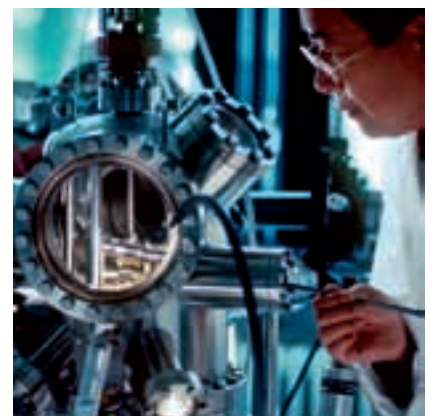
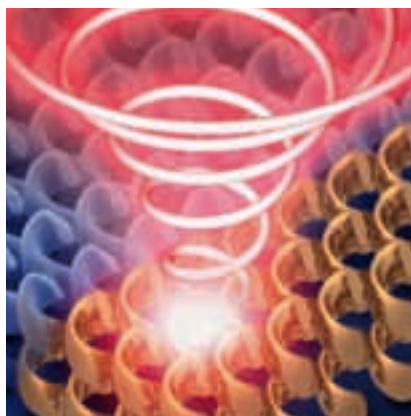


KIT

das Beste aus zwei Welten



KIT – DAS BESTE AUS ZWEI WELTEN

Erst am Nachmittag des Einreichungstermins konnte der Antrag in Druck gegeben werden. Und um alle Unwägbarkeiten auszuschließen, wurden gleich zwei Fahrer damit beauftragt, den Antrag auf gesonderten Wegen noch vor Mitternacht des 20. April 2006 persönlich bei der DFG in Bonn abzugeben.

»Der Antrag«, das war die Eintrittskarte in die erste Runde der von Bund und Ländern im Jahr 2005 beschlossenen Exzellenzinitiative, die – gemeinsam von DFG und Wissenschaftsrat durchgeführt – darauf abzielt, gleichermaßen Spitzenforschung zu fördern und die Qualität des Hochschul- und Wissenschaftsstandortes Deutschland nachhaltig zu stärken, seine internationale Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern und Spitzen im Universitäts- und Wissenschaftsbereich sichtbar zu machen.

»Unser Tagesablauf in der Schlussphase der Antragstellung bestand nur noch aus schlafen, essen und am Konzept schreiben«, erinnert sich der damalige Prorektor der Universität Karlsruhe (TH) und heutige KIT-Vizepräsident Detlef Löhe, »wir haben alle bis an die Grenzen der Leistungsfähigkeit und der Gesundheit – und teilweise darüber hinaus – gearbeitet.« Vermutlich war allen Beteiligten zu diesem Zeitpunkt noch gar nicht bewusst, dass

KIT-ZENTREN

- Energie
- NanoMikro
- Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik
- Klima und Umwelt
- Mobilitätssysteme

KIT-SCHWERPUNKTE

- COMMputation
- Optik und Photonik
- Mensch und Technik
- Anthropomatik und Robotik

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Das Karlsruher Institut für Technologie – kurz KIT – ist am 1. Oktober 2009 durch den Zusammenschluss des Forschungszentrums Karlsruhe mit der Universität Karlsruhe entstanden. KIT ist eine Institution mit zwei Missionen – der Mission einer Landesuniversität mit Forschung und Lehre und der Mission einer Forschungseinrichtung der Helmholtz-Gemeinschaft mit programmatischer Vorsorgeforschung – und drei Aufgaben: Forschung, Lehre und Innovation. Am KIT arbeiten knapp 9000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, darunter etwa 5300 in Forschung und Lehre, mit einem jährlichen Etat von rund 700 Mio. Euro. Außerdem gehören dem KIT rund 20 700 Studierende und 480 Auszubildende an. Das KIT ist Körperschaft des öffentlichen Rechts nach baden-württembergischem Landesrecht mit Sitz in Karlsruhe; Außenstellen gibt es in Garmisch-Partenkirchen, Ulm und Dresden.

sie mit ihrem Antrag eine kleine Revolution auf den Weg gebracht hatten.

Die Universität Karlsruhe hatte sich in allen drei Kategorien des Exzellenzwettbewerbs – Graduiertenschulen, Exzellenzcluster und Zukunftskonzept – beworben. Die Anträge in den beiden ersten Kategorien waren erfolgreich, doch schließlich gaben die unorthodoxen Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung der gesamten Einrichtung den Ausschlag dafür, als einer von drei Siegern aus der ersten Runde der Exzellenzinitiative hervorzugehen: Die Universität Karlsruhe schlug nicht weniger vor als eine Fusion der Universität mit dem ebenfalls in Karlsruhe angesiedelten Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft. Der Charme dieses Vorhabens, zwei unterschiedliche Einrichtungen aus zwei unterschiedlichen Säulen des deutschen Wissenschaftssystems miteinander zu verschmelzen, hatte die Jury überzeugt.

1825 als Polytechnische Schule gegründet, war die Universität Karlsruhe die älteste technische Hochschule Deutschlands. Mit rund 18 000 Studierenden zählte sie zu Beginn des 21. Jahrhunderts zwar nicht zu den größten Universitäten des Landes, zeichnete sich aber durch ihre Forschungsstärke und ihre Fokussierung auf die Natur- und Ingenieurwissenschaft-

ten aus. Wenngleich sie, bezogen auf die Zahl der Mitarbeiter, zu den drittmittelstärksten Forschungseinrichtungen in Deutschland – und in einigen Bereichen auch im internationalen Vergleich zu den führenden Forschungseinrichtungen – zählte, wurde sie jedoch aufgrund ihrer nur mittleren Größe insgesamt nicht als Institution von Weltrang wahrgenommen.

Neben der Universität bestand in Karlsruhe seit 1956 eine zweite Forschungseinrichtung mit ebenfalls ausgezeichnetem Ruf: das Forschungszentrum Karlsruhe. Seit seiner Gründung als »Kernreaktor Bau- und Betriebsgesellschaft mbH« hatte sich das Forschungszentrum Karlsruhe kontinuierlich und weit über den ursprünglichen Auftrag hinaus zu einer führenden, multidisziplinären Forschungsstätte in Deutschland entwickelt. Das Forschungszentrum wurde mit nahezu 4000 Mitarbeitern zur drittgrößten Einrichtung in der Helmholtz-Gemeinschaft und bearbeitete zahlreiche natur- und ingenieurwissenschaftliche Themenkomplexe, die von der Astroteilchenphysik über mannigfaltige Energiethemen, Klimaforschung, Grid Computing bis hin zur Forschung an Nanostrukturen und Biosystemen reichten.

Mit einem Budget von jeweils rund 300 Millionen Euro (2007, einschließlich Drittmitteln) sowie jeweils etwa 4000 Mitarbeitern



Die beiden Präsidenten des
Karlsruher Instituts für
Technologie: Professor Horst
Hippler (li.) und Professor
Eberhard Umbach



waren sich Universität und Forschungszentrum nicht nur in der wissenschaftlichen Ausrichtung, sondern auch in der Größe sehr ähnlich. Bereits seit den 1950er Jahren bestanden in mehreren Teilbereichen erfolgreiche Kooperationen, die in eine Reihe von gemeinsamen Berufungen und sogar gemeinsam betriebenen Instituten mündeten.

»Mit KIT stoßen wir in die Spitzengruppe der internationalen Forschung vor und positionieren uns unter den großen Forschungseinrichtungen der Welt.«

Die Idee, Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland enger zusammenzuführen, ist im Grundsatz nicht neu: Immer wieder hatte der Wissenschaftsrat angemahnt, »die Vernetzung von Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu intensivieren«. Aber erst die Dynamik der Exzellenzinitiative sollte den Stein ins Rollen bringen.

Am 20. Januar 2006 gaben DFG und Wissenschaftsrat die Ergebnisse der Vorauswahl bekannt und forderten die Universität

zur Einreichung eines Vollantrags auf, der binnen kürzester Frist, bis zum 20. April 2006 einzureichen war. Der Wettbewerb gewann an Fahrt: Neun weitere Universitäten waren ebenfalls dazu aufgefordert worden, ein Zukunftskonzept einzureichen. In dieser kreativen Situation entwickelten Rektor Horst Hippler und Detlef Löhe zusammen mit dem

Professor Horst Hippler,
Präsident des Karlsruher Instituts für Technologie

damaligen Vorstandsvorsitzenden des Forschungszentrums, Manfred Popp, eine Zukunftsvision, die in ihrer Dimension weit über die ursprüngliche Antragsskizze hinausging, indem sie das Forschungszentrum Karlsruhe mit in die Überlegungen zur Zukunft der Universität Karlsruhe (TH) einschlossen.

Der Zusammenschluss der Universität mit dem rund 10 Kilometer nördlich gelegenen Forschungszentrum bot aus Sicht der »Erfinder« für beide Einrichtungen erhebliche Vorteile und erfüllte zugleich auf ambitionierte

Weise das Kriterium der »Zukunftskonzepte«, die das BMBF in der dritten Förderlinie der Exzellenzinitiative avisierte.

Die Vision einer gemeinsamen Zukunft eröffnete für beide Einrichtungen reizvolle Aspekte: eine erhöhte internationale Sichtbarkeit, Entwicklung und Umsetzung einer gemeinsamen Forschungsstrategie, gemeinsame Berufungspolitik, gegenseitige Nutzung von Infrastrukturen, verbesserter Zugang des Forschungszentrums zu wissenschaftlichem Nachwuchs, Einbindung der Forschungszentrum-Wissenschaftler in die Ausbildung der Studierenden.

Aus vielfältigen Diskussionen kristallisierte sich schließlich ein klares Ziel heraus: Aufbauend auf der jahrzehntelangen Kooperation beider Einrichtungen sollte eine echte Fusion zum Karlsruher Institut für Technologie angestrebt werden – das KIT sollte tatsächlich die beiden Rechtspersonen Universität und Forschungszentrum in einer Institution vereinen. Dieser Vorschlag bedeutete nichts weniger als eine Revolution im deutschen Wissenschaftssystem.

