein Blitz einschlägt.

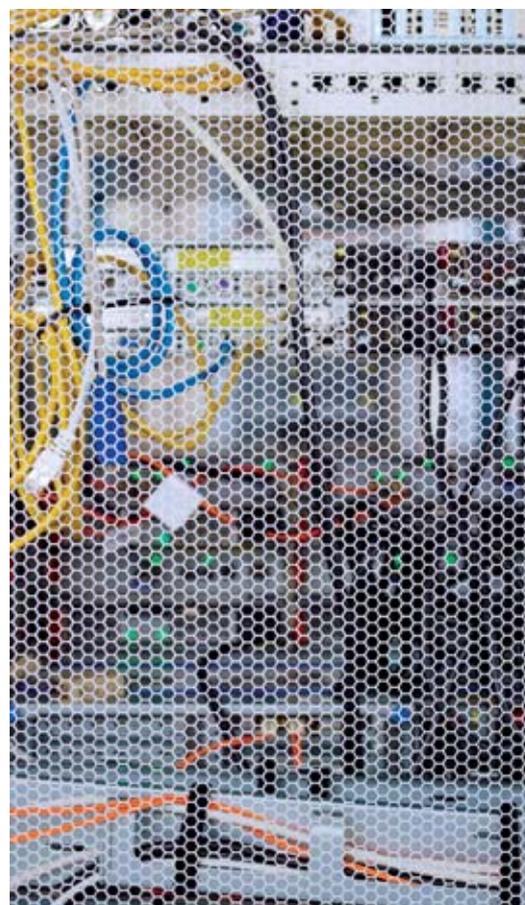


Abbildung 4
Hochleistungsrechner erlaubt die Simulation von Vorgängen aus Natur und Technik von hoher Komplexität und ist daher für eine Technische Universität eine Schlüsseltechnologie.

Fachgebiet Numerische Berechnungsverfahren im Maschinenbau

Prof. Dr. rer. nat. Michael Schäfer
Tel. 06151/16-2877
E-Mail: schaefer@fmb.tu-darmstadt.de
www.fmb.tu-darmstadt.de

Graduiertenschule Computational Engineering

Dr. rer. pol. Markus Lazanowski
Tel. 06151/16-4461
E-Mail: lazano@gsc.tu-darmstadt.de
www.graduate-school-ce.de

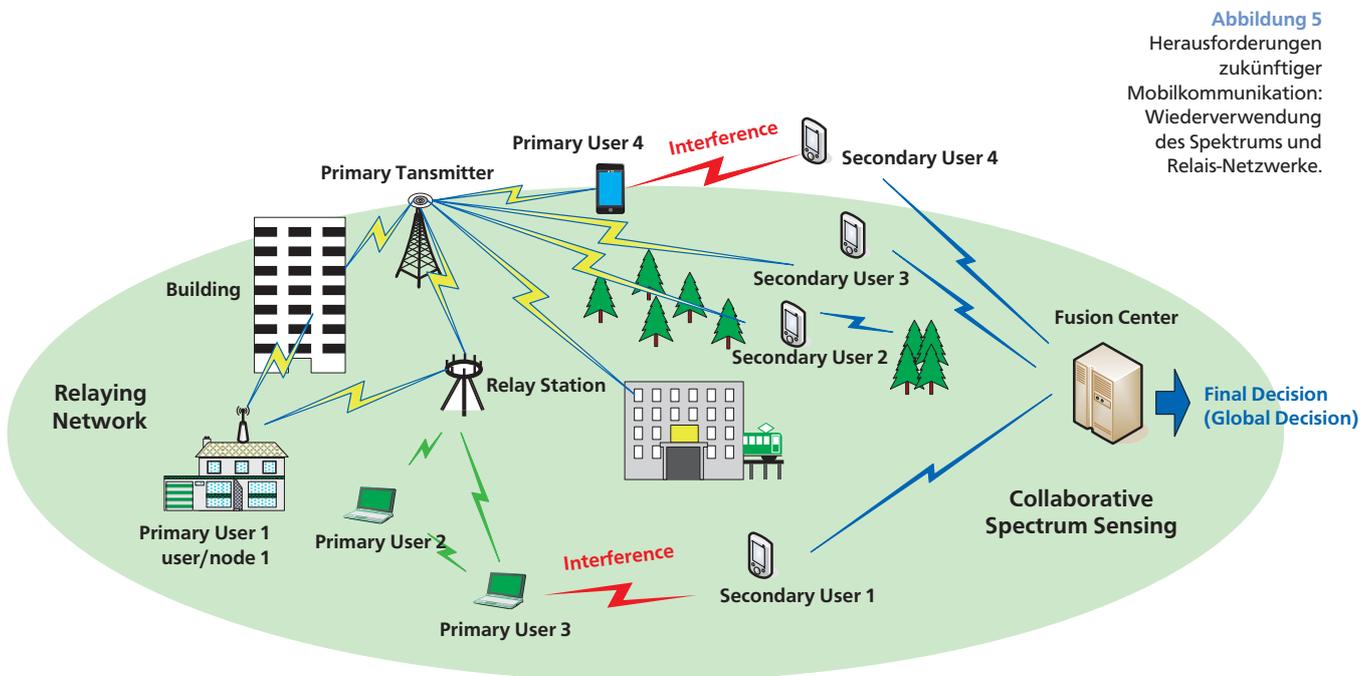


Abbildung 5
Herausforderungen
zukünftiger
Mobilkommunikation:
Wiederverwendung
des Spektrums und
Relais-Netzwerke.

Frequenzbänder zielt. Neben grundsätzlichen technischen Lösungsansätzen, gilt es stets, eine optimale Kombination von höchstmöglicher Kommunikationsqualität bei kleinstmöglichem Ressourceneinsatz zu finden.

3. Lärmreduzierung

Lärm stellt eine Umweltbelastung dar, der wir täglich ausgesetzt sind und die einen starken Einfluss auf unsere Gesundheit ausüben kann. Als Beispiel sei nur der vieldiskutierte Fluglärm genannt. Lärm wird durch Strömungen oder durch deren Wechselwirkungen mit beweglichen Strukturen erzeugt. Um den Lärm zu reduzieren beziehungsweise

schon in der Designphase von Produkten auf möglichst geringe Lärmbelastung zu achten, ist ein detailliertes Verständnis der Lärmentstehung erforderlich. Hierzu können Methoden des CE wesentliche Beiträge leisten. An der Graduiertenschule CE werden diese Methoden in verschiedenen Projekten weiterentwickelt, um die Zuverlässigkeit und Effizienz entsprechender Vorhersagen entscheidend zu verbessern.

