

# RESEARCH TO BUSINESS

Kunden-Newsletter Innovation

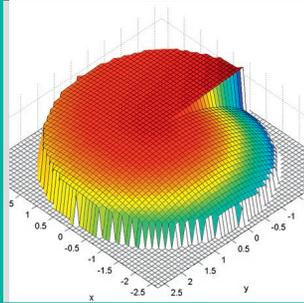
Ausgabe 2|2014



## INNOVATIONS-PROJEKT

KIT-Experten arbeiten an Projekten zu Telepräsenz, digitaler Kunst und Chirurgie.

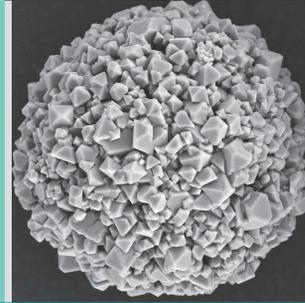
Seite 3



## TECHNOLOGIE-TRANSFER

Ein optisches System, dessen Fokus sich durch Drehen der Linsen einstellen lässt.

Seite 5



## TECHNOLOGIE-TRANSFER

Neuartiges Kathodenmaterial erhöht die Energiedichte von Lithium-Ionen-Akkus.

Seite 6

## Editorial



### Lösungsorientiert Handeln

Technologietransfer bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen – und beide Seiten profitieren. Das KIT kann seine Erkenntnisse für die Gesellschaft nutzbringend einsetzen und bekommt einen Einblick in die Bedürfnisse des Marktes. Die Wirtschaft erhält Zugang zu den neuesten Forschungsergebnissen. Es gilt aber auch, Herausforderungen zu meistern: Beide Seiten müssen sich auf die Kultur ihrer Verhandlungspartner einlassen und auf das gemeinsame Ziel des wirtschaftlichen Erfolges hinarbeiten – auch wenn sie dazu vielleicht einmal von gewohnten Wegen abweichen müssen. So ist es möglich, zeitnah zu fairen Vereinbarungen zu kommen. Erfolgreiche Projekte basieren deshalb nicht nur auf Technologien, sondern auch auf Vertrauen, Mut und lösungsorientiertem Handeln.



Dr. Jens Fahrenberg, Leiter  
KIT-INNOVATIONSMANAGEMENT

## Aus Ideen werden Produkte

Das KIT bietet kleinen und mittelständischen Unternehmen unkomplizierten Zugang zu Expertenwissen für die Entwicklung innovativer Produkte.

Am KIT entsteht Wissen in unterschiedlichsten Fachgebieten. Und möglicherweise gibt es irgendwo ein Unternehmen, das genau dieses Wissen braucht, um ein Produkt zu entwickeln oder zu verbessern. „Wir kümmern uns darum, dass die Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft zueinander finden“, sagt Dagmar Vössing, Leiterin des Fachbereichs Business Development beim KIT-Innovationsmanagement (IMA). Wenn möglich werden die Forschungsergebnisse des KIT als geistiges Eigentum in Patenten geschützt. Technologietransferprojekte bieten Unternehmen die Möglichkeit, dieses geistige Eigentum des KIT für die Entwicklung marktfähiger, vorab definierter Produkte zu nutzen. In der Regel wird dazu zwischen dem Unternehmen und dem KIT ein Kooperations- und Lizenzvertrag geschlossen. Das Unternehmen, das beteiligte KIT-Institut sowie das KIT-Innovationsmanagement finanzieren und stemmen dann gemeinsam ein auf sechs bis vierundzwanzig Monate angelegtes Projekt. „Gerade kleineren und mittelständischen Unternehmen erleichtern wir damit den Zugang zu Forschungsergebnissen. Wir unterstützen nicht nur finanziell über den KIT-Innovationsfonds, sondern leisten auch Hilfestellung beim Projektmanagement und beim Con-



Tobias Krebs (links) von der Firma Vitrocell und die KIT-Mitarbeiter Hanns-Rudolf Paur und Sonja Mülhopt mit dem gemeinsam entwickelten Analysegerät.

trolling“, sagt Dr. Rainer Körber, der bei IMA für Technologietransferprojekte zuständig ist. So hat die mittelständische Firma Vitrocell im Rahmen eines Technologietransferprojekts gemeinsam mit KIT-Wissenschaftlern der Institute für Technische Chemie (ITC) und Toxikologie und Genetik (ITG) ein Analysegerät entwickelt, das es erlaubt, die Wirkung von feinsten Partikeln in der Luft auf die Zellen der menschlichen Lunge zu testen. Neben dieser produktorientierten Kooperation gibt es weitere Möglichkeiten der Zusammenarbeit. Zum einen die Auftragsforschung, bei der das KIT als Auftragnehmer ein vorab festgelegtes Pflichtenheft bearbeitet. Zum anderen die Forschungskooperation, bei der

ein Unternehmen und das beteiligte KIT-Institut sich einem gemeinsamen Forschungsthema widmen. Hier gibt es zudem vielfältige Formen der öffentlichen Förderung, sowohl auf regionaler, nationaler als auch EU-Ebene. Vom Technologietransfer profitieren beide Seiten. Gerade kleinere Unternehmen können den Sprung von der Idee zum Produkt oft nicht allein schaffen. Aber auch für das KIT ergeben sich Vorteile: die Institute und Wissenschaftler erhalten Einblicke in aktuelle Markttrends und Bedürfnisse der Industrie. Auch die Kooperation zwischen dem KIT und der Firma Vitrocell war für beide Seiten erfolgreich: Das Analysegerät ist bereits im Einsatz und das nächste Projekt schon geplant.



Die drei Gründer von OPVengineering: Christian Stier, Martin Geier und Steffen Jäger (v. l. n. r.).

## Dynamik für den Prüfstand

Das KIT-Spin-off OPVengineering entwickelt intelligente Prüfstands-lösungen für moderne Antriebssysteme.

Die Automobilbranche geht seit einiger Zeit neue Wege, um den traditionellen Verbrennungsmotor zu optimieren, aber auch Alternativen, wie Elektro- und Hybridantriebe, anzubieten. All diese Automobilantriebe müssen sicher, komfortabel und zuverlässig funktionieren, bevor der Kunde sie einsetzt. Während der Entwicklungsphase werden die einzelnen Komponenten daher unter realistischen und kundenrelevanten Bedingungen getestet, oft mithilfe von Prüfständen.

Die OPVengineering GmbH hat sich auf die Entwicklung von intelligenten Lösungen zur modellbasierten Regelung von Prüfständen spezialisiert. Martin Geier, Steffen Jäger und Christian Stier haben das Unternehmen 2013 aus dem

KIT heraus gegründet und profitieren seit 2014 von der Förderung durch das Programm „Junge Innovatoren“. Erfahrungen mit Projekten zu Planung, Bau, Integration und Betrieb von Prüfständen haben die Ingenieure bereits in der KIT-Forschungsgruppe Antriebstechnik am IPEK – Institut für Produktentwicklung gemacht. „Dabei haben wir festgestellt, dass in der Industrie ein großer Bedarf an intelligenten Prüfstands-lösungen besteht“, sagt Steffen Jäger.