Zur Bewertung der Zukunftskonzepte fand auch in Karlsruhe eine Vorort-Begutachtung statt. Wenngleich diese sogenannte Begehung aus Sicht von Universität und Forschungszentrum erfolgreich verlaufen war, »haben wir uns zu diesem Zeitpunkt nicht zu viel versprochen,

auch weil wir natürlich die Konkurrenzsituation nicht völlig überblicken konnten – aber wir waren der Überzeugung, unsere Chancen gewahrt zu haben«, blickt Detlef Löhe zurück. Zur Überraschung der Öffentlichkeit und vieler Konkurrenten wurde dann am 13. Oktober 2006 neben den beiden Münchener Universitäten die Universität Karlsruhe (TH) zur Siegerin im Exzellenzwettbewerb gekürt.

Das zentrale Element bei der Vision KIT lag in einem Perspektivwechsel, der nicht mehr die wissenschaftlichen Disziplinen beziehungsweise Fakultäten ins Zentrum stellte, sondern sich an Forschungsbereichen und Forschungsfeldern orientierte. Das aus diesem Ansatz entwickelte Kompetenzportfolio, das seither fortlaufend aktualisiert wird, erlaubt einen verlässlichen Überblick über die tat-

sächlich an beiden Einrichtungen bearbeiteten Themengebiete und ermöglicht dadurch eine interdisziplinäre Verschränkung in bislang einmaligem Ausmaß. Aber zunächst mussten noch einige interne und externe Hürden genommen werden.

»Bis zur Entscheidung in der Exzellenzinitiative war das Projekt KIT in erster Linie ein Kind der Universitätsleitung und des Vorstandsvorsitzenden des Forschungszentrums, Manfred Popp, gewesen«, berichtet Hippler. Fortan galt es also, das Projekt von einem Kommandounternehmen der Führungsspitzen in ein integratives Konzept unter Beteiligung möglichst aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu transformieren.

Überdies gab es ein politisches Problem: Die Helmholtz-Zentren stehen unter der Hoheit des Bundes, während Universitäten in Deutschland Ländersache sind, wobei wegen des Föderalismus eine scharfe Abgrenzung zwischen Bundes- und Landesaufgaben herrscht. Weder der Bund noch die Helmholtz-Gemeinschaft zeigten sich anfangs von der Idee KIT allzu begeistert. In einem Eckpunktepapier vom 21. November 2006 wurden Universität und Forschungszentrum deshalb dazu aufgefordert, bis Ende Mai 2007 ein Detailkonzept für die konkrete Umsetzung zu entwickeln. Es blieb den beiden deshalb nichts anderes übrig, als auch diesen Stresstest mit großem Engagement anzunehmen. »Wieder standen wir unter erheblichem Zeitdruck«, erinnert sich Horst Hippler, »aber das Gute daran war, dass wir gar nicht erst in Gefahr gerieten, die gute Idee langsam im Sande verlaufen zu lassen.«

Rasch wurde das KIT-Büro mit 20 Koordinatoren und 120 Mitarbeitern in Arbeitsgruppen aufgebaut. Es gelang dem Rektorat der Universität (neben Horst Hippler und Detlef Löhe noch die Prorektoren Norbert Henze und Jürgen Becker und der Kanzler Dietmar Erdmann) und dem Vorstand des Forschungszentrums (Reinhard Maschuw, Peter Fritz und der neue Vorsitzende Eberhard Umbach; später kam noch Alexander Kurz dazu) zusammen mit den Arbeitsgruppen tatsächlich binnen weniger Monate, unterstützt von der Boston Consulting Group im Rahmen eines pro bono-Projekts, ein umfangreiches Konzept mit einem detaillierten Umsetzungsfahrplan für die Gründung des KIT zu erarbeiten. »Unsere Mitarbeiter haben mit dem KIT-Konzeptpapier wirklich Unglaubliches geleistet«, kommentiert Hippler diese Phase: »Mit diesem

30 Kompetenzfelder gebündelt in 6 Kompetenzbereiche

MATERIE UND MATERIALIEN

- Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik
- Kondensierte Materie
- Nanowissenschaft
- Mikrotechnologie
- Optik und Photonik
- Angewandte und neue Materialien

ERDE UND UMWELT

- Atmosphäre und Klima
- Geosphäre und Risikomanagement
- Hydrosphäre und Umwelttechnologie
- Bauwerke und urbane Infrastruktur

ANGEWANDTE LEBENSWISSENSCHAFTEN

- Biotechnologie
- Toxikologie und Ernährungswissenschaft
- Gesundheit und Medizintechnik
- Zell- und Strukturbiologie

SYSTEME UND PROZESSE

- Strömungs- und Partikeldynamik
- Chemische und Thermische Verfahrenstechnik
- Brennstoffe und Verbrennung
- Systeme und eingebettete Systeme
- Kraftwerkstechnik
- Produktlebenszyklus
- Mobile Systeme und Mobilität

INFORMATION, KOMMUNIKATION UND ORGANISATION

- Algorithmen, Software und Informatiksysteme
- Kognitive Systeme und Informationsverarbeitung
- Kommunikationstechnik
- Hochleistungsrechnen und Verteilte Systeme
- Mathematische Modelle
- Organisations- und Dienstleistungsgestaltung

TECHNIK, KULTUR UND GESELLSCHAFT

- Kulturerbe und sozialer Wandel
- Wirtschaftsorganisation und Innovation
- Wechselwirkung von Wissenschaft, Technik und Gesellschaft



Papier in Händen konnten wir bereits im Sommer und Herbst 2007 die beiden Aufsichtsgremien und das vom Wissenschaftsrat geforderte, hochkarätig besetzte International Advisory Board überzeugen.«

Nun galt es, die unterschiedlichen Kulturen einer dezentral organisierten Landesuniversität und einer zentral geführten, staatlichen Forschungseinrichtung im KIT zu einem neuen Ganzen zusammenzuführen. Am 13. Dezember 2007 konnte schließlich der KIT-»Gründungsvertrag« als Binnenvereinbarung zwischen dem Forschungszentrum Karlsruhe und der Universität Karlsruhe (TH) unterzeichnet werden.

Kurz danach gaben die politisch Verantwortlichen, die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Prof. Dr. Annette Schavan, und ihr Pendant aus dem Land Baden-Württemberg, Prof. Dr. Peter Frankenberg, grünes Licht für eine vollständige Fusion. Bis zur »Gründungsfeier« am 18. Februar 2008 wurden die zentralen rechtlichen Fragen geklärt, so dass die beiden Minister kurz vor dem Termin dieser Feier die politische Absicht zur vollständigen Fusion zu einer Körperschaft des öffentlichen Rechts nach baden-württembergischem Landesrecht öffentlich erklären konnten.

Im Laufe der folgenden Monate wurde ein eigenes Landesgesetz, das KIT-Zusammenfüh-

KIT mit drei Neuanträgen in der Endrunde der Exzellenzinitiative II

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) geht mit drei Neuanträgen und drei Fortsetzungsanträgen in die Endrunde der Exzellenzinitiative II.

FORTSETZUNGSANTRÄGE:

- DFG-Centrum für Funktionelle Nanostrukturen
- die Karlsruhe School of Optics & Photonics
- Zukunftskonzept

NEUANTRÄGE:

- Exzellenzcluster »Dependable Software for Critical Infrastructures«
- Graduiertenschule »Karlsruhe School of Informatics Engineering« (KSIE)
- Graduiertenschule »Elementary Particle and Astroparticle Physics: Science and Technology«

stolz darauf, dass die Umsetzung der im KIT-Konzept beschriebenen strukturellen Änderungen in den Forschungs-, Infrastruktur- und Dienstleistungseinheiten inzwischen größtenteils erfolgreich abgeschlossen werden konnten und dass bereits viele »Mehrwerte« durch die Fusion erreicht werden konnten. Die zukünftige Entwicklung wird ein zweites KIT-Gesetz regeln, das voraussichtlich im Winter 2011/2012 vom baden-württembergischen Landtag verabschiedet werden wird.

In der Lehre werden die Studierenden schon während des Studiums in forschungs- und anwendungsorientierten Lehrmodulen an größere Forschungsprojekte herangeführt. Auch die KIT-Doktoranden finden sich einbezogen in ein attraktives Umfeld, das durch exzellente Forschung in kleinen Arbeitsgruppen und den Umgang mit Großgeräten gekennzeichnet ist. Auf diese Weise werden die Nachwuchswissenschaftler zu selbstständiger Forschungsarbeit in international konkurrenzfähigen Teams angeleitet. Nicht-fachspezifische Weiterbildungsmöglichkeiten in allgemeinen und berufsrelevanten Schlüsselqualifikationen runden das Angebot ab.

Zum zweiten Geburtstag des KIT am 1. Oktober 2011 könne festgehalten werden, »dass die Integration der Forschungskapazitäten von Universität und Forschungszentrum eine signifikante Erweiterung und Stärkung des wissenschaftlichen Profils ermöglicht haben«, sind sich Horst Hippler und Eberhard Umbach sicher. »Das KIT hat sein Forschungsprofil durch bisher fünf KIT-Zentren und vier KIT-Schwerpunkte schärfen können«, sagt Umbach. Dass sich die neuen Strukturen in Forschung und Lehre am KIT tatsächlich in ihrer gesamten Bandbreite bei gleichzeitiger thematischer Schwerpunktsetzung noch stärker interdisziplinär weiter entwickeln, zeigt sich nach Meinung von Horst Hippler unter anderem darin, dass das KIT auch in der aktuellen Runde der Exzellenzinitiative mit drei Neuanträgen an der Endrunde des Wettbewerbs teilnimmt. ∞

»KIT ist ein bisher einmaliges Modell, wie man die gesamte Forschungs- und Ausbildungslandschaft effektiver, flexibler und vielseitiger gestalten kann.«

Professor Eberhard Umbach,
Präsident des Karlsruher Instituts für Technologie

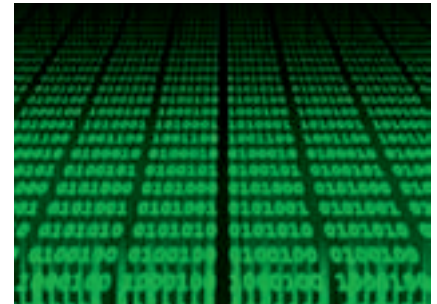
runngesetz, erarbeitet und am 14. Juli 2009 im baden-württembergischen Landtag einstimmig verabschiedet. Erst durch die parallel dazu entwickelte Verwaltungsvereinbarung, die am 30. Juli 2009 von den beiden Ministern unterzeichnet wurde, wurde der Bund auch formal mit eingebunden, so dass das KIT am 1. Oktober 2009 offiziell starten konnte.