Hochleistungsrechner

Die Forderung nach immer höherer Detailauflösung und Realitätsnähe der Simulationen bringt neben der Notwendigkeit neuer Ansätze in der mathematischen Modellierung, numerischen Simulation, Visualisierung und Validierung großer gekoppelter Probleme auch einen enormen Bedarf an Rechnerkapazitäten mit sich. Die Verfügbarkeit einer leistungsfähigen Hochleistungsrechner-Infrastruktur ist daher eine wesentliche Voraussetzung für konkurrenzfähige Forschung im Bereich CE. Mit dem ab Herbst 2012 beginnenden deutlichen Ausbau der Hochleistungsrechnerkapazitäten wird der Forschungsschwerpunkt an der TU Darmstadt weiter gestärkt. Damit kann hinsichtlich der Komplexität der Anwendungen und der Qualität der Vorhersagegüte in neue Dimensionen vorgestoßen werden.



Michael Schäfer, seit 1996 Leiter des Fachgebiets Numerische Berechnungsverfahren im Maschinenbau an der TU Darmstadt, ist Dekan der Graduiertenschule „Computational Engineering“.



Markus Lazanowski ist seit 2008 Geschäftsführer an der Graduiertenschule „Computational Engineering“.

**Wer zu uns kommt, schätzt
den kleinen Unterschied.**

Den zwischen Reden und Machen.



Ingenieure mit Erfindungsgeist und Gestaltungswillen gesucht. Wir sind einer der Innovationsführer weltweit im Bereich Antriebstechnologie. Wir sind facettenreich genug, um Ihren Ehrgeiz mit immer wieder spannenden Projekten herauszufordern. Und klein genug, um Ihre Ideen ohne große Umwege in die Tat umsetzen zu können. SEW-EURODRIVE hat für Ingenieure aus den Bereichen Entwicklung, Vertrieb, Engineering, Softwareentwicklung und Service zahlreiche interessante Perspektiven zu bieten. Also: Haben Sie Lust, in einem engagierten Team etwas Gutes noch besser zu machen? Dann herzlich willkommen bei SEW-EURODRIVE!

Jetzt informieren über Praktikum, Abschlussarbeit und Berufseinstieg: www.karriere.sew-eurodrive.de



Die Eigenlogik der Städte

Das 21. Jahrhundert ist das Jahrhundert der Städte. Zum ersten Mal in der Geschichte lebt die Mehrheit der Menschen in Städten, die insbesondere in Afrika, Asien und Südamerika rasant weiter wachsen. Zugleich gewinnt die historisch gewachsene Individualität von Städten weltweit an Bedeutung. Dass jede Stadt anders ist, prägt die Erfahrungen im Alltag von Städten ebenso wie die konkurrierenden Beziehungen der Städte untereinander. Stadtforschung ist ein Forschungsschwerpunkt an der TU Darmstadt. Der LOEWE-Schwerpunkt „Eigenlogik der Städte“ erforscht systematisch die Spezifik und Reproduktionslogik von Städten und entwickelt maßgeschneiderte Konzepte, die politische Akteure in einer Stadt dazu befähigen, neue Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln.

► *The Intrinsic Logic of Cities*

The 21st century is the century of cities. For the first time in history, the majority of the people lives in cities which themselves keep growing at a rapid pace – especially in Africa, Asia, and South-America. At the same time, the cities' historically grown individuality gains in importance all over the globe. The fact that each city is unique has a determining influence on the experience of everyday routines in cities just as on the competing relationships between these. The LOEWE-research area „Eigenlogik of cities“ (Intrinsic logic of cities) systematically investigates specific characters and reproduction logics of individual cities and provides tailor-made concepts to enable municipal political actors to develop new possibilities to act.

Martina Löw, Peter Noller • Das 21. Jahrhundert ist das Jahrhundert der Städte. Seit Anfang des 21. Jahrhunderts leben mehr als die Hälfte der Menschen in Städten. Nicht nur in China, das Ende 2011 bekannt gab, nun mehr keine agrarische, sondern eine städtische Gesellschaft zu sein, auch in Afrika und Südamerika wachsen die Städte rasant. Trendanalysen sagen voraus, dass Megacities wie Dhaka in Bangladesh, Lagos in Nigeria oder Karachi in Pakistan in den nächsten 20 Jahren ihre Einwohnerzahl noch einmal verdoppeln werden. Bis zum Ende des 21. Jahrhundert werden vermutlich zwei bis drei Milliarden Menschen vom Land in die Stadt wandern, sodass rund drei Viertel der Weltbevölkerung in Städten leben und wir eine ganz und gar urbane Spezies sein werden. Städte entwickeln sich damit zugleich zu den zentralen Motoren der sozialen, wirtschaftlichen, kulturellen und wissenschaftlichen Entwicklung. Schon heute wird ein Fünftel der globalen Wirtschaftskraft in wenigen Städten



Abbildung 1
Der Schwerpunkt
„Eigenlogik der Städte“
erforscht interdisziplinär
Städte in ihrer Vielfalt.





der Industrieländer erarbeitet. In Lagos zum Beispiel erwirtschaften 8 Prozent der Bevölkerung 30 Prozent des Bruttosozialprodukts Nigerias, und in Tokio erwirtschaften 28 Prozent der Bevölkerung 40 Prozent des Bruttosozialprodukts Japans. Folgt man dem „Cities Programme“, das die Alfred Herrhausen Gesellschaft mit der London School of Economics (LSE) in London entwickelt hat, dann wird das 21. Jahrhundert das „Zeitalter der Städte“ sein. Weltweit hängt die Zukunft von der Entwicklung der Städte ab. Nicht ob, sondern wie und in welchen Städten wir in Zukunft leben wollen, ist dabei die zentrale Frage.