Ein Prüfstand besteht im Wesentlichen aus leistungsstarken Elektromotoren, mit denen das zu prüfende System belastet wird. Dabei werden bisher vorwiegend vorgegebene Belastungsprofile angewandt. „Ein aussagekräftiger Test am Prüfstand funktioniert wie die zwischen-

menschliche Kommunikation. Das Abarbeiten von vorgegebenen Profilen entspricht dagegen dem Versuch, sich mit einer Tonbandaufnahme zu unterhalten“, sagt Martin Geier. Obwohl das Fahrzeug auf dem Prüfstand nicht vollständig aufgebaut ist, müssen Wechselwirkungen zwischen der zu prüfenden Komponente, dem Rest des Fahrzeugs und der Umgebung berücksichtigt werden, beispielsweise das Abwürgen des Motors oder das Fahren auf vereister Straße. Dafür wird das Fahrzeug mithilfe hochdynamischer Echtzeitmodelle hinzusimuliert. „Die meisten Prüfstandssysteme sind jedoch für dynamische Anwendungen und die Berücksichtigung komplexer Wechselwirkungen noch nicht ausgerüstet – hier kommen unsere Lösungen zur Signalverarbeitung und zur modellbasierten Regelung ins Spiel“, erklärt Christian Stier.

Die drei Gründer entwickeln neben ihren Standardanwendungen auch auf individuelle Kundenbedürfnisse zugeschnittene Lösungen. Die Kernelemente sind echtzeitfähige Modelle des Verbrennungsmotors und anderer Antriebskomponenten, des Reifen-Fahrbahn-Kontakts sowie Regler zum stabilen Prüfstandsbetrieb. Die von OPVengineering entwickelten Lösungen funktionieren auf den unterschiedlichsten Hardware-Plattformen und bieten dem Anwender eine neuartige, webbasierte Benutzeroberfläche.

### KONTAKT

OPVengineering GmbH  
Steffen Jäger  
IPEK - Institut für Produktentwicklung  
Reinhard-Baumeister-Platz 1, 76131 Karlsruhe  
Telefon: +49 (0) 7259 5383 402  
E-Mail: [steffen.jaeger@opvengineering.de](mailto:steffen.jaeger@opvengineering.de)  
Homepage: <http://opvengineering.de>

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

## »»»» NEUES AUS DER FORSCHUNG

### »»»» Übersichtliche Navigationsgeräte

Um die Darstellung und Beschriftung auf kleinen, mobilen Bildschirmen, wie Smartphones oder Navigationsgeräte, übersichtlich zu halten, haben Informatiker am KIT eine Methode entwickelt, um die mathematisch optimale Anpassung von Beschriftungen an Perspektive und Fahrtrichtung zu gewährleisten. Das auf fundierten, leistungsfähigen Algorithmen basierte Verfahren führt die Beschriftung einer Karte hinsichtlich Lesbarkeit, Rechenzeit und Informationstiefe sinnvoll durch, indem es sich auf eine konstante Anzahl von Beschriftungen im gegebenen Ausschnitt beschränkt.

[www.kit.edu/kit/pi\\_2014\\_15080.php](http://www.kit.edu/kit/pi_2014_15080.php)

### »»»» Baumpforschung für Bauteile

Professor Claus Mattheck und seine Arbeitsgruppe am KIT haben die Prinzipien, wie Bäume sich entwickeln und reparieren, früh erkannt und sukzessive auch auf die Optimierung von Bauteilen bezüglich Leichtbau und Dauerfestigkeit übertragen. Diese grundlegenden Mechanismen, nach denen sich Bäume in der Natur entwickeln und reparieren, beruhen auf dem Axiom konstanter Spannung, die Regel von der gerechten Lastverteilung auf der Baumoberfläche. Die KIT-Forscher übertragen die von der Natur abgeschauten Prinzipien auf mechanische Bauteile und ließen sie entsprechend „wachsen“.

[www.kit.edu/kit/pi\\_2014\\_15095.php](http://www.kit.edu/kit/pi_2014_15095.php)

### »»»» Sicheres Wasser

Ein solarbetriebenes Filtersystem, das aus verschmutztem Brackwasser hochwertiges Trinkwasser erzeugen kann, haben die Wasseringenieurin Professor Andrea Schäfer und der Experte für Photovoltaik Professor Bryce Richards, entwickelt und in Tansania erfolgreich getestet. Ihre Ergebnisse werten sie am KIT aus. Das System verbindet zwei Membranverfahren, um kleinste Partikel, Bakterien, Viren sowie gelöste Verunreinigungen herauszufiltern. Da das Filtersystem robust und autonom mobil ist, eignet es sich gut für die Wasserversorgung in armen und ländlichen Gebieten.

[www.kit.edu/kit/pi\\_2014\\_15183.php](http://www.kit.edu/kit/pi_2014_15183.php)

## Spaziergang durch die virtuelle Welt

Wissenschaftler am Lehrstuhl für Intelligente Sensor-Aktor-Systeme arbeiten an interdisziplinären Projekten, die von der Telepräsenz und Archivierung digitaler Kunst bis zur Chirurgie reichen.

Telepräsenz bedeutet, virtuell an einem Ort zu sein, der sich vom realen Aufenthaltsort unterscheidet. „Wie war der Ausflug in die virtuelle Realität?“ fragt Professor Uwe Hanebeck Besucher, die zu ihm an das Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR) kommen. An Professor Hanebecks Lehrstuhl für Intelligente Sensor-Aktor-Systeme (ISAS) beschäftigen sich die Wissenschaftler unter anderem mit der weiträumigen Telepräsenz. „Während Spieler von Computerspielen sich meist am Schreibtisch nur mithilfe von Tastatur oder Maus durch die virtuellen Welten bewegen, kann der Benutzer einer weiträumigen Telepräsenz-Anwendung wirklich darin umhergehen“, erklärt Florian Faion, Doktorand am ISAS.

Um einen Ausflug in die virtuelle Welt zu unternehmen, betritt der Besucher eine etwa 30 Quadratmeter große Versuchsfläche in einem Informatiklabor. Diese Fläche wird von allen Seiten mit Kameras erfasst, um die Position und Orientierung des Benutzers zu bestimmen. Zum Eintauchen in die virtuelle Realität setzt sich der Besucher eine Brille auf, in der die visuellen Eindrücke dargestellt werden. Zusätzlich trägt der Ausflügler einen Rucksack, in dem ein Laptopcomputer zur drahtlosen Übermittlung dieser Daten steckt.

Ohne das Labor zu verlassen kann der Besucher jetzt durch Welten gehen, in denen seine reale Anwesenheit unmöglich wäre. Ein Architekt kann so beispielsweise seine zukünftigen Bauwerke betreten.



Ein Mitarbeiter des ISAS im Informatik-Labor zur weiträumigen Telepräsenz; virtuell macht er vielleicht gerade einen Spaziergang auf dem Mars.

Er kann sich in dem mithilfe der Planungsdaten erstellten virtuellen Gebäude umsehen, den Blick schweifen lassen und die Licht- und Raumwirkung erleben. Ein Ingenieur kann sich mittels der Telepräsenz auch an Orte begeben, die für Menschen zu gefährlich sind. Beispielsweise könnte er in dem havarierten Reaktor von Fukushima aufräumen, indem er sich dort von einem mobilen Roboter vertreten ließe. Die Bewegungen des Ingenieurs würden dazu auf den Roboter übertragen.