»Die Ziele des Zukunftskonzepts ›The Foundation of KIT‹ haben nach wie vor Gültigkeit«, sagt KIT-Präsident Horst Hippler. »Inzwischen sind die Ausgestaltung des KIT und das Zusammenwachsen der Forschungs- und Verwaltungsstrukturen weit fortgeschritten«, ergänzt Eberhard Umbach, ebenfalls Präsident des KIT. Beide Präsidenten sind

In der Forschung wurden die größten und strategisch wichtigsten Aktivitäten in KIT-Zentren und KIT-Schwerpunkten gebündelt. Sie dienen der thematischen Profilierung und strategischen Ausrichtung der KIT-Forschung. Während die KIT-Zentren und -Schwerpunkte zu organisatorischen und operativen Einheiten entwickelt werden, ordnen sich die Wissenschaftler des KIT entsprechend ihrem Fachwissen Kompetenzfeldern zu, die thematisch wiederum zu Kompetenzbereichen gebündelt sind. Kompetenzfelder und Kompetenzbereiche bilden das Kompetenzportfolio des KIT, das »bottom-up« selbst organisiert ist und als »Nährboden« für neue wissenschaftliche Kooperationen und Projekte dient.

WIE INGENIEURE UND INFORMATIKER SCHON IN DER AUSBILDUNG ZUSAMMENFINDEN

Im **KIT-Schwerpunkt COMMputation** geht es um die Gestaltung und Kontrolle komplexer technischer Systeme. »Mit der gebündelten, interdisziplinären Fachkompetenz aus Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik sowie den Wirtschaftswissenschaften und der Mathematik arbeiten die Wissenschaftler hier nicht nur in zahlreichen Forschungsprojekten«, erläutert Professor Hartmut Schmeck, der wissenschaftliche Sprecher dieses KIT-Schwerpunktes. »Auch im Rahmen der Ingenieurausbildung entwickeln wir Konzepte, Architekturen, Verfahren und Werkzeuge für Anwendungen der Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnik.«



Ferdinand Redtenbacher gilt als Begründer des wissenschaftlichen Maschinenbaus in Deutschland. Unter seiner Leitung machte sich das Karlsruher Polytechnikum Mitte des 19. Jahrhunderts weltweit einen Namen. Die Ingenieurausbildung war Vorbild für weltberühmte Hochschulen wie die Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich und das Massachusetts Institute of Technology (MIT). Karlsruhe hat sich diesen Innovationsgeist bis heute bewahrt – die Fakultäten Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik sowie Maschinenbau belegen

jährlich Spitzenplätze in internationalen Rankings.

Dies bedeutet natürlich nicht, dass sich die Ingenieurwissenschaftler am KIT keine ambitionierten neuen Ziele für die Zukunft setzen sollten – und die sind in den Grenzbereichen der bisherigen Disziplinen zu finden, glaubt Informatik-Professor Ralf Reussner vom Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation. Ingenieure – und dazu zählt Reussner auch die meisten Informatiker – sollten etwas von den benachbarten Fächern verstehen und keine Berührungängste haben. »Wir haben in der fachübergreifenden Zu-

sammenarbeit in Projekten immer wieder festgestellt, dass wir viel voneinander lernen können«, sagt der Informatiker.

Grundlage für derartige Lernprozesse ist die gemeinsame Projektarbeit, die in der Regel so abläuft: Informatiker und Ingenieure aus den klassischen Disziplinen bekommen einen Auftrag und suchen ihn unter Beachtung von Kosten und Zeit systematisch umzusetzen. Schnell zeigen sich dann jedoch Unterschiede in der Herangehensweise: Während sich Informatiker in erster Linie auf die Anforderungen des Kunden konzentrieren, denken zum Beispiel Maschinenbau-Ingenieure über das eigentliche Pro-

COMMputation = COMMunication + COMputation

Smart Houses, Smart Cars oder Smart Shops: Um die Vertrauenswürdigkeit, Robustheit und Effizienz komplexer neuer Anwendungssysteme zu gewährleisten, arbeiten im KIT-Schwerpunkt COMMputation etwa 600 Informatiker, Ingenieure, Mathematiker und Wirtschaftswissenschaftler in fünf Themenbereichen (Topics) interdisziplinär in Forschung und Lehre zusammen. »Wichtig ist uns dabei auch die Interaktion zwischen Informatik und Anwendung«, stellt Professor Hartmut Schmeck, Sprecher des KIT-Schwerpunktes Commputation heraus. »So erproben wir in einem Smart Home den energieeffizienten Haushalt der Zukunft, der Elektrofahrzeuge als Stromspeicher und Stromverbraucher in die intelligente Steuerung des Haushalts miteinbindet.«

Topic 1: Service und Web Engineering

Die Verwendung von Kommunikationsnetzwerken fördert die digitale Konvergenz und bringt unterschiedliche Branchen miteinander in Berührung. Zudem lässt die vermehrte Nutzung dynamisch erzeugter Webservices intelligente Business-Netzwerke entstehen. Hier setzten die Arbeiten im Themenbereich an: »Wir wollen durch neue Services und Web Engineering helfen, Koordination, Gruppenbildung und Kooperation in Unternehmen mit

moderner Technologie zu meistern«, erklärt der Sprecher des Topics, Professor Stefan Tai.

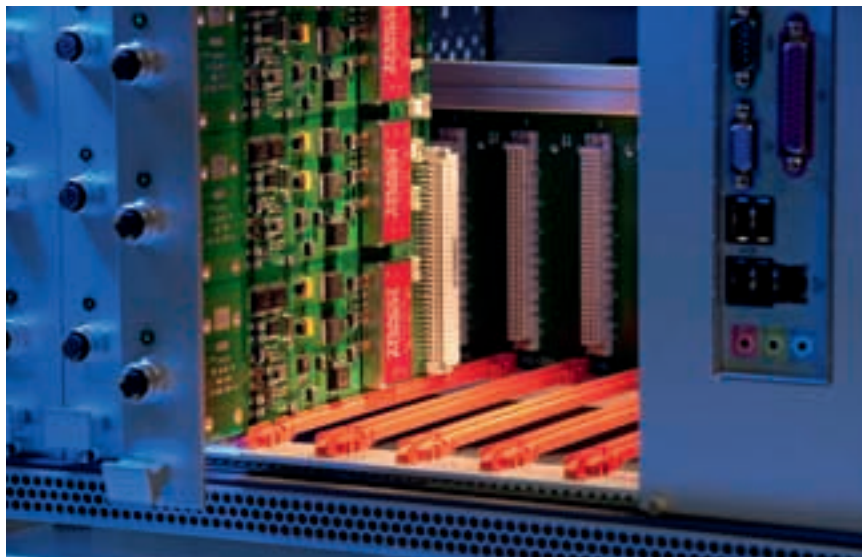
Topic 2: Grid Computing und Wissenschaftliches Rechnen

Ziel der KIT-Wissenschaftler in diesem Themenbereich ist es, mit Untersuchungen zum Grid Computing, Cloud Computing und Hochleistungsrechnen zur Integration und langfristigen Verfügbarkeit von Cloud-Dienstleistungen in Produktionsumgebungen beizutragen. »Potenzielle Anwendungen zeichnen sich in den Be-

Neue Ausbildungskonzepte sind an der Schnittstelle der Informatik zu anderen Ingenieurdisziplinen gefragt.

jekt hinaus: Wie kann man die Einzelteile einer Maschine später wiederverwerten und sinnvoll in einen Wertkreislauf einbringen? »Diese Denkweise sollten wir Informatik-Ingenieure übernehmen«, sagt Reussner. »Software lässt sich zwar nicht recyceln, aber wir müssen ebenfalls stärker die späteren Lebenszyklusphasen wie Betrieb und Evolution berücksichtigen.«

Umgekehrt hält die Informatik immer mehr Einzug in die klassischen Ingenieurdisziplinen, etwa in der Energieversorgung. Kraftwerksbetreiber konnten bisher auf den aktuellen Energieverbrauch reagieren, indem sie die Leistung eines Kraftwerks hoch- oder herunterfahren. Bei zunehmend dezentraler Energieversorgung durch Windkraftanlagen oder Blockheizkraftwerke reicht dieses Prinzip jedoch nicht mehr aus; es bedarf eines neuartigen Ressourcenmanagements. Informatiker haben bereits langjährige Erfahrungen im effizienten Management verteilter Ressourcen wie Prozessoren oder Speichern. Besondere Bedeutung hat dabei die Virtualisierung: dem Nutzer werden virtuelle Ressourcen bereitgestellt, deren Eigenschaften durch geeignete Abbildung auf reale Ressourcen garantiert



werden. »Solche Prinzipien der Virtualisierung lassen sich auf das Energiemanagement übertragen«, betont Reussner. Die Energie kann an vielen Orten gespeichert werden – im Bedarfsfall sorgt eine Software dafür, dass die einzelnen Speicher als eine »große virtuelle Batterie« genutzt werden, die Energie dorthin liefert, wo sie gerade benötigt wird.