Neue Herausforderungen: Die Eigenlogiken der Städte

Auch die europäischen Städte, die nicht der Wachstumsdynamik afrikanischer oder asiatischer Städte unterworfen sind, sondern teilweise sogar schrumpfen, sind von der globalen Neuordnung der wirtschaftlichen, kulturellen und sozialen Räume betroffen. Auch sie konkurrieren, abhängig von ihrer Stellung in der Hierarchie regionaler, nationaler oder globaler Städtetnetze, mit anderen Städten um Arbeitskräfte, neue innovative Unternehmen und kulturelle Aufmerksamkeit. Wo durch Globalisierung die ganze Welt an jedem Ort anwesend sein

kann, müssen sich Städte durch Differenzsetzung und die Inszenierung des Eigenen von anderen Orten unterscheiden. Dass jede Stadt anders ist, prägt denn auch wie selbstverständlich unsere Erfahrungen als Alltagsmenschen. Berlin ist arm, aber sexy, München schicki-micki und Hamburg bürgerlich unterkühlt. Und Frankfurt kann man als Bankenstadt zwar mit London oder New York vergleichen, niemals aber mit Nürnberg oder Mumbai. Städterankings spiegeln diese vergleichende Wahrnehmung städtischer Besonderheiten und fungieren gleichzeitig als Indikatoren für die Bewertung des Erfolgs, des Lebensgefühls oder der Lebensqua-

Forschungsstrukturen auf einen Blick

Der Forschungsschwerpunkt Stadtforschung an der Technischen Universität Darmstadt arbeitet interdisziplinär und international vergleichend. Innovative Theoriebildung zur Eigenlogik von Städten wird kombiniert mit empirischer Forschung und praxisnaher Beratung. Im Zentrum der Forschung stehen Fragen nach der Reproduktion räumlich-sozialer Strukturen, nach Wissensorganisation in Städten und nach Nachhaltigkeit. Der Schwerpunkt umfasst 29 Professuren samt Mitarbeiter/-innen und Doktoranden aus 16 Fachgebieten. Zentrale Großprojekte sind ein LOEWE-Schwerpunkt, eine DFG-Forscherguppe, zwei DFG-Paketverbünde sowie die Graduiertenschule URBANgrad.

**Abbildung 2**

Jede Stadt bildet charakteristische Gewebe als bebaute Umwelt, räumliche Organisation, lokale Sinnlichkeit.

Literatur

www.stadtforschung.tu-darmstadt.de/eigenlogik_der_staedte/publikationen_5/publikationen_2.de.jsp

Helmuth Berking, Martina Löw (Hg.) (2008): Die Eigenlogik der Städte. Neue Wege für die Stadtforschung. Campus-Verlag, Frankfurt am Main/New York

Martina Löw, Georgios Terizakis (Hg.) (2011): Städte und ihre Eigenlogik. Ein Handbuch für Stadtplanung und Stadtentwicklung. Campus-Verlag, Frankfurt am Main/New York

Andreas Hoppe (Hg.) (2011): Raum und Zeit der Städte. Städtische Eigenlogik und jüdische Kultur seit der Antike. Campus-Verlag, Frankfurt am Main/New York

Karsten Zimmermann, Hubert Heinelt (Hg.) (2012): Metropolitan Governance in Deutschland. Regieren in Ballungsräumen und neue Formen politischer Steuerung. Wiesbaden: Springer VS

— ANZEIGE

lität von Städten. Städte müssen unter den Bedingungen einer globalen Konkurrenz das je Eigene nicht nur nach außen, sondern auch nach innen für die eigene Bevölkerung zunehmend inszenieren, um erfolgreich zu sein. Die historisch gewachsene Individualität von Städten hat weltweit an Bedeutung gewonnen.

Das Spezifische von Städten erforschen – „Eigenlogik der Städte“

Der „Forschungsschwerpunkt Stadtforschung“ erforscht in breiter Interdisziplinarität systematisch die Spezifik und Reproduktionslogik von Städten und entwickelt maßgeschneiderte Konzepte, die politische Akteure in einer Stadt befähigen, neue Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln. Gleichzeitig entwickelt der Forschungsschwerpunkt Verfahren, um Strukturen von Städten vergleichen zu können und – jenseits nationalstaatlicher Grenzen – Städte zu Familien zusammenfassen zu können. Für solche Städtefamilien lassen sich dann begrenzte Prognosen verfassen.

Ausgangspunkt ist die durch empirische Studien des Schwerpunktes begründete Annahme, dass Städte eigenlogische Formen der Vergesellschaftung hervorbringen. Jede Stadt bildet ein charakteristisches Gewebe von Wissensbeständen in Form von Bil-

Wissen freisetzen. Mit Energie.

> www.enbw.com/karriere

Talent verdient das passende Umfeld:
Ob **Praktikum**, **Werkstudententätigkeit**
oder **Abschlussarbeit** – bei der EnBW
können Sie bereits im Studium an
Herausforderungen wachsen.
Bringen auch Sie Ihr Wissen ein,
und arbeiten Sie gemeinsam mit uns
an der Energie der Zukunft!

Überzeugen Sie sich von der Vielfalt
der EnBW unter
www.enbw.com/karriere



EnBW

Energie
braucht Impulse

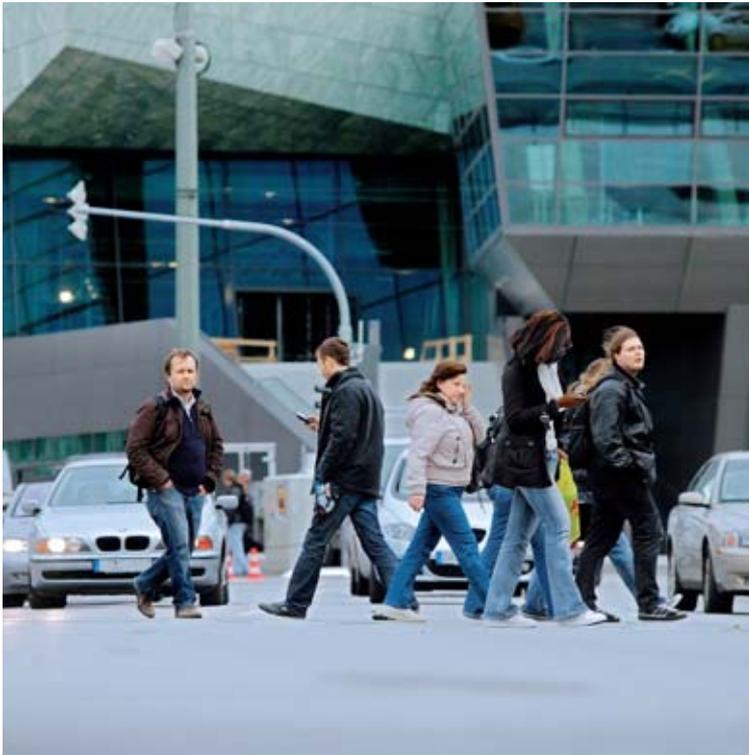


Abbildung 3
Lebensgefühl und
Lebensqualität
sind auch Fragen
städtischer
Inszenierung
(Bild links).