Hinter all diesen Anwendungen der weiträumigen Telepräsenz steckt langjährige Forschung und Entwicklung bezüglich der Datenerfassung, Verarbeitung und Auswertung. Häufig soll dem Besucher der Eindruck vermittelt werden, dass er in der virtuellen Welt wei-

te Strecken zurücklegt, etwa dass er durch große Hallen oder entlang eines langen Ganges geht. Da in der Realität nur die etwa 30 Quadratmeter große Versuchsfläche zur Verfügung steht, muss die Bewegung komprimiert werden. Dazu werden die über die Brille eingespielten Bilddaten aus der virtuellen Welt so modifiziert, dass der Benutzer auf einen gekrümmten Pfad geführt wird, ohne dies jedoch zu merken.

Das zentrale Arbeitsgebiet von Professor Hanebeck ist die System- und Schätztheorie. „Wir werden oft gefragt, warum wir schätzen und Wahrscheinlichkeiten berechnen und nicht exakte Ergebnisse präsentieren“, sagt Professor Hanebeck. Viele Phänomene der Natur, beispielsweise die Ausbreitung von Schadstoffen in der Luft, lassen sich eben nur durch Wahrscheinlichkeiten, nicht aber exakt beschreiben. Ein anderes Beispiel sind Spam-Filter für E-Mails. Es gibt keine universelle Regel, die beschreibt, welche Information für den individuellen Empfänger relevant ist. Ein Spam-Filter arbeitet daher mit Wahrscheinlichkeiten. Schließlich gibt es Systemzustände, wie beispielsweise „guter Schlaf“, die der direkten Messung unzugänglich sind. Hier können Sensordaten zur Atmung, zum Blutdruck oder zu den Hirnströmen herangezogen werden, um so indirekt auf die Qualität des Schlafes zu schließen. Bei diesen und ähnlichen Anwendungen liegt die Kunst darin, aus möglicherweise fehlerhaften oder unvollstän-

digen Sensordaten die bestmöglichen Ergebnisse zu erhalten.

Der Lehrstuhl für Intelligente Sensor-Aktor-Systeme zeichnet sich durch eine sehr enge Verzahnung von Theorie und Praxis aus. Um Maschinen noch effizienter zu steuern, ihnen beizubringen, aus Erfahrung zu lernen und vielleicht sogar intuitiv die Absichten von Menschen zu erkennen, entwickeln die Wissenschaftler Modelle, Näherungsverfahren und Algorithmen. In Rahmen von Projekten kommen am Institut ganz unterschiedliche Menschen zusammen. Das ISAS arbeitet mit dem ZAK | Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale, dem ZKM | Zentrum für Kunst und Medientechnologie aus Karlsruhe zusammen, um digitale und mediale Kunstwerke in der virtuellen Welt auszustellen und zu archivieren. Ein weiteres Projekt des ISAS hilft Chirurgen, Operationen noch präziser und für den Patienten schonender durchzuführen.

Das Arbeitsumfeld der Wissenschaftler ist also äußerst vielfältig: sie arbeiten interdisziplinär, kommunizieren mit Mensch und Maschine und unternehmen dabei gelegentlich Ausflüge in die virtuelle Welt.

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort
- <http://isas.uka.de>
- [www.informatik.kit.edu/1323.php](http://www.informatik.kit.edu/1323.php)
- [www.zak.kit.edu](http://www.zak.kit.edu)
- [www.zkm.de](http://www.zkm.de)



Der Flur des Instituts für Anthropomatik und Robotik (IAR): Links die Fotografie, rechts die Perspektive eines virtuellen Besuchers.

## Magnetische Leuchtmarker

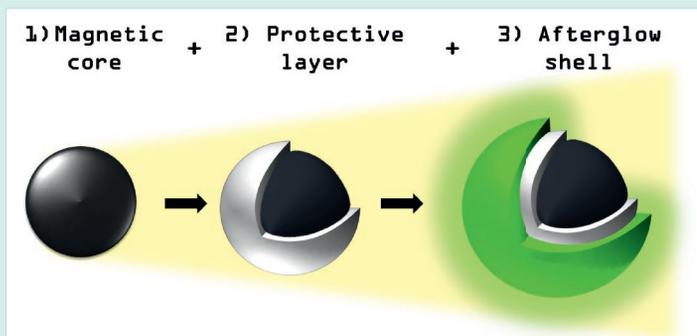
Nachleuchtende magnetische Nanopartikel markieren Moleküle in Lebewesen und helfen bei der Qualitätsprüfung von Membranen.

Um bestimmte Moleküle zu finden, markieren Biologen oder Mediziner diese häufig mit Leuchtstoffpartikeln. Besonders praktisch ist es, wenn diese Leuchtstoffpartikel gleichzeitig magnetisch sind. Die an magnetische Leuchtmarker gebundenen Moleküle können dann mithilfe von Magneten eingesammelt werden. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise Stammzellen von gewöhnlichen Blutzellen trennen.

In biologischen und chemischen Laboren stehen heute Marker zur Verfügung, die gleichzeitig

leuchten und magnetisch sind. Um die Marker zum Leuchten zu bringen, ist jedoch eine spezielle Lichtquelle nötig. Sobald die Lichtquelle ausgeschaltet wird, verschwindet auch das Leuchten. Dieses als Fluoreszenz bezeichnete Leuchten ist nur mit aufwändigen Verfahren und teuren Fluoreszenzmikroskopen nachzuweisen. Ein weiterer Nachteil ist, dass auch einige in der Natur vorkommende Stoffe fluoreszieren und daher den Nachweis stören können.

Wissenschaftler des KIT-Instituts für Funktionelle Grenzflächen (IFG) und der Universität Siegen haben magnetische Leuchtstoffe entwickelt, die auch nach Abschalten der Lichtquelle noch nachleuchten. Dieses als Phosphoreszenz bezeichnete Leuchten ist einfach nachzuweisen, da die Leuchtstoffe vor einem dunklen Hintergrund hervortreten und es in natürlichen Organismen praktisch keine phosphoreszierenden Stoffe gibt.



Die etwa 50 bis 100 Nanometer großen Leuchtmarker bestehen aus einem magnetischen Kern (schwarz), einer Schutzschicht (grau) und einer phosphoreszierenden Hülle (grün).

Die in einem mehrstufigen Verfahren produzierten nachleuchtenden Marker bestehen aus einem magnetischen Kern von etwa 20 Nanometer Durchmesser. Dieser Kern ist von zwei Schichten umhüllt: einer Schutzschicht aus Siliziumdioxid und einer Schicht aus dem phosphoreszierenden Leuchtstoff. Der Leuchtstoff besteht aus einem anorganischen Material, das lange haltbar, stabil und ungiftig ist. Eine mögliche weitere äußere Schutzschicht aus Siliziumdioxid macht die Leuchtmarker zudem wasserfest und biokompatibel, also geeignet für den Einsatz in lebenden Organismen.

Die magnetischen Leuchtstoffpartikel sind noch in äußerst geringer Konzentration nachweisbar. Daher eignen sie sich auch für die Qualitätsprüfung von Membranen, wie sie beispielsweise zur Reinigung von Trinkwasser eingesetzt werden. Das KIT sucht Partner, die die Technologie weiterentwickeln und einsetzen möchten.