Die KIT-Forscher möchten nun in der Ausbildung von Ingenieuren heute eine ähnliche Vorreiterrolle wie seinerzeit Ferdinand Redtenbacher einnehmen und neue Konzepte entwickeln. KIT-Absolventen sollen künftig nicht erst nach Abschluss interdisziplinär forschen: Übergreifende Abschlussprojekte könnten Standard werden, ebenso Betreuer aus mehreren Fakultäten. »Wichtig ist uns,

dass die wissenschaftliche Ausbildung den praktischen Bezug nicht verliert«, betont Reussner. »Deutsche Doktoranden sind in der Industrie weltweit letztlich deshalb so gefragt, weil sie nicht nur auf eine rein wissenschaftliche Karriere hin vorbereitet werden. Sie finden zum Beispiel in der »Assistenzpromotion« ausreichend Zeit für projektbezogene Forschungsarbeit und lernen dabei oft internationale Verbundprojekte und Arbeiten in der Industrie kennen.« Die Kompetenz, eine innovative Idee über Jahre zu verfolgen und systematisch in kleinen Teams zu realisieren, sei in Wissenschaft und Industrie gleichermaßen ein Wettbewerbsvorteil. ~

Mehr Informationen:
www.computation.kit.edu

reichen Klima und Umwelt, Genomforschung, Energieforschung und Nanocomputing ab«, sagt Topic-Sprecher Professor Achim Streit.

Topic 3: Algorithmen und Software Engineering

Algorithmiker und Software-Ingenieure schmieden in diesem Themenbereich methodologische Verbindungen für Kommunikation und Informationsverarbeitung in komplexen Systemen: »Wir wollen dazu beitragen, dass innovative Anwendungen wie eHealth und eGovernment, aber auch klassische Bank- und Versicherungsanwendungen oder Telekommunikations- und Energiesysteme mit vorhersagbarer Leistung und Zuverlässigkeit verfügbar sind«, sagt Topic-Sprecherin Professorin Dorothea Wagner.

Topic 4: Kommunikationstechnik

Kommunikation ist das A und O, wenn verteilte Systeme und Anwendungen reibungslos funktionieren sollen. »In unserem Themenbereich geht es deshalb in erster Linie darum, eine Basis für

die Steuerbarkeit solcher verteilter Systeme zu schaffen«, sagt Sprecher Professor Michael Beigl. In interdisziplinärer Zusammenarbeit untersuchen und erarbeiten die KIT-Wissenschaftler Technologien, Verfahren, Protokolle und Architekturen für zahlreiche Arten von Kommunikationssystemen der Zukunft und entwickeln Werkzeuge für deren Bewertung.

Topic 5: Systems Engineering

Ob Automatisierung, Medizintechnik oder Verkehrswesen: Komplexität und heterogene Vielfalt der Verfahren und Technologien macht ein Systems Engineering erforderlich. Dabei rückt zunehmend die Erforschung und Realisierung von Selbstorganisation und Adaptivität in den Mittelpunkt: »Die Computer der Zukunft müssen durch mehrere Self-x-Eigenschaften überzeugen, müssen also selbstoptimierend, selbstheilend, selbsterklärend und selbstschützend sein«, sagt Professor Marc Weber, Sprecher des Topics.

REALER SCHUTZ FÜR VIRTUALISIERTE KRAFTWERKE

Die Sicherheit von IT-Systemen steht im Focus von **KASTEL**, dem **Kompetenzzentrum für Angewandte IT-Sicherheits-Technologien**. Es befasst sich mit den Fragen: Was ist IT-Sicherheit? Welche Anforderungen stellen neue Anwendungsfelder wie Smart Grids, Öffentliche Sicherheit oder Cloud Computing? Wie schützt man intelligente Infrastrukturen und vernetzte Ressourcen in unserem Alltag, wenn ein Absichern an der Peripherie durch Firewalls und verschlüsselte Verbindungen alleine nicht mehr ausreicht? KASTEL bündelt die Kompetenzen am Karlsruher Institut für Technologie, dem Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung sowie dem Forschungszentrum Informatik. »Forschungsziel sind die Abkehr von isolierten Teillösungen und die Entwicklung eines ganzheitlichen Ansatzes, der auf die Gesamtsicherheit von Anwendungen zielt«, erklärt Jörn Müller-Quade, Leiter des Instituts für Kryptographie und Sicherheit am KIT und einer der Initiatoren von KASTEL. Diese Gesamtsicherheit erfordert neue Modelle und Methoden sowie die Kooperation von Kryptographen, IT-Sicherheits-Spezialisten, Software-Ingenieuren, Juristen und Netzwerk-Experten. KASTEL hat eine dynamische Struktur, um in Fragen der IT-Sicherheit schnell reagieren zu können; sei es mit Grundlagenforschung oder mit einem Helpdesk für die Industrie. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert KASTEL und zwei weitere Zentren mit rund 17 Millionen Euro bis zum Jahr 2015.

Hollywood ist der Zeit stets voraus. Im Film »Stirb Langsam 4.0« jagt Bruce Willis schon 2007 einen Supergangster, der Passwörter klaut und die Computernetzwerke der USA unter seine Kontrolle bringt. Rechnersysteme von Polizei, Luftwaffe, Verkehrsampeln, Stromkraftwerken und Banken werden infiltriert und genutzt, um den Staat zu erpressen und den einsamen Helden zwei Stunden lang über die Leinwand zu hetzen. Herzschlag-Finale und Happy End inklusive.

»Natürlich ist der Alltag des Informatikers nicht ganz so actionreich wie im Film«, gibt Gregor Snelting schmunzelnd zu. »Aber spannend ist unsere Arbeit trotzdem.« Denn schon der Missbrauch eines einzelnen Computernetzes birgt genug Potenzial für enormen materiellen und finanziellen Schaden. Deshalb forscht Snelting an neuen Verfahren zur Sicherheit von Computersystemen. Wie alltagsrelevant dies auch außerhalb von Holly-

wood-Illusionen ist, zeigen die zahlreichen Fälle von Internetkriminalität in diesem Jahr: Der Diebstahl von 100 Millionen Kundendaten bei Sony wird den Konzernen wohl rund 1,2 Milliarden Euro kosten. Über die gekaperten Twitter-Accounts beziehungsweise Homepages der Medienriesen Fox und PBS wurden Falschmeldungen landesweit verbreitet. Selbst Banken und Fabriken sind nicht sicher: Dies belegen der Verlust von 360 000 Kreditkartendatensätzen bei der Citibank und das Treiben des Stuxnet-Wurms in Siemens-Anlagen.

»Um uns vor IT-Kriminalität zu schützen, brauchen wir gänzlich neue Ansätze«, erläutert Snelting, Leiter des Instituts für Programmstrukturen und Datenorganisation am KIT. Zum Beispiel beim Schutz vor Schadsoftware: Heutzutage wird die Vertrauenswürdigkeit von Programmen über Zertifikate angezeigt. Dies entspricht etwa dem Aufkleber »geprüfte Qualität« auf dem Postpaket. »Aber kann man sich sicher sein, dass während des Versands nicht jemand den Inhalt ausge-

tauscht hat und einem nicht ein Virus oder ein Wurm untergeschoben wird?«, fragt Snelting. Als Mitinitiator des DFG-Schwerpunktes »Reliably Secure Software Systems (RS3)« entwickelt er eine Art Röntgenapparat für Programme. »Aber wir schauen nicht nur, ob das Paket den richtigen Inhalt hat, wir durchleuchten auch die Funktion des Programmes selbst und legen offen, was es tut.« In Zukunft fragen Antivirussoftware und Firewall also nicht mehr: »Wollen Sie dem Programm browser.exe den LAN-Zugriff erlauben?« Auf der Suche nach Phishing und Trojanern heißt es dann: »Wollen Sie Ihre persönliche Browserhistorie an spam.de schicken?« oder »Wollen Sie Ihre Passwörter wirklich auf den Server in Russland hochladen?«

»Neue Algorithmen«

Die Sicherheit des einzelnen Computers am Arbeitsplatz oder zu Hause ist aber nur ein Punkt der aktuellen Forschung. »Die hochvernetzten, kritischen Infrastrukturen in unserer modernen Gesellschaft brauchen neue Algorithmen und neue Konzepte«, erklärt Dorothea Wagner, Leiterin des Instituts für Theoretische Informatik am KIT. Beispielsweise wird Strom immer weniger aus zentralen Kraftwerken bezogen, sondern aus einem Netz an verteilten Windrädern, Solarzellen und Speichern, die je nach Wind und Wetter oft auf Minutenbasis mehr oder weniger Energie einspeisen. »Die Frage ist, wie die Steueralgorithmen ausgelegt sein müssen, wenn es keine zentrale Steuereinheit mehr gibt.« Wie stimmen sich hundert einzelne Windräder in Holstein mit dreißig unabhängigen Solaranlagen in Franken verlässlich ab? Wer entscheidet, ab wann die Speicher angezapft werden? Und wie sichert man das ganze Netzwerk vor Ausfällen und Anschlägen? Intelligente Software kann hier das Betriebspersonal enorm unterstützen, um das Netzwerk stabil zu halten. »Im Grunde planen wir schon heute die virtualisierten Kraftwerke von morgen: zuverlässig, selbst organisiert, funktional und einbruchssicher«, sagt Wagner, die den DFG-Schwerpunkt »Algorithm En-



gineering« mit initiiert hat. »Aber natürlich lassen sich die gleichen Software-Konzepte auch auf verteilte Systeme im Straßenverkehr oder auf das Cloud Computing anwenden.« So könnten Ampelanlagen dank in der ganzen Stadt verteilter Sensoren sich bedarfsgerecht selbst steuern, statt mit fest getakteter Ampelphase die Geduld der Autofahrer zu strapazieren.