dern, Erzählungen, Praktiken und Strategien aus, die die Stadt als bebaute Umwelt, als räumliche Organisation wie auch als lokale Sinneinheit strukturieren. Eigenlogik bezieht sich auf das Ganze der Stadt. Das Konzept erfasst jene Potentiale des Lokalen, die das Eigene der jeweiligen Stadt herstellen und verstetigen. Diese Potentiale stellen zugleich sicher, dass dieses Eigene auch immer wieder als Eigenes, als das, was typisch für diese Stadt ist, erfahren wird. Konkret wird dieser Zusammenhang in drei Forschungsverbänden, basierend auf einem LOEWE-Schwerpunkt „Eigenlogik der Städte“, untersucht. Darüber hinaus werden in der Graduiertenschule URBANgrad Forschungsarbeiten überwiegend zur vergleichenden Stadtforschung sowie zur Eigenlogik der Städte angefertigt. Der von den Sozial- und Geisteswissenschaften geprägte und auf die empirisch begründete Theorie-

bildung ausgerichtete DFG-Projektverbund „Eigenlogik der Städte“ (Sprecherin: Prof. Dr. Martina Löw) geht im Vergleich von je zwei deutschen und britischen Städten (Dortmund, Frankfurt am Main, Birmingham, Glasgow) der Frage nach, wie für die jeweilige Stadt typische, wiederkehrende Muster identifiziert und eigenlogische Strukturen rekonstruiert werden können. Hier wird das methodische und theoretische Fundament der Eigenlogikforschung weiter entwickelt.

Der DFG-Forschergruppe „Generierung handlungsrelevanten Wissens“ (Sprecher: Prof. Hubert Heinel) geht der Frage nach, warum sich Städte trotz ähnlicher institutioneller Rahmenbedingungen ungleich oder ungleichzeitig entwickeln und mit unterschiedlichen Lösungsstrategien auf neue Probleme und Herausforderungen reagieren. Vermutet wird, dass die jeweils spezifische Kombination von Wissen in verschiedenen Städten zu stadtspezifischen Handlungsmustern führt. Die empirischen Untersuchungen konzentrieren sich auf die Städte Frankfurt, München und Stuttgart. Im Mittelpunkt steht die Frage, welche Strategien im Umgang mit dem Klimawandel, in der Verkehrsplanung und -entwicklung, der Entwicklung von Bauland für Neubauprojekte (Flächenmanagement) sowie der energetischen Sanierung des privaten Gebäudebestands verfolgt und welche Maßnahmen umgesetzt werden.

Der DFG-Forschungsverbund „Wege zur nachhaltigen Entwicklung von Städten“ (Sprecher: Prof. Dr. Dieter Schott/Prof. Dr. Andreas Hoppe), der in



Martina Löw, Professorin an der TU Darmstadt mit Schwerpunkt Raumsoziologie, Sprecherin des LOEWE-Schwerpunktes Eigenlogik der Städte und des Profilschwerpunktes Stadtforschung, Mitglied des Wissenschaftlichen Rates des Präsidiums der TU.



Peter Noller, Geschäftsführer des LOEWE-Schwerpunktes „Eigenlogik der Städte“, des Profilschwerpunktes Stadtforschung der TU Darmstadt und der Graduiertenschule für Stadtforschung URBANgrad.

Abbildung 4

Städte gehen unterschiedlich mit Flächenverbrauch und anderen Fragen umweltverträglichen Handelns um (Bild rechts).

Kürze seine Arbeit aufnehmen wird, untersucht aus historischer, natur-, ingenieur- und sprachwissenschaftlicher Perspektive die Bedeutung lokalspezifischer Problemwahrnehmungs- und -bearbeitungsmuster für die eigenlogische Gestaltung einer umweltverträglichen und ressourcenschonenden Stadtentwicklung. Das Untersuchungsfeld bildet der Umgang mit Wasser, Energie und Fläche in Wiesbaden und Mainz.

Städteberatung – Die Seele von Städten offenlegen

Aus der Perspektive der Eigenlogik bietet das Verständnis des Spezifischen einer Stadt einen Schlüssel für die Beratung von Städten. Dabei sollen eingefahrene städtische Routinen erkannt und Handlungsmöglichkeiten entwickelt werden. Angeboten werden keine globalen one size fits all-Konzepte, sondern maßgeschneiderte Lösungen für die spezifische Situation vor Ort. Wenn zum Beispiel in einer Stadt die Einstellung dominiert, dass ökonomischer Erfolg nur über die Integration auswärtiger Arbeitskräfte möglich ist, so führt dies zu anderen Strategien als in einer Stadt, in der die Devise lautet, lokale Potentiale seien zu stärken.

Die zugrunde liegende Frage, wie eine Stadt tickt und auf welche spezifische Weise sie wie selbstverständlich mit Problemen umgeht, lässt sich als Blick in die Seele einer Stadt umschreiben. In dem Maße, wie Städte dabei den lokalen „commonsense“ über das Eigene erkennen, werden sie langfristig nach innen und außen erfolgreich handeln können. Denn die Frage nach der Eigenlogik und ihre Erörterung im Bürger- und Fachdiskurs ermöglichen es, nach eigenen Wegen zu suchen, die die Dynamik des Stadtbezugs und das Zugehörigkeitsgefühl stärken.

Institut für Soziologie

Prof. Dr. Martina Löw
Tel. 06151/16-4475
E-Mail: loew@stadtforschung.tu-darmstadt.de
<http://raumsoz.ifs.tu-darmstadt.de/personen/loe-m.htm>

LOEWE-Schwerpunkt „Eigenlogik der Städte“

Dr. habil. Peter Noller
Tel. 06151/16-3839
E-Mail: noller@stadtforschung.tu-darmstadt.de
www.stadtforschung.tu-darmstadt.de/eigenlogik_der_staedte



Es gibt Geräusche,
die am **Image** kratzen.