### ARTIKEL INTERESSANT FÜR

- Pharmazie
- Biologie
- Chemie
- Lebensmittelchemie
- Medizintechnik
- Nanotechnologie
- Filtertechnologie

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

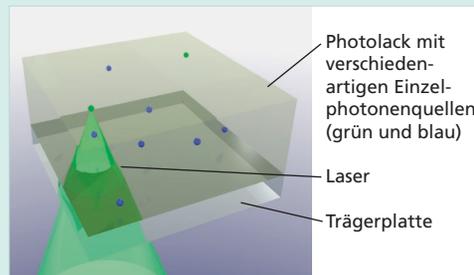
## Bauen mit Photonen

Lasergefertigte Photonikchips zum Einsatz in Quantencomputern.

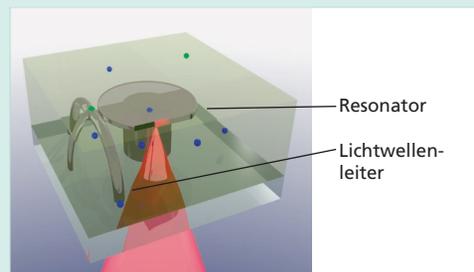
Quantencomputer arbeiten mit einzelnen Photonen, also Lichtteilchen, und sollen eines Tages viel schneller rechnen können als alle bisherigen Computer. Einzelne Photonen spielen auch in neuartigen Systemen zur abhörsicheren Übertragung von Nachrichten eine Rolle. Diese als Quantenkryptographie bezeichnete Verschlüsselung nutzt die Tatsache, dass Photonen den Gesetzen der Quantenphysik unterliegen und daher jede Messung, also auch das Abhören, Spuren hinterlässt.

Quantencomputer und Quantenverschlüsselungssysteme basieren auf photonischen Chips, in deren Schaltkreisen anstelle von Elektronen einzelne Photonen fließen. Als Einzelphotonenquellen verwendet man häufig wenige Nanometer große Diamanten, in deren Gitter ein Platz für ein Kohlenstoffatom unbesetzt bleibt und ein benachbarter Platz durch ein Stickstoffatom besetzt ist.

Bisher wird zur Herstellung von Photonikchips im ersten Schritt ein Laser eingesetzt, um die auf einer Trägerplatte ausgesäten Einzelphotonenquellen zu finden und zu untersuchen. Im zweiten Schritt werden auf dieser Trägerplatte mithilfe der Elektronenstrahlolithographie zweidimensionale Bauteile hergestellt. Durch den Transfer der Trägerplatte zwischen der ersten Maschine zur Vorcharakterisierung und der



Im ersten Schritt werden die Einzelphotonenquellen, beispielsweise Nanodiamanten, mit einem Laser (grün) gefunden und untersucht.



Ein zweiter Laser (rot) belichtet den Photolack, so dass Bauteile, wie beispielsweise Resonatoren und Lichtwellenleiter, präzise gefertigt und positioniert werden können.

zweiten zur Strukturierung entsteht eine Ungenauigkeit, so dass die Chips nur mit einer Präzision von etwa 100 Nanometern gefertigt werden können.

KIT-Wissenschaftler des Instituts für Nanotechnologie (INT) haben das Verfahren vereinfacht, indem sie zur Vorcharakterisierung und für die Herstellung der Bauteile mithilfe von Laserlithographie ein und dieselbe Maschine verwenden. Zudem ist die Produktion von dreidimensionalen Bauteilen möglich, indem der Laserfokus, der den Photolack belichtet, horizontal und vertikal verschoben wird. Die nichtbelichteten Teile des Lacks werden anschließend auf chemischem Weg herausgelöst. Die so entstandenen Photonikchips haben eine Genauigkeit von bis zu zehn Nanometern und können neben den Nanodiamanten auch andere Einzelphotonenquellen, wie beispielsweise die aus Halbleitermaterialien bestehenden Quantenpunkte oder organische Moleküle, enthalten.

Das KIT sucht Partner für die Weiterentwicklung und Anwendung der Technologie.

### ARTIKEL INTERESSANT FÜR

- Halbleiterindustrie
- Chiphersteller
- Informationstechnologie
- Kommunikationstechnologie
- Optik
- Biotechnologie

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

## Ein Beet für Zellen

Aus Zwitterionen aufgebaute Polymerbeschichtungen bieten Zellen optimale Wachstumsbedingungen.

Zellkulturen sind oft die Grundlage für Forschungsarbeiten in Biologie, Medizin oder Pharmazie. Forscher lassen die Zellen im Labor auf sogenannten Zellkulturmatrizen wachsen. Großes Interesse gilt derzeit der Erforschung von humanen embryonalen Stammzellen, die bezüglich der Wachstumsbedingungen besonders anspruchsvoll sind.

Derzeit werden Zellkulturmatrizen meist auf Basis von Naturmaterialien hergestellt. Nachteile der Naturmaterialien liegen im Risiko der Kontamination mit Bakterien und Viren, Schwankun-

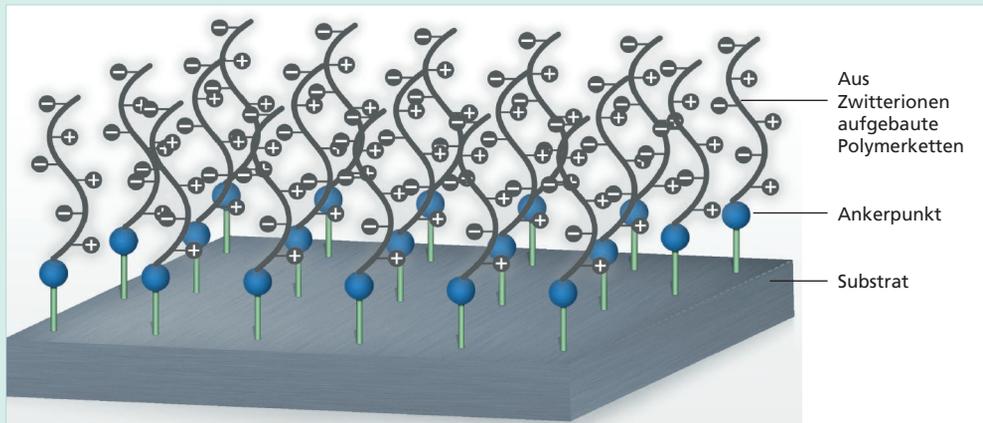
gen in der Zusammensetzung sowie dem relativ hohen Preis. Der Trend geht daher zu synthetischen Zellkulturmatrizen in Form von Polymerbeschichtungen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Zellen Oberflächen mit einer bestimmten Polarität zum Anheften und Wachsen benötigen. Die Polymerbeschichtungen der Matrizen sind daher aus Molekülen aufgebaut, die sowohl eine positiv als auch eine negativ geladene Gruppe besitzen. Diese sogenannten Zwitterionen sind nach außen elektrisch neutral, haben aber eine Polarität, die unter anderem vom Abstand der

geladenen Gruppen abhängt. Alle bisher verfügbaren Zwitterionen haben einen ähnlichen und vergleichsweise kurzen Ladungsabstand.