Und auch das aktuelle Thema Cloud Computing steht vor ein paar kniffligen Fragen. Zwar ist es wirtschaftlich sehr sinnvoll, sich Speicherplatz, IT-Know-how und vor al-

lem Rechenressourcen nur nach Bedarf in einem Rechenzentrum einzukaufen. Aber gänzlich unklar ist es bislang, wie effektiv verhindert werden kann, dass ausgelagerte, sensible Kunden- oder Entwicklungsdaten in falsche Hände gelangen, während sie in der »Wolke« verarbeitet werden. Die Kryptologen setzen bei der Lösung dieses Problems auf neue, strukturhaltende Verschlüsselungen. Diese erlauben es, auch auf verschlüsselten Daten Berechnungen und Programme auszuführen und so ein verschlüsseltes Ergebnis zu bekommen. Erst, wenn es sicher auf dem eigenen

Vernetzte Ressourcen und intelligente Infrastrukturen müssen immer stärker gegen Angriffe geschützt werden, damit unser Alltag reibungslos abläuft.

PC heruntergeladen wurde, wird es wieder decodiert. Leider verursacht diese Art der sogenannten homomorphen Verschlüsselung einen millionenfach höheren Rechenaufwand. Eine zentrale Forschungsstelle, die diese Probleme lösen will, ist KASTEL, das neue Kompetenzzentrum für Angewandte IT-Sicherheits-Technologien, welches in Karlsruhe entsteht.

»Wir sehen uns für diese und weitere Herausforderungen am KIT sehr gut aufgestellt«, stimmen Snelting und Wagner überein. KASTEL und insgesamt vier DFG-Schwerpunktprogramme in der Informationstechnik unterstreichen eindrucksvoll die Kompetenz der Karlsruher Informatik-Fakultät. Hinzu kommen die gemeinsamen Projekte und kurzen Wege auf dem Campus zu den Energietechnikern, den Verkehrsexperten, den Juristen, den Wirtschaftswissenschaftlern und den Systemanalytikern. »Im Gegensatz zum einsamen Helden im Film setzen wir in der realen Welt auf Teamarbeit.« Happy End inklusive. ~

Mehr Informationen
www.informatik.kit.edu

Kritische Infrastrukturen sichern

Der reibungsfreie Ablauf des gesellschaftlichen Lebens stützt sich auf viele Einrichtungen und Dienstleistungen. So sind etwa die Versorgung mit Strom, Information und Gütern essentiell. Fallen Stromnetze, Radio und Fernsehsender aus oder ist der Verkehr großflächig blockiert, hat dies rasch weitreichende Konsequenzen in allen Lebensbereichen. Deshalb werden Energie, Kommunikation, Verkehr, aber auch Katastrophenschutz, Finanzwesen, Gesundheitswesen und einige weitere Bereiche auch kritische Infrastrukturen (KRITIS) genannt. Diese zu schützen ist vordringliches Ziel des Staates.

Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) macht kritische Infrastrukturen effizienter und verlässlicher als bislang. Durch Vernetzung werden viele Funktionalitäten wie etwa bei Smart Metern, Cloud Computing oder intelligenten Verkehrsleitsystemen erst möglich. Sie eröffnet aber auch neue Möglichkeiten des Missbrauchs und der Manipulation. Für die Zukunft benötigt man deshalb IT-Sicherheitskonzepte, die weit über die heutigen Maßnahmen hinausgehen.

DIE RÄTSEL DES UNIVERSUMS

Seit über zwei Jahrtausenden versuchen die Menschen, das Universum und seine fundamentalen Bausteine und Kräfte zu verstehen. Das **KIT-Zentrum für Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik (KCETA)** führt Grundlagenuntersuchungen und internationale Großprojekte zur Klärung dieser Fragen durch. Seine Schwerpunkte sind die Erforschung von Quarks und Neutrinos, die Suche nach dem Higgs-Boson und nach Dunkler Materie, das Studium der höchstenergetischen Strahlung aus dem Weltall und die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Theorien, die die Naturphänomene mathematisch beschreiben. KCETA beteiligt sich an der Entwicklung von modernen Detektortechnologien und speziellen Computerprogrammen und forscht in internationalen Arbeitsgruppen am CERN, in den USA, Japan, Argentinien und auf der Internationalen Raumstation ISS.

Neutrinos werden aufgrund ihrer extrem schwachen Wechselwirkung mit Materie und ihrer sehr geringen Masse oft als »Geisterteilchen des Universums« bezeichnet. Die im Urknall erzeugten Neutrinos spielten aber eine wichtige Rolle bei der Gestaltung von großräumigen Strukturen im Universum. Zur Messung der Masse des Elektronenneutrinos wird am KIT das Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) gebaut. Mehr als 140 Forscher aus aller Welt sind derzeit mit dem Aufbau des 70 Meter langen Experiments beschäftigt. Am KIT steuert ein interdisziplinäres Team aus etwa 70 Wissenschaftlern, Ingenieuren, Technikern und Studierenden wichtiges Know-how bei zum Bau und Betrieb der komplexen Experimentkomponenten. KIT-Professor Guido Drexlin, Mitbegründer und einer der beiden Sprecher des Projekts, hält KATRIN für ein Musterbeispiel einer engen Verzahnung von Forschung, Lehre und Innovation in KCETA.

KATRIN nutzt aus, dass Neutrinos bei Beta-Zerfällen von Atomkernen einen Teil der frei werdenden Zerfallsenergie forttragen und die dabei entstehenden Elektronen daher ein kontinuierliches Energiespektrum aufweisen. Der für diese Messung am besten geeignete Betastrahler ist Tritium, das eine Energie von 18600 Elektronenvolt freisetzt, die sich auf Elektron und Neutrino verteilt. Aus Einsteins berühmter Beziehung $E = mc^2$ folgt dann, dass die minimale vom Neutrino fortgetragene Energie seine Ruhemasse sein muss. Diese kann man aus der maximalen im Spektrometer bestimmten Elektronenenergie rekonstruieren.

Die Forscher hoffen, mit KATRIN eine Neutrino-Masse von weniger als unvorstellbaren 0,2 Elektronenvolt messen zu können. Zum Vergleich: das schwerste bekannte Elementarteilchen, das Top-Quark, das Karlsruhe Forscher vor 16 Jahren mit entdeckt hatten, bringt 173 Milliarden Elektronenvolt auf die Waage.

Nicht nur die Masse der Neutrinos ist für die Forscher interessant. Es geht auch um eines der größten Geheimnisse der Physik, die Frage, warum Teilchen überhaupt eine Masse haben. Am Large Hadron Collider (LHC) am CERN bei Genf wollen Forscher in den nächsten Jahren die experimentellen Lücken im Theoriegebäude schließen. Einer der vier großen Detektoren, die Teilchenspuren aus den Proton-Proton-Kollisionen im Beschleuniger aufzeichnen, ist der Compact Muon Solenoid (CMS), an dem KCETA-Wissenschaftler bereits seit 15 Jahren unter Leitung von Professor Thomas

Müller forschen und an dessen Bau sie maßgeblich beteiligt waren. Mit rund 70 Mitarbeitern stellt das Karlsruher Team die größte deutsche Universitätsgruppe am LHC. Der 14000 Tonnen schwere, Wohnblock-große Koloss befindet sich 100 Meter unter der Erde in einer Kaverne, durch die der LHC-Strahl läuft. »Es ist die komplexeste Anlage, die je gebaut wurde«, sagt Dr. Frank Hartmann vom KIT, stellvertretender Projektleiter des inneren Detektors von CMS. Hundert Millionen elektronische Sensorkanäle werden beim Betrieb des Beschleunigers vierzig Millionen Mal pro Sekunde auf Signale von den Kollisionseignissen hin abgetastet. Die dabei entstehende gewaltige Datenflut wird in einem weltweit vernetzten Rechenzentrum verarbeitet und anschließend an den circa 250 Instituten aus 50 Nationen analysiert. Das »GridKa« am KIT ist eins von elf Hauptknotenpunkten.

»Theorien und Experimente«

»Das Standardmodell der Teilchenphysik ist nicht vollständig«, sagt Müller. Je größer die Energie der Experimente, desto höher sei die Wahrscheinlichkeit, dass neue Phänomene zutage treten. Dazu gehört vor allem der lang ersehnte Existenzbeweis des Higgs-Bosons, das als Verursacher der Masse gilt. Müller erhofft sich auch, dass Teilchen der Supersymmetrie gefunden werden. Solche Partner der uns bekannten Teilchen könnten die Dunkle Materie im Universum erklären. Um diesem Ziel noch näher zu kommen, tüfteln die Karlsruher Wis-

Nachwuchsförderung

Die Forschung am KCETA geht Hand in Hand mit der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Kern der Doktorandenausbildung mit insgesamt etwa 80 Kollegiaten sind das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Graduiertenkolleg »Elementarteilchenphysik bei höchster Energie und höchster Präzision« und ein von dem Land Baden-Württemberg gefördertes Strukturiertes Promotionskolleg. »Die Kollegs waren eine wesentliche Keimzelle für die Gründung unseres Zentrums«, sagt Professor Dieter Zeppenfeld vom Institut für Theoretische Physik. Ohne dessen Doktoranden wäre die KCETA-Spitzenforschung nicht möglich. »Für unsere komplexen Forschungsthemen sind ausgefallene Vorgehensweisen erforderlich, und wir müssen Technologien vorantreiben. Das erleben Studierende und Nachwuchsforscher hautnah«, berichtet Professor Johannes Blümer und ergänzt: »Know-what kann sich jeder verschaffen, Know-how ist entscheidend.«



senschaftler schon an Sensortechnologien für den Detektor der nächsten Generation. Am kommenden Super-LHC soll die Kollisionsrate noch einmal verfünffacht werden.

Die höchsten Energien des Universums finden sich aber in der kosmischen Strahlung. KCETA hat bei der Erforschung dieser Höhenstrahlung eine internationale Führungsrolle eingenommen. Mit dem Alpha Magnetic Spectrometer 02 (AMS-02), das im Mai 2011 mit der Raumfähre Endeavour zur Internationalen Raumstation ISS geflogen wurde, soll nach Antimaterie aus dem Weltall gefahndet werden. Dabei sind zwei Quellen von höchstem Interesse: Einerseits würden Anti-Kerne auf die Existenz von Galaxien hinweisen, die aus Antimaterie bestehen, andererseits kann Antimaterie bei Zusammenstößen von Teilchen der Dunklen Materie gebildet werden.