Selbst winzige Ursachen entfalten oft große Wirkung. Eine kleine Unwucht entpuppt sich auf diese Weise schnell als Geräuschbelästigung im Alltagsbetrieb und zum Makel eines ansonsten tadellosen Produkts. Ob groß oder klein – bei einer Vielzahl von Komponenten lassen sich durch Auswuchten störende Vibrationen von Anfang an vermeiden. Dank der Auswuchtlösungen von Schenck RoTec. www.schenck-rotec.de

The **DÜRR** Group

SCHENCK
THE ART OF ROTATION

Adaptronik – Strukturen zum Leben erwecken

Die Vernetzung der Grundlagenforschung und Aus- und Weiterbildung innerhalb der TU Darmstadt sowie mit dem Fraunhofer LBF erlauben es erstmalig, innovative Fragestellungen auf dem Gebiet der Adaptronik in der notwendigen wissenschaftlichen Tiefe und Breite umfassend zu bearbeiten. Hierzu zählen insbesondere die Entwicklung umweltverträglicher Aktor- und Sensorwerkstoffe, miniaturisierte elektronische Komponenten, energie- und kosteneffiziente Datenverarbeitung und Regelstrategien, Fragestellungen zur Fertigung von adaptiven Struktursystemen und deren Systemzuverlässigkeit.

► Adaptronics – structures become smart

The cross linking of the fundamental research and teaching and training within the TU Darmstadt as well as with the Fraunhofer LBF enable for the first time to consider innovations in the field of adaptronics with the necessary scientific and technological depth and width. Among others, new environmental friendly materials for actuators and sensors, miniaturised electronic components, energy- and cost-efficient data processing and control strategies or solutions for manufacturing of reliable adaptive systems will be realised.

Abbildung 1
Kompensiert Schwingungen:
Adaptive Tilger für
„smarte“ Tilgernetzwerke.

Holger Hanselka, Thilo Bein • Adaptronik ist eine der zentralen Schlüsseltechnologien zur nachhaltigen Entwicklung von Produktinnovationen in den Marktfeldern Energie, Mobilität, Umwelt und Gesundheit. Der adaptronisch erschließbare Performancezuwachs ermöglicht außergewöhnliche und schwer kopierbare Produkte im globalen Wettbewerb. Diese lassen sich optimal für die Beherrschung künftiger globaler Herausforderungen in den Branchen Automobilbau, Energietechnik, Schiffs- und Schienenfahrzeugbau, Maschinen- und Anlagenbau, Bau- und Haustechnik, Medizintechnik und Sicherheitstechnik nutzen, um nur einige zu nennen.

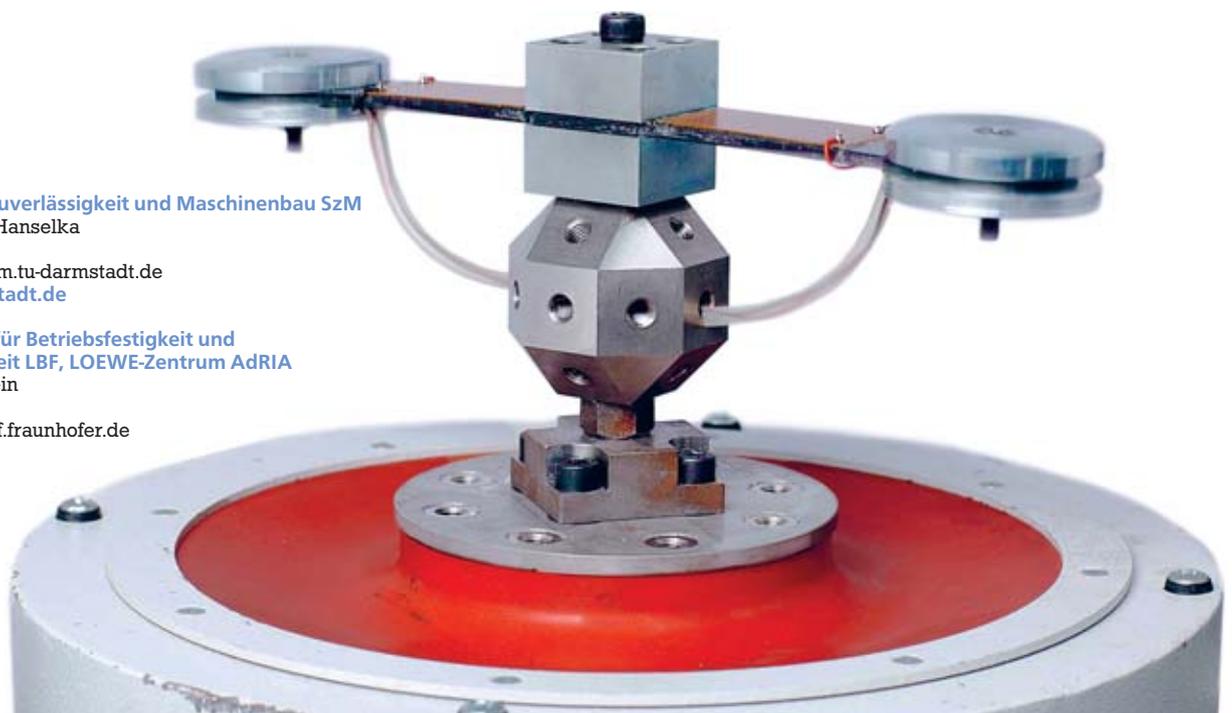
An Bedeutung hat die Adaptronik auch durch die Forderung nach CO₂-Neutralität des Transportsektors und der Städte sowie nach erneuerbaren Energien gewonnen. Mit der in diesem Zusammenhang stehenden Elektrifizierung von Fahrzeugen und einem gezielten Leichtbau treten neue Komfort- und Sicherheitsfragen auf. Mit dem Wegfall des Verbrennungsmotors treten sowohl Abroll- und Windgeräusche als auch Lüftung und Heizung in den Vordergrund, die zur Kompensation aktive Maßnahmen benötigen. Darüber hinaus müssen die schweren Batterien im Crash-Fall speziell gelagert und ihr Lebenszyklus ständig überwacht werden. Gleichzeitig muss das Fahrzeuggewicht auch für konventionelle Antriebe signifikant redu-

Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenbau SzM

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Tel. 06151/16-6924
E-Mail: hanselka@szm.tu-darmstadt.de
www.szm.tu-darmstadt.de

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, LOEWE-Zentrum AdRIA

Prof. Dr.-Ing. Thilo Bein
Tel. 06151/705-463
E-Mail: thilo.bein@lbf.fraunhofer.de
www.loewe-adria



ziert werden, um eine CO₂-Emission < 90 g/km zu erreichen. Diese Gewichtsreduktion führt zwangsläufig zu Lärm- und Schwingungsproblemen.