KIT-Forschern des Instituts für Funktionelle Grenzflächen (IFG) ist es gelungen, Zwitterionen mit variablem Ladungsabstand und damit variabler Polarität herzustellen. Die Wissenschaftler haben einen neuen Syntheseweg gefunden, der es erlaubt, Kohlenwasserstoffketten von unterschiedlichen Längen zwischen die geladenen Gruppen einzuschleusen. Um daraus eine Zellkulturmatrix herzustellen, benötigt man ein Trägermaterial, häufig Gold, Silizium oder Glas, an dem Ankerstellen anhaften. Von diesen Ankerstellen ausgehend, lassen sich in einem kontrollierten Prozess zwitterionische Polymerfilme aufbauen.

Auf diese Weise lassen sich Zellkulturmatrizen herstellen, die für die jeweiligen Bedürfnisse eines Zelltyps maßgeschneidert sind. Bei der Kultivierung von Stammzellen kommt es beispielsweise oft darauf an, die Vermehrung der Zellen zu fördern, jedoch deren Ausdifferenzierung zu spezifischen Zellen zu verhindern.

Das KIT sucht Partner zur Weiterentwicklung und Anwendung der Technologie.



Schematischer Aufbau einer Zellkulturmatrix mit Polymerbeschichtung: Die polare Oberfläche bietet optimale Bedingungen für das Wachstum von Zellen.

### ARTIKEL INTERESSANT FÜR

- Medizin
- Biologie
- Pharmazie
- Biotechnologie
- Chemie

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

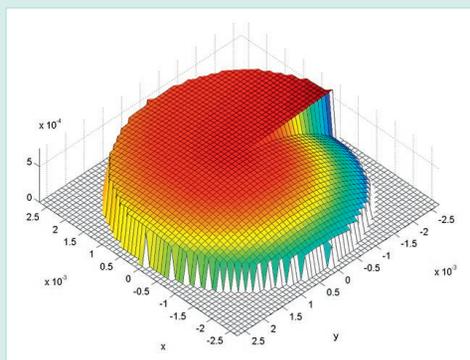
## Im Fokus

KIT-Wissenschaftler entwickeln ein optisches System, dessen Fokus sich durch Drehen der Linsen einstellen lässt.

Kameras für Foto- oder Filmaufnahmen sollen immer kleiner, leichter und kompakter werden. Oft werden solche Kameras auch in andere Geräte, wie beispielsweise Smartphones, integriert. Auch in der Medizin sind Minikameras im Einsatz, zum Beispiel in Endoskopen. Für fast alle Anwendungen ist es notwendig, dass der Anwender den Fokus automatisch oder per Hand einstellen kann.

Gegenwärtig wird die Einstellbarkeit des Kamerafokus durch ein System von mehreren Linsen mit variablem Abstand erreicht. Bei Teleobjektiven beispielsweise verändert der Fotograf den Fokus, indem er das Objektiv herein- oder herauschiebt und damit den Abstand der Linsen untereinander variiert. Nachteilig ist bei dieser Art der Fokussierung, dass ein solches variables Linsensystem relativ viel Platz benötigt.

KIT-Wissenschaftler des Instituts für Angewandte Informatik (IAI) arbeiten an einem künstlichen Linsensystem für das menschliche Auge, das automatisch auf nahe oder weit entfernte Gegenstände fokussieren soll. Im Rahmen der Forschungstätigkeit für ein solches künstliches



Die abgebildete Linse hat einen Durchmesser von fünf Millimetern. Die Farbwerte entsprechen der Höhe und verdeutlichen den Verlauf der Krümmung und Dicke der Linse.

Akkommodationssystem wurde ein Linsensystem entwickelt, dessen Fokus sich durch Drehen einstellen lässt. Die Brechkraft und damit der Fokus einer Linse hängen von deren Dicke, der Krümmung der Oberflächen und der Brechungsindexdifferenz der Materialien ab. Das am KIT

erdachte System besteht aus zwei Linsen, die jeweils eine plane und eine gekrümmte Oberfläche haben. Die beiden planen Seiten liegen aneinander, während die gewölbten Oberflächen nach außen zeigen. Die Krümmungen der Linsenoberflächen sind im Gegensatz zu gängigen optischen Systemen nicht rotations-symmetrisch zur optischen Achse, sondern weisen einen wendelförmigen Verlauf auf. Daher lässt sich durch Drehen der Linsen die Brechkraft variieren.

Eine solche drehbare Linsen-anordnung braucht wesentlich weniger Platz als herkömmliche optische Systeme. Die KIT-Entwicklung ist daher in allen Einsatzbereichen vorteilhaft, in denen es in erster Linie auf eine kompakte Bauweise ankommt. Neben Kameras für Smartphones ist beispielsweise auch ein Einsatz in Miniprojektoren oder Überwachungskameras denkbar.

Das KIT sucht Partner, die Interesse haben, das System weiterzuentwickeln und einzusetzen.

### ARTIKEL INTERESSANT FÜR

- Optik
- Elektronik
- Elektrotechnik
- Medizintechnik

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

## Modulare Steckkunst

Integration und Miniaturisierung von hochfrequenten elektronischen Schaltungen.

Die Aufbau- und Verbindungstechnik von komplexen Modulen für Halbleiterschaltungen, insbesondere im Sub-Millimeterwellenbereich von über 100 Gigahertz, steht bei der Entwicklung leistungsstarker Mikrochips im Vordergrund. Aufgrund der Skalierung von elektronischen Baugruppen mit steigender Frequenz wird ein sehr hoher Miniaturisierungsgrad erreicht. Diese Module finden Einsatz in der Radarsensorik und in der industriellen Automation, beispielsweise zur hochgenauen Abstandsmessung. In der Spektroskopie können sie bei der Materialerkennung und in der Medizintechnik zur berührungslosen Detektion von Puls und Atmung

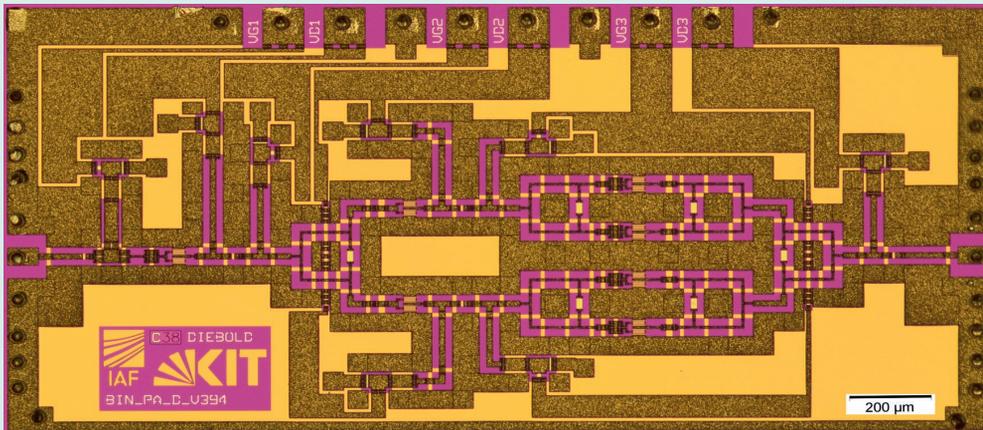
verwendet werden. Bisher müssen die dazu erforderlichen Halbleiterbauelemente, die abstrahlenden Elemente (Antennen) und die Bauteile zur Gleichstromversorgung kostspielig und aufwendig zusammengefügt werden.