Auf dem Gelände des KIT selbst wird mit dem Detektor KASCADE-Grande seit zwei Jahrzehnten die Zusammensetzung der kosmischen Höhenstrahlung im mittleren Energiebereich untersucht. Das größte Höhenstrahllexperiment der Welt, das Pierre-Auger-Observatorium, befindet sich in der Argentinischen Pampa. Mit 1600 Wassertank-Detektoren sucht ein internationales Team aus Wissenschaftlern, darunter auch Forscher des KCETA, nach den bei diesen hohen Energien äußerst seltenen Teilchen und

misst ihre Zusammensetzung, Herkunft und Energien. Zusätzlich helfen 24 Fluoreszenz-Teleskope in klaren Nächten, die Partikel über ihre UV-Emissionen in der Luft zu beobachten. Beide Messmethoden gemeinsam ermöglichen einmalige Erkenntnisse. Die Himmelskarte der Forscher zeigt, dass die Strahlung nicht gleichmäßig aus allen Richtungen kommt. »Die Quellen sind sehr wahrscheinlich aktive Galaxienkerne«, vermutet Johannes Blümer, denn viele dieser Teilchen stammen aus solchen Himmelsregionen. Möglicherweise sind Schwarze Löcher in den Galaxienkernen die Quellen dieser Teilchen. Um Gewissheit zu erhalten, soll künftig neben der südlichen auch die nördliche Hemisphäre in den Blick geraten.

Wie ein roter Faden zieht sich die Theorie durch die experimentellen Projekte. Sie schafft mit der Formulierung der wissenschaftlichen Fragestellungen die Grundlagen für die Konzeption der Experimente, beschreibt die Methoden, mit der die Daten analysiert werden und ist Partner bei dem Vergleich der experimentellen Ergebnisse mit den Vorhersagen.

Die Theoriegruppen des KCETA sind spezialisiert auf Berechnungen zur Entdeckung des Higgs-Bosons und supersymmetrischer Teilchen. Die weltweit favorisierte Theorie der Supersymmetrie wurde 1973 in Karlsruhe

Mit KATRIN, der genauesten Waage der Welt, soll die Masse von Neutrinos bestimmt werden. Hier ein Blick in das Hauptspektrometer während der Aufbauphase.

von Julius Wess und Bruno Zumino begründet. Die Gesetze der Quantenphysik erlauben es nicht nur, neue Physik durch hohe Energien zu erforschen. Ein ergänzender Zugang ist Präzisionsphysik, bei der hochgenaue Messungen mit hochpräzisen theoretischen Vorhersagen verglichen werden. Solche theoretischen Berechnungen, die sehr leistungsfähige Computer und innovative Algorithmen erfordern, sind ein weiterer Schwerpunkt der Forschungen in KCETA. Ein »Schönheitsfehler« des Standardmodells besteht darin, dass es nicht erklären kann, warum es überhaupt Materie im Universum gibt, denn eigentlich hätten sich nach dem Urknall Materie und Antimaterie auslöschen müssen. In KCETA wird einerseits untersucht, welche neuen Naturgesetze Materie und Antimaterie asymmetrisch behandeln könnten. Andererseits wird auch der konkrete kosmologische Prozess erforscht, der nach dem Abkühlen des Universums zum Überschuss der Materie geführt hat. ∞

Mehr Informationen
www.kceta.kit.edu

ENERGIE FÜR DIE WELT VON MORGEN

Eine sichere, wirtschaftliche und umweltfreundliche Energieversorgung für eine wachsende Weltbevölkerung zu gewährleisten, ist eine gewaltige Aufgabe, die nicht ohne intensive Forschungsanstrengungen zu lösen ist. Das **KIT-Zentrum Energie**, das mit über 1100 Mitarbeitern eines der größten Energieforschungszentren Europas ist, bündelt Kompetenzen aus unterschiedlichen Disziplinen mit dem Ziel, ein Gesamtkonzept für den Energiemix der Zukunft zu entwickeln. Eine der Aktivitäten des Energiezentrums befasst sich mit Kraftstoffen aus biogenen Quellen.

bioliq® heißt das Verfahren, mit dem in mehreren Schritten aus Bioabfällen synthetischer Kraftstoff entsteht. Zunächst wird die Restbiomasse dort, wo sie anfällt, per Schnellpyrolyse in ein Zwischenprodukt aus Pyrolyseöl und -koks von zehnfach höherer Energiedichte, sogenanntes bioliqSynCrude®, umgewandelt. Dieses lässt sich nun preiswert und umweltschonend in eine zentrale Großanlage befördern, wo es zu einem Synthesegas weiterverarbeitet wird. Daraus lassen sich Diesel- oder Ottokraftstoffe gewinnen, die eine bessere Qualität haben als herkömmliche Biotreibstoffe und sogar Mineralölprodukte. Sie könnten, schätzt die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, bereits 2015 rund 15 Prozent des Bedarfs in Deutschland decken. Professor Eckhard Dinjus, Leiter des KIT-Instituts für Kataly-

seforschung und -technologie, berichtet von einem weltweiten Interesse an bioliq®.

Dem Energiezentrum des KIT kommt eine führende Rolle in der Wissens- und Innovationsgemeinschaft »KIC InnoEnergy« zu, einem eng vernetzten europäischen Konsortium aus Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Universitäten und Business Schools. Das KIT initiierte das Mammutprojekt unter Leitung von Professor Hans-Jörg Bauer, und es koordiniert seinen Aufbau. KIC InnoEnergy konnte sich in einer europäischen Ausschreibung gegen harte Konkurrenz durchsetzen und wird seit 2010 vom Europäischen Institut für Innovation und Technologie (EIT) gefördert. Ziel des ehrgeizigen Unterfangens ist es, durch eine gezielte Stärkung der Innovationskraft eine im umfassenden Sinne nachhaltige Energieversorgung für Europa aufzubauen.

Sechs regionale Knotenpunkte koordinieren jeweils einen Schwerpunkt für alle Partner im Netzwerk. Das Thema in Karlsruhe ist Energie aus chemischen Energieträgern, das fossile und regenerative Energien umfasst. Die Arbeiten zu bioliq® fügen sich hier nahtlos ein, stellen aber nur eine Facette von vielen dar. InnoEnergy knüpft da an, wo übliche Forschungsprogramme enden und konzentriert sich darauf, in Kooperation mit der Industrie Ergebnisse der Energieforschung in wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen umzusetzen und neue Geschäftsfelder zu erschließen. Dies kann nur mit gut ausgebildeten Naturwissenschaftlern und Ingenieuren gelingen, die über umfassende unternehmerische Fähigkeiten verfügen und international vernetzt sind. Im Rahmen von InnoEnergy werden deshalb neue Studiengänge angeboten, die diese Fähigkeiten vermitteln. Dazu gehört auch der Studiengang »Energy Engineering and Management« an der Hector School des KIT, der sich an Studierende richtet, die bereits über mehrere Jahre Berufserfahrung verfügen und sich für zukünftige Führungsaufgaben in der Energiebranche qualifizieren wollen.

Vielartigkeit spiegelt sich auch im KIT-Zentrum Energie selbst: Es betreibt Forschung zu allen wichtigen Energien für Industrie, Haushalt, Dienstleistungen und Mobilität. Etwas Besonderes, um das Gesamtbild von einem idealen Energiemix im Blick zu haben, ist der Forschungsbereich Energiesystemanalyse: Hier bilden Wissenschaftler interdisziplinär Energiesysteme in Modellen ab und untersuchen die Wechselwirkungen mit technischen, politischen, sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Veränderungen. ~

Mehr Informationen
www.energie.kit.edu



Synthesegas aus Biomasse mit bioliq®:
Stroh und andere biogene Reststoffe können fossile Energieträger bei Stromerzeugung, als Kraftstoffersatz oder Grundlage für Chemikalien ersetzen

MOTOR FÜR MOBILITÄT

Wie kann es gelingen, den Transport von Gütern und die Mobilität der Menschen mit den Anforderungen des Umweltschutzes, dem Wunsch nach einem sparsamen und effizienten Umgang mit Energie und unseren Ansprüchen an die Lebensqualität in Übereinstimmung zu bringen? Das **KIT-Zentrum Mobilitätssysteme** stellt sich dieser komplexen Herausforderung, indem es die Forschungsarbeiten von rund 800 Mitarbeitern aus 37 KIT-Instituten in der Struktur eines dynamischen Holdingmodells bündelt.



Testfahrt auf dem Prüfstand: Hier werden verschiedene Verkehrssituationen und die Reaktionen von Fahrzeug und Fahrer darauf simuliert.

Die Welt fährt Auto mit Benzin und Diesel. Gleichwohl wissen wir, dass die fossile Energiequelle Erdöl begrenzt ist. Es kommt also darauf an, neue Ideen und Impulse für die Mobilität der Zukunft zu entwickeln. Zum Beispiel Elektroautos. Ein Handicap der Elektromobilität ist jedoch die noch geringe Reichweite der Fahrzeuge. Zudem sind die Energiespeicher schwer und benötigen viel Platz; sie sind das technische Nadelöhr im Elektrofahrzeug. Noch entscheidender hängt der Markterfolg dieser Fahrzeuge aber vom Batteriepreis ab, der heute noch die meisten Interessenten abhält, ein Elektroauto zu kaufen.