Die Adaptronik beschreibt eine interdisziplinäre Strukturtechnologie, die die Umsetzung selbstanpassender (adaptiver) mechanischer Systeme ermöglicht. Adaptronische Struktursysteme können sich veränderlichen Betriebsbedingungen selbsttätig anpassen, um bei möglichst geringem Energieverbrauch und möglichst wenig einzusetzendem Material eine gewünschte Funktionalität zu gewährleisten. Technische Hauptzielsetzungen sind die Schwingungs- und Lärmkontrolle, die Formkontrolle und das Strukturmonitoring. Wesentlich ist hierbei, dass die Zielstruktur nicht wie bisher im Maschinenbau üblich passiv ist, sondern mit Hilfe intelligenter Werkstoffe aktiv in ihre Eigenschaften und Funktionalität eingreift und diese ständig nachreguliert und optimiert. Als wissensintensive Querschnittstechnologie erfordert die Adaptronik daher eine Vielfalt von Kompetenzen aus unterschiedlichen Forschungs- und Anwendungsfeldern, die im Forschungsschwerpunkt Adaptronik über fachlich komplementäre Partner aus sechs Fachbereichen gegeben sind. Im Folgenden werden beispielhaft drei Forschungsfelder näher dargestellt.

Funktionswerkstoffe für die Adaptronik

Die Adaptronik benötigt neue Funktionsmaterialien, deren Eigenschaften weit über die momentan kommerziell erhältlichen Materialien hinausgehen und verbesserte und angepasste Sensor- und Aktorfunktionen übernehmen können. Dabei ist sowohl an erweiterte Anwendungsumgebungen (zum Beispiel hohe Temperaturen), als auch an umweltbezogene Verbesserungen (wie bleifreie Piezoelektrika) gedacht. So ist es den Forschern der TU Darmstadt gelungen, eine Reihe von bleifreien Volumen-Piezokeramiken herzustellen und weltweit erstmalig einen bleifreien Vielschichtaktor in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner herzustellen. Neben Piezokeramiken gewinnen polymer-basierte Funktionswerkstoffe wie elektroaktive Polymere zunehmend an Bedeutung. In den letzten Jahren wurde hierfür ein Verfahren zur Herstellung periodischer, temperaturstabiler Piezoelektrite entwickelt, womit periodische zelluläre Piezoelektrite mit vergleichbaren Piezokoeffizienten, aber viel besserer Temperaturstabilität im Vergleich zu herkömm-

lichen Piezoelektriten hergestellt werden konnten. Auf Basis dieser Piezoelektrite wurden zwei neuartige Beschleunigungssensor-Typen entwickelt, die beide hochempfindlich, leicht, einfach im Aufbau und kostengünstig herstellbar sind. Derartig aufgebaute Sensorarrays werden bereits als modale Sensoren in der aktiven Schwingungsdämpfung eingesetzt. Ebenso wurden weltweit erstmalig Stapelaktoren auf Basis von elektroaktiven Polymeren an der TU Darmstadt entwickelt.

Eingebettete Systeme für die Adaptronik

Die Überwachung von technischen Strukturen auf Ermüdung und Schäden ist die Voraussetzung für eine zustandsbasierte Wartung. Dies ist unter anderem für sicherheitskritische Strukturen wie in Flugzeugen, oder bei schlecht zugänglichen Systemen wie Offshore-Windenergieanlagen oder großen Brückenbauwerken interessant. Zusätzlich ermöglicht die kontinuierliche Überwachung die Ausnutzung von konstruktiven Reserven und somit neue Leichtbaukonzepte. Hierfür sind heterogene verteilte Sensor-Regelung/Steuerung-Aktor-Systeme notwendig, die flexibel an die aktuellen Anforderungen und Beschränkungen (zum Beispiel Energie, Platz, Umgebung) angepasst werden können. In diesem Kontext wurde die modulare und rekonfigurierbare HaLOEWEn-Plattform als drahtloser Aktor/Sensorknoten entwickelt, um verteilte, re-

Der Forschungsschwerpunkt Adaptronik

Im Forschungsschwerpunkt Adaptronik werden alle Kompetenzen der TU Darmstadt auf diesem Gebiet konzentriert, um grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung abgestimmt weiterzuentwickeln sowie die wissenschaftlich-technologische Aus- und Weiterbildung von Studenten zu stärken. 22 Professuren aus sechs Fachgebieten der Technischen Universität sowie das Fraunhofer LBF arbeiten eng im interdisziplinären Forschungsverbund zusammen. Wichtiger Bestandteil des Forschungsschwerpunkts Adaptronik ist das LOEWE-Zentrum AdRIA, in dem das Fraunhofer LBF, die TU Darmstadt und die Hochschule Darmstadt gemeinsam systematisch und ganzheitlich adaptronische Komponenten und Strukturösungen entwickeln.

chenintensive adaptronische Anwendungen energieeffizient umsetzen zu können. Aufgrund ihrer geringen Leistungsaufnahme und der effizient einsetzbaren Low-Power Modi ist sie auch für Anwendungen mit beschränkten Energiere Ressourcen geeignet. Um die benötigte Leistung nicht aus endlichen Energiequellen wie Batterien beziehen zu müssen, wurde darüber hinaus ein Energy-Harvesting-Modul entwickelt, welches Solarzellen und Thermoelektrische Generatoren (TEG) kombiniert.