Forscher am Institut für Hochfrequenztechnik und Elektronik des KIT haben in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik (IAF) ein Verfahren entwickelt, mit dem die Schaltungen für ein Modul gleichzeitig zusammengesetzt und signaltechnisch angebunden werden können. Diese Methode ermöglicht die Integration von Antennen oder Hohlleiterübergängen, aber auch der komplet-

ten Gleichspannungsversorgung und weiterer passiver Strukturen, wie beispielsweise spezielle Transformatoren oder verschiedene Wellenleiter für hochfrequente Signale.

Bei der Flip-Chip-Montage wird ein Chip mit integrierter Halbleiterschaltung mit der aktiven Kontaktierungsseite nach unten gedreht und über elektrisch leitende Goldkugeln unmittelbar mit einer Trägerfolie verbunden. Die mehrlagige Folie enthält Hochfrequenz-Leitungsstrukturen zur elektrischen Verbindung des Halbleiterbauelements mit den anderen hochfrequenten Komponenten. Um die Verlustwärme abzuführen, wird das Halbleiterbauelement mit der freien Oberseite thermisch angebunden.

Die Integration verschiedener Halbleiterkomponenten in einem Modul verkürzt und vereinfacht den Fertigungsprozess. Die Module können kompakter aufgebaut werden und bieten aufgrund weniger Einzelkomponenten und guter Wärmeabfuhr eine höhere Ausfallsicherheit. Das KIT sucht Partner zum industriellen Einsatz des Verfahrens.



Beim Flip-Chip-Prozess wird diese 160-Gigahertz-Halbleiterschaltung über Goldkugeln mit einem Durchmesser von 35 Mikrometern zur Kontaktierung mit der Trägerfolie verbunden.

### ARTIKEL INTERESSANT FÜR

- Automobilindustrie
- Elektrotechnik
- Medizintechnik
- Messtechnik
- Kommunikationstechnik

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

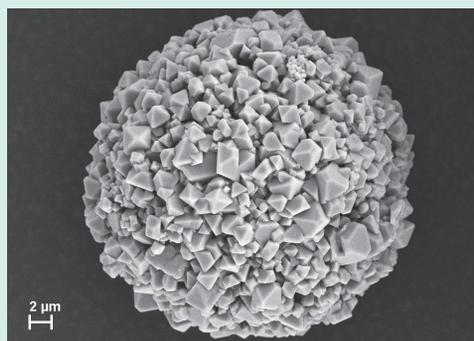
Eine Technologieinformation des Karlsruher Instituts für Technologie in Zusammenarbeit mit der Technologie-Lizenz-Büro (TLB) der Baden-Württembergischen Hochschulen GmbH

## Mehr Energie für Akkus

Neuartiges Kathodenmaterial erhöht die Energiedichte von Lithium-Ionen-Akkus.

Die Fähigkeit, Energie zu speichern ist eine der Grundvoraussetzungen für technischen Fortschritt. Elektrofahrzeuge beispielsweise sind umso gefragter, je größer die Reichweite, je höher die Leistung und je kürzer die Zeiten zum wieder Aufladen sind. Gleichzeitig sollen die in den Fahrzeugen verwendeten elektrischen Energiespeicher wenig wiegen, kostengünstig und langlebig sein und sich viele Tausend Mal laden und wieder entladen lassen.

Heutzutage werden zur Speicherung elektrischer Energie häufig Lithium-Ionen-Akkus eingesetzt. Beim Laden und Entladen eines solchen Akkus wandern Lithium-Ionen zwischen der negativen Elektrode (Anode) und der positiven Elektrode (Kathode) hin und her. Die Kathode besteht häufig aus kristallinen Lithium-Metalloxiden, wie beispielsweise dem Spinell, der kostengünstig ist und eine lange Lebensdauer hat. Für Anwendungen in Elektrofahrzeugen ist es jedoch von Vorteil, die Energiedichte, also die Energiespeicherkapazität pro Gewichtseinheit, weiter zu erhöhen.



Bei starker Vergrößerung des als Granulat vorliegenden Kathodenmaterials erkennt man die Kristallstruktur des dotierten Spinells.

KIT-Wissenschaftlern des Instituts für Angewandte Materialien (IAM) ist es gelungen, ein Kathodenmaterial herzustellen, das im Vergleich zu bisher kommerziell eingesetzten Materialien eine höhere Energiedichte aufweist. Ausgangsmaterial ist dabei ein sogenannter Hochvoltspinell, der neben Lithium, Mangan und Sauer-

stoff auch noch Nickel enthält. Die Dotierung dieses Hochvoltspinells mit Titan, Eisen und Fluor bewirkt eine zusätzliche Erhöhung der Energiedichte. Das Kathodenmaterial erlaubt eine Entladung bis zu einem niedrigeren Spannungswert als herkömmliche Akkus. Das Material weist in diesem Fall eine höhere Zyklenstabilität im Vergleich zum undotierten Spinell auf, es lässt sich also öfter auf- und entladen, bevor die Leistungsfähigkeit des Akkus nachlässt.

Bei einem Elektrofahrzeug entspräche diese Fähigkeit zur Tiefentladung einem elektrischen Reservetank, der bei Bedarf angezapft werden könnte, um die Reichweite zu erhöhen. Weitere Vorteile der Dotierung sind eine verbesserte Stabilität des Kathodenmaterials bei hohen Temperaturen.

Das KIT sucht Partner, die Interesse haben, die Technologie weiterzuentwickeln und anzuwenden.

### ARTIKEL INTERESSANT FÜR

- Chemie
- Batteriehersteller
- Energie
- Automobilindustrie

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

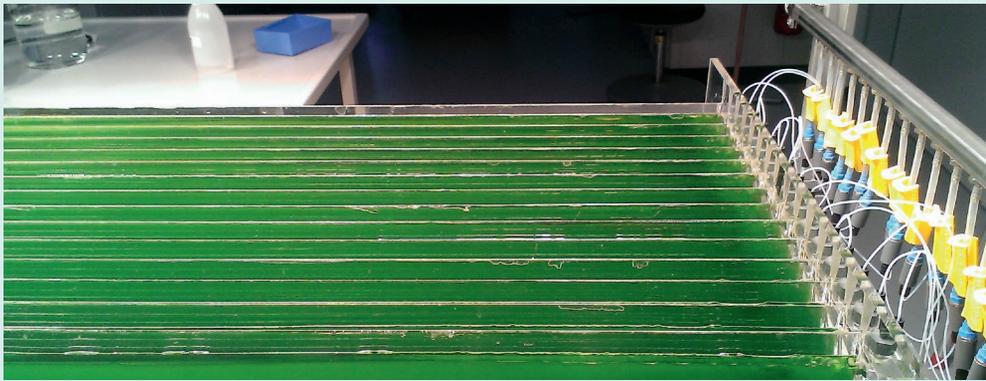
## Energieeffiziente Algenproduktion

Ein Bioreaktor mit zackenförmiger Oberfläche schafft optimale Wachstumsbedingungen für Algen.

Algen können in Zukunft einen Beitrag zur Sicherung unserer Energieversorgung leisten, indem sie Biomasse zur Herstellung von Biodiesel liefern. Auch die Verwertung der Algenbiomasse zur Stromerzeugung ist denkbar. Algen, die so modifiziert wurden, dass sie bestimmte Proteine oder pharmakologisch wirksame Substanzen produzieren, sind außerdem für die Kosmetik- und Pharmaindustrie interessant.