»Das KIT engagiert sich deshalb sehr stark auf dem Gebiet der elektrischen Speicher«, sagt der wissenschaftliche Sprecher des KIT-Zentrums Mobilitätssysteme, Professor Frank Gauterin, »unsere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten reichen hier von den Materialien über die Zellen bis hin zur ganzen Batterie.« Künftig will man am KIT die gesamte Wertschöpfungskette der Elektromobilität abbilden: »Dazu gehören neben der Batterieforschung das Antriebssystem, aber auch das Fahrzeug als

Gesamtsystem und seine Entwicklung vom Konzept bis zur Produktion.«

Ein neuer Baustein im Themenschwerpunkt Batterieforschung ist seit Beginn dieses Jahres das Helmholtz-Institut Ulm für Elektrochemische Energiespeicherung (HIU), mit dem unter Federführung des KIT die umfangreiche Expertise der Partner KIT und Universität Ulm sowie der assoziierten Partner Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) für die Entwicklung effizienter und

leistungsfähiger Batteriesysteme der Zukunft zusammengeführt wird.

Bei der Entwicklung der Elektromobilität kommt es auf Schnelligkeit und interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Forschung an: Parallel zur Gründung des HIU entstand deshalb aus dem KIT-Zentrum Mobilitätssysteme heraus die Initiative zur Gründung des Dachprojektes Competence E, in das sich auch die KIT-Zentren Energie, NanoMikro sowie Klima und Umwelt einbringen.

»Zu den Alleinstellungsmerkmalen des KIT-Zentrums Mobilitätssysteme gehören Systemsicht und Systemverständnis sowie die Implementierung der entsprechenden Prozesse«, betont Frank Gauterin. Denn wenn ein Ingenieur heute zukunftsfähige Fahrzeugkonzepte entwickeln will, brauche er den Überblick über moderne Antriebstechniken und – wie im Fall der Elektromobilität – über Energiespeichersysteme; er müsse sich in den Möglichkeiten des Leichtbaus auskennen, über Fahrer-Fahrzeug-Interaktion und Sicherheit Bescheid wissen, über Verkehrsplanung und darüber, wie seine Konzepte in die Infrastruktur eingebunden werden können. Jüngst hätte zum Beispiel eine KIT-Langzeitstudie ergeben, dass die Generation der unter 30-Jährigen das Auto heute weniger nutzt als früher, während die über 60-Jährigen in dieser eigentlich eher ruhigeren Lebensphase zunehmend intensiv Auto fahren. »Mobilität ist enorm komplex«, kommentiert Gauterin, »immer geht es auch darum, nicht nur ein Detail, sondern das Zusammenspiel von Fahrzeug, Fahrer, Verkehr und Gesellschaft im Auge zu behalten.«

Mehr Informationen
www.mobilitaetssysteme.kit.edu

Competence E am KIT

Seit 01.01.2011 koordiniert das Projekt **Competence E** alle Aktivitäten in den Bereichen Batterieforschung und Elektromobilität am KIT. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung neuer Systemdesigns und der Aufbau von neuen Fertigungsverfahren für kostengünstige Batterien und E-Antriebe. Dabei verfolgen über 250 Forscher einen integrierten Ansatz vom Molekül über die Batterie und den Elektromotor bis hin zum elektrischen Antrieb. Durch die Verbindung von Grundlagen mit industriellen Prozess- und Fertigungstechnologien wird die Lücke zwischen Forschung und industrieller Produktion geschlossen.

Mehr Informationen: www.competence-e.kit.edu

DEN WANDEL VERSTEHEN

Umwelt- und Klimawandel, demographische, technische und ökonomische Entwicklungen verändern die Lebensbedingungen wie nie zuvor. Eine große Aufgabe für die Forschung: Am **KIT-Zentrum Klima und Umwelt** arbeiten interdisziplinäre Teams daran, die Ursachen von Umweltproblemen zu verstehen und Wege und Technologien zu suchen, sich an veränderte Verhältnisse anzupassen. Schwerpunkte sind Atmosphären-, Wasser- und Klimaforschung, die Ergründung von Naturkatastrophen und Risikomanagement, die Erforschung der Prozesse im Untergrund, der städtischen Ballungsräume und der Umgang mit begrenzten Ressourcen.



Auf der Zugspitze betreibt das Institut für Meteorologie und Klimaforschung des KIT die höchstgelegene Forschungsstation Deutschlands.

Wie kostbar Wasser ist, wissen am besten jene, die nicht viel davon haben. In der Region Gunung Kidul an Javas Südküste etwa liegt in der Trockenzeit die Landwirtschaft brach, und oft müssen die Menschen hier mit nur 10 Liter Wasser pro Person und Tag auskommen. Zudem ist der Kalksteinboden hier so porös, dass die Niederschläge der Regenzeit durchsickern; sie fließen über ein unterirdisches Höhlennetz in den Indischen Ozean. Dieses Wasser zu erschließen und für die Menschen nutzbar zu machen, ist Ziel des Verbundprojekts »Integriertes Wasserressourcen-Management Indonesien« (IWRM), an dem mehr als 30 KIT-Wissenschaftler beteiligt sind.

»Wir entwickeln nachhaltige Technologien, die zur Situation und den Menschen vor Ort passen«, sagt Projektleiter Professor Franz

Nestmann. »Dafür brauchen wir Experten aus allen Disziplinen: von der Wasserwirtschaft über die Geotechnik bis zur Mikrobiologie.« Das Team will nicht nur die Wasserspeicher erschließen, sondern auch das Leitungsnetz, die Qualität des Trinkwassers und die Abwasserentsorgung verbessern. Ein Pilotprojekt ist bereits erfolgreich abgeschlossen: Als erste weltweit haben die Forscher eine Karsthöhle voll eingestaut. Die so gewonnene Wasserkraft treibt eine Förderanlage an, die 75 000 Menschen mit Wasser versorgen kann, und das zu geringen Kosten. Mit einer Kampagne wollen die Forscher die Bewohner einbeziehen, indem sie über den Wasserkreislauf, Abwasser und Trinkwasser informieren und ihnen die Scheu vor den neuen Technologien nehmen. Eine weitere Pilotanlage ist in Planung, und auch andere Länder Südostasiens haben bereits Interesse an einer Zusammenarbeit bekundet.

»Das natürliche Gleichgewicht auf der Erde ist in Gefahr.«, erklärt Professor Johannes Orphal, Sprecher des Zentrums. »Aber es fehlt an Grundlagenforschung. Was sind die Ursachen, wie kann man den Folgen begegnen?« Eine der schwersten globalen Erkrankungen ist zweifellos der anthropogene Treibhauseffekt. Mit neuen Instrumenten und Messmethoden diagnostizieren KIT-Wissenschaftler die Zusammensetzung der Atmosphäre. Sie konzentrieren sich nicht allein auf anthropogene Treibhausgase. So gelang es einer Forscher-Gruppe, mit Satelliten-Messungen von schwerem Wasserdampf in der oberen Atmosphäre Hinweise zur vertikalen Luftmassenzirkulation zu gewinnen. Wasserdampf spielt nicht nur in der Strahlungsbilanz der Stratosphäre eine Rolle, sondern auch für deren Chemie und damit für Prozesse, die den Abbau der Ozonschicht begünstigen. »Wasser ist ein wichtiges Treibhausgas«, erläutert Dr. Gabriele Stiller vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung des KIT, »und seine Konzentrationen in der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre sind von größter Relevanz für den Klimawandel.«

Das Verständnis der Mechanismen, die das Klimasystem treiben, ist die eine Seite der Aktivitäten am Zentrum; die andere ist auf praktische Strategien ausgerichtet, um der aktuellen Situation zu begegnen: etwa in Projekten zur CO₂-Speicherung, zur Luftqualität oder zu einer verbesserten Ressourcennutzung. Kürzlich wurde am KIT ein Verfahren erfolgreich weiterentwickelt, mit dem Phosphor – ein endliches und lebenswichtiges Element – aus Abwasser zurückgewonnen werden kann. Und 2010 erhielten KIT-Forscherinnen und Forscher einen Umwelt- und einen Innovationspreis für die Entwicklung eines elektrostatischen Rußabscheiders für die nahezu vollständige Rußentfernung aus Kleinf Feuerungsanlagen. Ein wichtiger Schritt zur Reinhaltung der Luft in unseren Städten und Gemeinden. Sogar die Verbreitung isländischer Vulkanasche lässt sich mit den Instrumenten des KIT nachweisen. Dafür kam ein auf der Zugspitze installiertes Lasermessgerät zum Einsatz, das KIT-Wissenschaftler entwickelten. ∞

Mehr Informationen

www.klima-umwelt.kit.edu

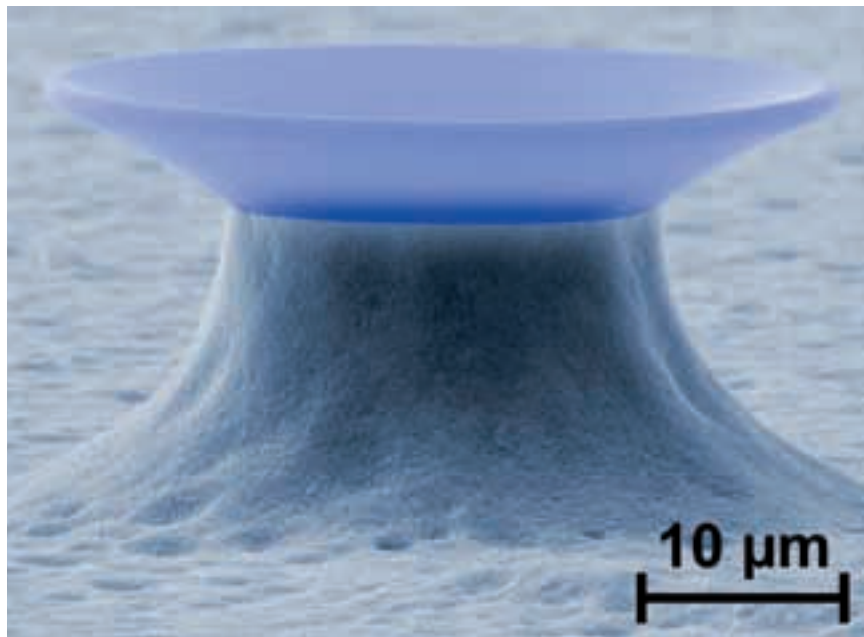
KLEIN, KLEINER, AM KLEINSTEN

Der wissenschaftliche und technologische Vorstoß in immer kleinere Dimensionen zeigt immer mehr Erfolge. Das **KIT-Zentrum NanoMikro** schafft durch Grundlagenforschung eine breite Wissensbasis und bereitet den Weg zur praktischen Anwendung. Wächst das Verständnis, wie die Welt des Nano- und Mikrokosmos beschaffen ist, können die ungewöhnlichen Fähigkeiten winziger Materie-Bausteine technisch genutzt werden: Es können neue Materialien entstehen, zusätzliche Effekte und Funktionalitäten – an Grenz- und Oberflächen, für Anwendungen in der Elektronik oder Photonik und sogar in der Biologie.