Fertigungsverfahren für die Adaptronik

Um aktive Struktursysteme für den Markt technisch anwendbar und finanziell attraktiv zu gestalten, werden kostengünstige Fertigungsverfahren zur Herstellung funktionsintegrierter Strukturen und Bauteile zur Anwendung in der Serienfertigung als auch für den Entwicklungsprozess und für Prototypen benötigt. Hierbei kommen vor allem etablierte Rapid Prototyping-Verfahren in Frage, die jedoch für kleinere Serien von Komponenten für aktive Systeme weiterentwickelt wurden. Damit gelang es unter anderem, durch Selektives Laserschmelzen (SLM) individuell geformte, zuverlässige Piezo-Aktormodule zu fertigen. Dies ist zum einen durch die direkte Fertigung des Aktorgehäuses mittels SLM gelungen, zum anderen durch die Herstellung von Gießformen zum Eingießen von Piezo-Stapelaktoren. Ebenso ist das Applizieren von Sensoren vor Umformungsprozessen aus wirtschaftlicher Sicht gesehen ein sehr bedeutender Aspekt. So könnten in einem Massendruckprozess Sensorstrukturen sehr kostengünstig auf unverformten Blechoberflächen hergestellt und anschließend umgeformt werden.



Holger Hanselka ist seit 2001 Leiter des Fachgebietes SzM der Technischen Universität Darmstadt, Direktor des Fraunhofer-Institut LBF und seit 2010 Vize-Präsident der TU Darmstadt.



Thilo Bein ist administrativer Koordinator des LOEWE-Zentrums AdRIA, Geschäftsfeldleiter „Öffentliche Projekte“ am Fraunhofer-Institut LBF sowie Honorar-Professor an der TU Darmstadt.

Abbildung 2

Sensible Sensoren: Selbst ein Weinglas bleibt in Ruhe trotz simulierter Störungen am Fahrzeug zwischen Federbein und Karosserie.

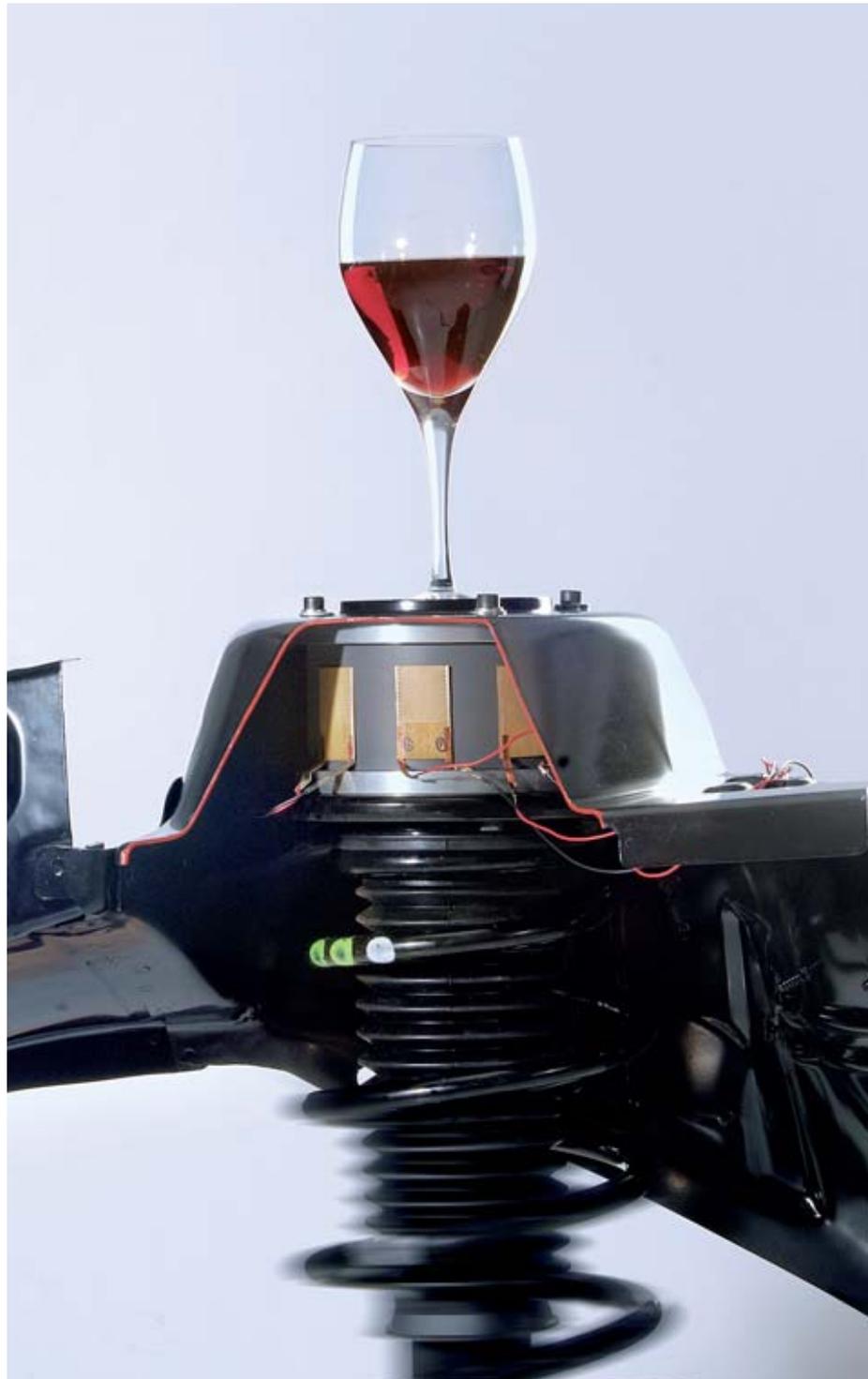


Abbildung 3

In Schwung: Wissenschaftler am LOEWE-Zentrum AdRIA testen Grenzen der Adaptronik.

**Das LOEWE-Zentrum AdRIA**

Das LOEWE-Zentrum AdRIA – als eines von acht Zentren, welche im Rahmen des hessischen Forschungsförderungsprogramms LOEWE gefördert werden – steht für die systematische Vernetzung der Adaptronik-relevanten Kompetenzen und Ressourcen in der Region. Es stellt ein weltweit einmaliges Zentrum für Adaptronik dar, welches ein ganzheitliches Kompetenzangebot von der Forschung und Entwicklung bis hin zu Anwendungen im Kleinserienmaßstab bündelt.