Aus diesen Gründen werden Algen zunehmend in Bioreaktoren gezielt gezüchtet. Häufig bestehen diese Reaktoren derzeit aus aufrecht ste-

henden, transparenten Platten oder Röhren, in die das Algenmaterial und eine Nährlösung eingefüllt werden. Aufgrund ihrer schmalen, hohen Form nutzen solche Reaktoren das von oben auftreffende Sonnenlicht jedoch nicht optimal. In die Röhren- und Plattenreaktoren wird mit Kohlendioxid angereicherte Luft mit großem Druck eingeleitet. Außerdem muss das Algenmaterial unter erheblichem Energieaufwand mithilfe von Pumpen ständig umgewälzt werden. Damit die Algen einen positiven Beitrag zur Energieversorgung leisten können, muss die Energieausbeute



Die zackenförmige Oberfläche des Photobioreaktors bewirkt eine Vergrößerung der Oberfläche und damit eine optimale Nutzung von Fläche und Licht.

aus der Biomasse größer sein als der Energieaufwand für den Betrieb der Reaktoren.

KIT-Wissenschaftler des Instituts für Bio- und Lebensmitteltechnik haben einen Photobioreaktor entwickelt, der eine energieeffizientere Produktion von Algen ermöglicht. Der Reaktor besteht aus zwei horizontalen Plexiglasplatten, zwischen die Algenmasse und Nährlösung eingefüllt wird. Dadurch ergibt sich nur ein minimaler hydrostatischer Druck im Reaktor. Da die Platten wie eine Ziehharmonika zackenförmig gestaltet sind, ist die Oberfläche des Reaktors etwa viermal so groß wie die zum Aufstellen benötigte Grundfläche. Der Winkel der Zacken ist so gewählt, dass der Lichteinfall für das Algenwachstum optimal ist. Die Algen wachsen daher so schnell, dass beim Freilandbetrieb täglich etwa ein Drittel der Algenbiomasse geerntet werden kann. Es ist außerdem möglich, die untere Plexiglasplatte mit einer Membran zu versehen, so dass Luft und Kohlendioxid hindurchdringen können. Dadurch wird der Energieaufwand für die Gaszufuhr wesentlich geringer als beim Röhrenreaktor.

Das KIT sucht Partner, die den Photobioreaktor einsetzen und weiter optimieren möchten.

### ARTIKEL INTERESSANT FÜR

- Biotechnologie
- Energieversorgung
- Pharmazie
- Kosmetikindustrie

### WEITERE INFORMATIONEN

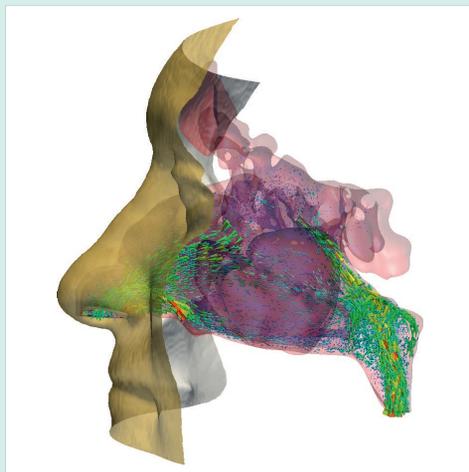
- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

## Tief durchatmen

Human Airways - Numerische Simulation der menschlichen Atmung.

Erkrankungen der Atmungsorgane gehören weltweit zu den häufigsten Todesursachen. Asthma, Lungenentzündungen oder Bronchitis, aber auch Nebenhöhlenentzündungen oder Verengungen der Nase führen zu teilweise lästigen, teilweise gefährlichen Beschwerden. Bei vielen Krankheiten können nur Symptome behandelt werden – die Ursachen sind meist unbekannt. Um die Quelle von Atmungsbeschwerden aufzuspüren und Operationen (OPs) zu planen, werden Messverfahren wie die Rhinomanometrie und bildgebende Verfahren wie die Computertomographie (CT) eingesetzt. Zu einer verlässlichen Quantifizierung des Erfolges von Medikationen oder OPs fehlen jedoch im klinischen Alltag einsetzbare Verfahren.

An den Instituten für Angewandte und Numerische Mathematik (IANM) und Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik (MVM) entsteht im Zuge des Projekts Human Airways eine ganzheitliche Simulation der Atmung im gesamten komplexen menschlichen Atemstrakt. Beginnend bei Nase und Mund, über den Rachenraum, den Kehlkopf und die Luftröhre bis zu den Bronchien und Lungenbläschen führen die Forscher hocheffiziente mikrometeregenaue Strömungs- und Partikelsimulationen auf



Mikrometeregenaue Strömungs- und Partikelsimulationen können in dreidimensionalen Simulationsergebnissen analysiert werden.

Höchstleistungsrechnern durch. Verschiedene Arten von Partikelströmungen können für individuelle Patienten- und schematische mehrskalige Parametermodelle errechnet und visualisiert werden. Aus CT-Bildern werden in Kombination mit statistischen Methoden Modelle von Nase

und Lunge segmentiert, die als Geometrien für die Simulationen dienen. Die resultierende Partikelverteilung kann zum Beispiel verwendet werden, um Krankheiten wie Lungenkrebs und Risikofaktoren, wie die Belastung durch Feinstaub oder Rauch, frühzeitig zu erkennen oder die Medikamentenverabreichung per Aerosol und den Transport der Wirkstoffe vorherzusagen.

Darüber hinaus ermöglichen sensitivitätsbasierte Ansätze der Form- und Topologieoptimierung, zum Beispiel durch eine Verschiebung und damit optimale Positionierung der Nasenscheidewand, eine präzisere Operationsplanung mit verlässlichen Erfolgsprognosen. Ärzte können die Simulationsergebnisse dreidimensional aus verschiedenen Ansichten analysieren und genauere Erkenntnisse über Engstellen oder geometrische Fehlstellungen erhalten.

Grundlage für die komplexen Berechnungen ist das Softwarepaket OpenLB ([www.openlb.net](http://www.openlb.net)), das von Wissenschaftlern des IANM und MVM mitentwickelt wird.

### ARTIKEL INTERESSANT FÜR

- Gesundheit und Medizintechnik
- Lebenswissenschaften
- Software- und Informatiksysteme
- Kognitive Systeme und Informationsverarbeitung
- Strömungs- und Partikeldynamik

### WEITERE INFORMATIONEN

- Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

## Termine

Juli bis Oktober 2014

**17. Juli  
Karlsruhe**

**Karlsruher Vortragsreihe:  
Forschung und Praxis in Wasser-  
bau und Wasserwirtschaft**  
Bei der Karlsruher Vortragsreihe wird über Richtlinien des EU-Hochwasserrisikomanagements sowie über Hochwassergefahrenkarten referiert.  
[www.kv-reihe.kit.edu/index.php](http://www.kv-reihe.kit.edu/index.php)

**24. Juli und weitere Termine  
Karlsruhe**

**Gründercafé und offene  
Sprechstunde**  
Am Center for Entrepreneurship (CIE) am KIT findet jeden Donnerstag von 13:00 bis 15:00 Uhr eine Gründerberatung statt. Frei nach dem Motto "Kaffee gegen Idee" können sich Gründer und alle Neugierigen treffen.  
[www.kit.edu/kit/8437.php/event/24349](http://www.kit.edu/kit/8437.php/event/24349)