An Stammzellen knüpfen sich große Hoffnungen der regenerativen Medizin. Weil sie zu spezialisierten Körperzellen wie Herz- oder Nervenzellen heranwachsen, sich »differenzieren«, sollen sie einmal krankes oder fehlendes Gewebe ersetzen können. Wie sich die potenten Winzlinge aber spezialisieren, wie Zellen funktionieren, miteinander wechselwirken und wandern, lässt sich am besten in Zellkulturen beobachten. »Wir untersuchen systematisch möglichst viele Faktoren, die das Verhalten einer Zelle bestimmen«, erläutert Martin Bastmeyer, Professor für Zell- und Neurobiologie. Dazu gehören nicht nur Wachstumsfaktoren und Signalmoleküle, sondern auch eine geeignete Umgebung.

Die klassische Petrischale ist nicht nur hart, sondern auch zweidimensional – ein äußerst unnatürliches Nest für eine Zelle. Deshalb ha-

ben KIT-Forscher eine Methode entwickelt, um ein künstliches Milieu zu schaffen, das dem natürlichen so ähnlich wie möglich ist. Beim Direkten Laserschreiben, einem fotolithografischen Verfahren, erzeugen ultrakurze Laserimpulse in Fotolacken definierte Mikro- und Nanostrukturen. Durch die Lichtenergie verfestigen sich die Polymere im Lack; die belichteten Strukturen bleiben erhalten, nicht belichtete werden herausgelöst. Das Ergebnis sind weiche, elastische und dreidimensionale Wachstums-substrate, die anschließend mit Proteinen beschichtet werden. In diesen definierten 3D-Umgebungen können die Forscher das Verhalten von Zellkulturen studieren. Eine Ausgründung des KIT fertigt und vertreibt bereits solche 3D-Laserlithografie-Geräte. Ursprünglich wurden diese Geräte für Anwendungen in der Photonik entwickelt, nun sind sie auch Werkzeuge für die regenerative Medizin.



Die Nanowissenschaften bringen Forschern noch überwiegend Grundlagenkenntnisse, die Mikrosystemtechnik hingegen ist schon ein Feld der Praxis und der Ingenieure. »Sie können voneinander profitieren«, sagt Professor Horst Hahn, Sprecher des Zentrums NanoMikro. »Wir haben auf engstem Raum starke Expertise in beiden Bereichen. So können wir Grundlagenergebnisse schneller zu Anwendungen bringen.« Mittelfristig peilen etwa auch das Team von Professor Heinz Kalt vom Center for Functional Nanostructures und eine Nachwuchsgruppe um Dr. Timo Mappes am Institut für Mikrostrukturtechnik die Serienfertigung an. Mit einem speziellen thermischen Aufschmelzverfahren haben sie eine neue, besonders effiziente Quelle für Laserlicht geschaffen: polymere Mikrokelche als optische Resonatoren. Mit ihnen lassen sich zum Beispiel Biomoleküle und Gefahrstoffe nachweisen, ohne dass zusätzliche Marker wie fluoreszierende Proteine oder Nanopartikel nötig wären. Denkbar ist auch, sie als Filter in der optischen Datenübertragung zu nutzen oder als Quelle zur Erzeugung von nicht-klassischem Licht, eine Basis für künftige Quantencomputer.

Oft ist es eine Idee, die am Ende ein innovatives Ergebnis hervorbringt. Manchmal, berichtet Hahn, melde aber auch die Industrie Bedarf an. So geschah es in der Forschung an neuen elektrochemischen Energiespeichern, etwa für Anwendungen in der Elektromobilität und der regenerativen Energien. Die Industrie hat bei diesem sehr anwendungsorientierten Thema großes Interesse an den am KIT vorhandenen Erfahrungen zu Nanomaterialien, Prozesstechnik und Charakterisierung gezeigt. Mittlerweile sind daraus mehrere enge Kooperationen mit Unternehmen in der Chemie- und Automobilindustrie entstanden, in denen das KIT an den Batterien der Zukunft arbeitet. ~

Mehr Informationen
www.nanomikro.kit.edu

Polymere Mikrokelche – hier aufgenommen mit einem Rasterelektronenmikroskop – können als optische Resonatoren für Laserlicht dienen.

FORSCHUNG AM KIT – HIGHLIGHTS



UHREN-GENE:

Fast alle Lebewesen verfügen über einen Biorhythmus, mit dem sie sich auf den Wechsel von Tag und Nacht einstellen. Warum und wie diese innere Uhr tickt, enthüllten Untersuchungen von KIT-Forschern am Zebrafisch: Ein lichtempfindliches Modul löst die entsprechende Genaktivität aus. So schlagen alle Zellen im selben Takt.

LEHRMEISTER NATUR:

Der Schwimmfarn hat die bemerkenswerte Fähigkeit, sich unter Wasser in eine hauchdünne, stabil bleibende Haut aus Luft zu hüllen, an der Wasser einfach abperlt. Diesen Salvinia-Effekt entdeckten Forscher aus Karlsruhe, Bonn und Rostock und ließen sich davon inspirieren: Schiffe, deren Rümpfe mit einer solchen Lufthülle beschichtet sind, könnten mit verringerter Reibung durch das Wasser gleiten und würden deutlich weniger Treibstoff verbrauchen.

STANDFESTE MAUERN:

Um Gebäude in Erdbebengebieten besser abzusichern und bereits geschädigtes Mauerwerk wieder zu stabilisieren, entwickelten KIT-Forscher in einem EU-Projekt eine »intelligente Tapete«, ein Verstärkungssystem aus Textilmaterial und Mörtel. Das System testen sie an einem beschädigten Gebäude im italienischen Pavia. Für ihren

Verbundwerkstoff erhielten sie den »JEC Innovation Award 2010«.

INFEKTIONSSCHUTZ:

Wenn sich an Implantaten Bakterien ansiedeln und Biofilme bilden, wird es für Patienten gefährlich. KIT-Wissenschaftlern ist es gelungen, eine Schutzschicht aus antimikrobiellen Peptiden (AMPs) zu entwickeln. Sie verhindert den Bewuchs mit Bakterien, die Bildung von Biofilmen und bannt so die Infektionsgefahr. Die Wirksamkeit der Beschichtung konnten die Forscher im Tierversuch ebenso nachweisen wie ihre Verträglichkeit mit Körperzellen.

TARNKAPPE IN 3D:

Schon im vergangenen Jahr gelang es Karlsruher Forschern erstmals, ein dreidimensionales Objekt im Infrarotlicht unsichtbar zu machen. Jetzt konnten sie die Struktur der Tarnkappe so verfeinern, dass sie auch im sichtbaren Bereich des Lichts wirkt. Dabei werden Lichtwellen so gelenkt, dass sie die Tarnkappe wieder verlassen, als ob sie mit dem getarnten Objekt gar nicht in Berührung gekommen wären – mit einer Strukturierung des Tarnmaterials im Nanomaßstab.

GESCHWINDIGKEITSREKORD:

Mit einem neuen optisch-elektrischen Verfahren zur Datendekodierung, bei dem die Bitrate erst optisch reduziert und dann elektrisch weiterprozessiert wird, über-

trumpften KIT-Wissenschaftler nun ihren eigenen Weltrekord von 2010 noch einmal. Sie konnten Datenraten von 26 Terabit pro Sekunde auf einem einzigen Laserstrahl kodieren, 50 Kilometer weit übertragen und dann wieder dekodieren. So lässt sich der Inhalt von 700 DVDs in nur einer Sekunde verschicken.

SCHRAUBENGELLENKE:

Schrauben und Muttern kennen wir bislang nur aus der Technik. Nun entdeckten Karlsruher Forscher, dass die Natur sie vermutlich schon vor 100 Millionen Jahren erfunden hat. Rüsselkäfer verbinden mit derartigen biologischen Schraubengewinden die beiden Teile ihrer Hüftgelenke; dadurch können sie viel besser klettern. Die Forscher untersuchten die winzige Konstruktion mittels Synchrotronstrahlung.

SMART HOME:

Ein Fertighaus-Prototyp, ausgestattet mit einer Photovoltaik-Anlage und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung, bindet auch Elektrofahrzeuge in die Steuerung des Haushalts ein: Die Autobatterie nimmt in Niedriglastzeiten, etwa nachts, überschüssigen Strom auf und speist ihn wieder ein, wenn er gebraucht wird. Das Smart Home entstand auf dem Gelände des KIT im Rahmen von MeRegioMobil, einer Forschungsinitiative von Wirtschaft und Wissenschaft mit Beteiligung des KIT.



Herausgeber: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Universität des Landes Baden-Württemberg und nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft (www.kit.edu), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe | Verantwortlich: Dr. Joachim Hoffmann, Leiter Kommunikation KIT | Mitarbeit: Justus Hartlieb, M.A., Presse, Kommunikation und Marketing KIT.
Eine Publikation von: Spektrum der Wissenschaft *CUSTOM PUBLISHING* (www.spektrum.de/cp), Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg | Leitung: Dr. Joachim Schüring | Redaktion: Dieter Beste, Marion Kälke, Kosta Schinarakis | Gestaltung: Karsten Kramarczik | Bildnachweis: KIT, CERN.