Forscher der TU Darmstadt wiesen bereits nach, dass gedruckte Sensoren ohne nennenswerte Beeinträchtigung der Sensoreigenschaften stark mit bis zu 20 Prozent Dehnung verformt werden können. So können in Zukunft für beliebige dreidimensionale Blechbauteile Sensorstrukturen entwickelt und ihre Positionierung berechnet werden.

Leistungsangebot

Mit dem Forschungsschwerpunkt Adaptronik unter Berücksichtigung seiner systematischen Vernetzung mit dem LOEWE-Zentrum AdRIA und der Region ist ein weltweit einmaliges Zentrum für Adaptronik entstanden, welches ein ganzheitliches Kompetenzangebot von der Forschung und Entwicklung bis hin zu Anwendungen im Kleinserienmaßstab bündelt. Auf dieser Leistungsbasis können gemeinsam mit Forschungs- und Entwicklungspartnern vor Ort industrielle Großprojekte in allen Adaptronik-affinen Branchen ganzheitlich und maßgeschneidert durchgeführt werden. Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen können hiervon strategisch profitieren. Der Forschungsschwerpunkt Adaptronik in Zusammenarbeit mit dem LOEWE-Zentrum AdRIA steht mit der Entwicklung von High-Level-Produkten und dem Aufbau von Spezialkompetenzen hierbei als kompetenter Partner zur Verfügung. Die Adaptronik als Schlüsseltechnologie bietet verstärkte Möglichkeiten, den breiten Mittelstand an den Know-how- und Entwicklungsstrategien führender Forschungsinstitutionen teilhaben zu lassen. In der Region Darmstadt wird hierbei eine weltweit einmalige Forschungsinfrastruktur zur ganzheitlichen Entwicklung adaptronischer Systeme bereitgestellt.

Inserentenverzeichnis

Atotech www.atotech.de/karriere	Seite 17	SCHENCK RoTec GmbH www.schenck-rotec.de	Seite 45
ENBW www.enbw.com/karriere	Seite 43	SEW-EURODRIVE GmbH&Co.KG www.karriere.sew-eurodrive.de	Seite 39
Infraserv, Life Gründerzentrum www.kalle-albert.de	Seite 21	SMS Siemag AG www.sms-group.com	Seite 11
KSB Aktiengesellschaft www.ksb.com	Seite U3	Software AG www.softwareag.com/jobs	Seite 31
Lufthansa Training www.lufthansa-seeheim.de	Seite 33	Stellenwerk www.stellenwerk-darmstadt.de	Seite 23
Peri GmbH www.peri.de	Seite 15	TU Darmstadt www.tu-darmstadt.de	Seite U4
Rhode & Schwarz www.career.rohde-schwarz.com	Seite U2		

Abbildungsweise

Titelfoto: Katrin Binner, S. 4: Katrin Binner, S. 6-9: Katrin Binner (3), S. 10: TFCE, S. 12-13: Katrin Binner, S. 14: CERN, S. 16-17: Gabrielle Otto/GSI Helmholtzzentrum, S. 18-19: TU Darmstadt, S. 20: Katrin Binner, S. 22: Cluster Future Internet, S. 25: Robert Götzfried/Institut PTW, TU Darmstadt, S. 26: Cluster Integrierte Produkt- und Produktionstechnologie, S. 27: Katrin Binner, Andreas Arnold, S. 28-29: Jürgen Querbach/DFG, Fachgebiet Oberflächenforschung, TU Darmstadt, Katrin Binner, S. 30-32: Cluster Neue Materialien, S. 34-35: Fachgebiet Energie- und Kraftwerkstechnik, S. 36: Katrin Binner/Kraenk Visuell, S. 37: Katrin Binner, Grafik: Institut für Theorie Elektromagnetischer Felder, TU Darmstadt, S. 38: Institut für Nachrichtentechnik, TU Darmstadt, S. 40-41: Katrin Binner, S. 42: Jens Rösner, S. 44: Andreas Arnold, Thomas Ott, S. 46: Katrin Binner, S. 48: Fraunhofer LBF, S. 49: Katrin Binner

Impressum forschen 1/2012

Herausgeber: Der Präsident der TU Darmstadt,
Prof. Dr. Hans Jürgen Prömel
Fachliche Beratung: Dr. Christiane Ackermann, Leiterin Dezernat Forschung
Redaktion: Jörg Feuck, Leiter Corporate Communications
Englische Übersetzung Editorial: Dr. Lynda Lich-Knight

Verlag: vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg
Kleine Grottenau 1, 86150 Augsburg
Gestaltung und Produktion: conclouso GmbH & Co. KG, Mainz
Druck: AZ-Druck, Kempten
Auflage: 6000

Gut, dass es **Menschen wie Sie** gibt. Und KSB.

Dank der Pumpen, Armaturen und Systeme von KSB | läuft's bei unseren weltweiten Kunden so richtig flüssig. Wer Bewegung in die Sache bringt? Unsere rund 15.000 Mitarbeiter, die hinter den anspruchsvollen Technologien von KSB stecken. Ob Heizwasser in der Gebäudetechnik oder Biogas in der Energieerzeugung: Wir bringen fast jedes Medium schnell, sicher und zuverlässig von A nach B. Unsere Ideen sind eben in allen Anwendungsbereichen gefragt. Ihre bald auch?

Das ist Ihre Chance, bei einem Global Player mit kollegialer Atmosphäre Ihre Karriere in Fluss zu bringen. Denn bei KSB können sich Studierende und Hochschulabsolventen (m/w) Tropfen für Tropfen in spannende Aufgaben einbringen.

www.ksb.com

Tobias Konrad,
Trainee

Diana Höning,
Unternehmens-
kommunikation





TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Schon Einstein empfahl uns ...



Bild: Katrin Binner

Forschen, studieren, arbeiten an einer der besten Technischen Universitäten Deutschlands

Wir sind eine autonome Universität und leben Eigenverantwortlichkeit und Veränderungsbereitschaft. So schaffen wir Freiräume für Kreativität und Begeisterung. Wir erarbeiten uns weltweit hohe Reputation

durch Bildung, Forschung und unsere Antworten auf entscheidende Zukunftsfragen. Wir konzentrieren uns auf Technik – aus der Perspektive der Ingenieur-, Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften.

www.tu-darmstadt.de