**3. bis 8. August  
Karlsruhe**

**Science Camp Energie**  
Das Science Camp bietet Jugendlichen von 14 bis 16 Jahren die Möglichkeit, über die Zukunft unserer Energieversorgung nachzudenken. Das einwöchige Camp wird in Kooperation mit dem KIT-Zentrum Energie und der Schülerakademie Karlsruhe e.V. angeboten.  
[www.fsz.kit.edu/science-camp-energie.php](http://www.fsz.kit.edu/science-camp-energie.php)

**27. August bis 6. September  
Bad Herrenalb**

**EUCOR Summer School**  
Unter dem Motto „Energiewende am Oberrhein: Auswirkungen auf Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt“ steht die diesjährige Summer School. Neben Fachvorlesungen stehen auch Lösungen komplexer Problemstellungen im Vordergrund.  
[www.environment.eucor-uni.org/de/auflage-2014](http://www.environment.eucor-uni.org/de/auflage-2014)

**9. Oktober  
Karlsruhe**

**Life-Cycle-Performance  
von Produktionssystemen**  
Im Fokus der diesjährigen Herbsttagung des wbk Instituts für Produktionstechnik steht die ganzheitliche Betrachtung von Produktionssystemen.  
[www.herbsttagung.de](http://www.herbsttagung.de)

## Der schnelle Weg zur Forschungskooperation

Die Innovationsallianz vermittelt Forschungspartner aus der TechnologieRegion Karlsruhe.



Um am Markt zu bestehen, müssen Unternehmen ihre Produkte und Dienstleistungen stetig weiterentwickeln. Gerade kleinere und mittelgroße Unternehmen ohne eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilung haben aber oft nicht die Ressourcen, ihre innovativen Ideen auch umzusetzen. Hier hilft die Innovationsallianz, indem sie Kontakte zu potentiellen Forschungspartnern vermittelt – kostenlos und unverbindlich.

„Bei uns fragen Unternehmen an, wenn sie einen Partner für ein langfristiges Forschungsvorhaben suchen oder einen Auftrag für eine Messung oder Analyse vergeben wollen“, sagt Dr. Markus Bauer, der zentrale Ansprechpartner der Innovationsallianz. Er recherchiert, welche Einrichtung und welcher Wissenschaftler für eine Zusammenarbeit in Frage kommen und vermittelt ein persönliches und

vertrauliches Gespräch. Die Innovationsallianz ist eine Kooperationsplattform von sieben Einrichtungen der TechnologieRegion Karlsruhe. Neben dem KIT gehören dazu die Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, das FZI Forschungszentrum Informatik, die Fraunhofer-Institute für Chemische Technologie (ICT), für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) und für System- und Innovationsforschung (ISI) sowie die Industrie- und Handelskammer Karlsruhe (IHK). In der regelmäßig stattfindenden Veranstaltung „Technologie-Snacks“ stellt die Innovations-

allianz das breite Spektrum der Forschungseinrichtungen vor: vom Maschinenbau über Informationstechnologie bis zur Materialforschung. Für weitere Informationen kontaktieren Sie Markus Bauer oder besuchen Sie die Webseiten der Innovationsallianz.

### KONTAKT:

Dr. Markus Bauer  
Telefon: +49 721 174-407  
E-Mail: [info@innoallianz-ka.de](mailto:info@innoallianz-ka.de)  
[www.innoallianz-ka.de](http://www.innoallianz-ka.de)

### Weitere Informationen:

Nutzen Sie beiliegende Faxantwort

## Vertiefen Sie Ihr Wissen

Was Sie jetzt über verschiedene Forschungsfelder lesen können.



### Die Körpersprache der Bäume

KIT-Professor Claus Mattheck bündelt ein Vierteljahrhundert Baumforschung in seiner umfassenden Enzyklopädie des Visual Tree Assessment (VTA).

Erhältlich unter [www.amazon.de](http://www.amazon.de),  
ISBN 978-3-923-70486-6



### KIT-Gründerguide

Der KIT-Gründerguide gibt praktische Tipps für alle Phasen einer Gründung bis hin zum erfolgreichen Unternehmen und informiert Gründungsinteressierte über zentrale Angebote des KIT.

Bestellen Sie mit beiliegender  
Faxantwort



### lookKIT

Die zahlreichen Themen der aktuellen Ausgabe des Imagemagazins lookKIT zeigen, wie vielfältig sich die Wissenschaft mit dem Thema Licht auseinandersetzt.

Bestellen Sie mit beiliegender  
Faxantwort

## Impressum

### RESEARCH TO BUSINESS

Kunden-Newsletter Innovation

### HERAUSGEBER

Karlsruher Institut für Technologie  
Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe

### REDAKTION

Inga Daase, Britt Winkelmann,  
Anke Schmitz, Dr. Regina Kratt

### FOTOS

Markus Breig, Martin Lober u. a.

### GESTALTUNG

BurdaYukom Publishing GmbH,  
München, Wilfrid Schroeder

### LAYOUT UND SATZ

Eva Geiger, Heike Gerstner,  
Bernd Königsmann

### DRUCK

Systemedia GmbH  
Das Medienhaus  
75449 Wurmberg

### NACHDRUCK

mit Genehmigung unter Nennung der  
Gesellschaft und des Autors gestattet.  
Beleg erbeten.

### ERSCHEINUNGSWEISE

vierteljährlich

## Kontakt

### Dienstleistungseinheit Innovationsmanagement (IMA)

### TELEFON

+49 721 608-25530

### FAX

+49 721 608-25523

### E-MAIL

[innovation@kit.edu](mailto:innovation@kit.edu)

### INTERNET

[www.kit.edu](http://www.kit.edu)  
[www.kit-technologie.de](http://www.kit-technologie.de)  
[www.facebook.com/KITInnovation](https://www.facebook.com/KITInnovation)  
[www.twitter.com/KITInnovation](https://www.twitter.com/KITInnovation)

## FAX-ANTWORT

# 0721 608-25523

Dienstleistungseinheit Innovationsmanagement

### Bitte schicken Sie mir weitere Informationen

#### FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Dynamik für den Prüfstand

#### INNOVATIONSPROJEKT

Spaziergang durch die virtuelle Welt

#### TECHNOLOGIETRANSFER-ANGEBOTE

Magnetische Leuchtmarker

Bauen mit Photonen

Ein Beet für Zellen

Im Fokus

Modulare Steckkunst

Mehr Energie für Akkus

Energieeffiziente Algenproduktion

Tief durchatmen

#### SERVICE

Der schnelle Weg zur Forschungskooperation

#### VERTIEFEN SIE IHR WISSEN

Die Körpersprache der Bäume

KIT-Gründerguide

lookKIT

Ich möchte **RESEARCH TO BUSINESS** nicht mehr erhalten.  
Bitte löschen Sie meine Daten.

#### ABSENDER

Name

Vorname

Firma

Funktion

Branche

Straße

PLZ|Ort

Telefon

Fax

E-Mail

Bitte korrigieren Sie meine Adresse.

Ich bekomme **RESEARCH TO BUSINESS** noch nicht.  
Bitte nehmen Sie mich kostenlos in Ihren Verteiler auf.

Name

Vorname

Firma

Funktion

Branche

Straße

PLZ|Ort

Telefon

Fax

E-Mail