



Forschungszentrum Karlsruhe  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

## INHALT

Röhren sortieren in der Nanowelt	1
Editorial	2
Personelles	2
+++newsticker+++	2
Auf dem Weg zum Wasserstofftank	3
FIND – Suchen und Finden	3
Innovative verfahrenstechnische Entwicklungen	4
Angebote:	
- Endoskop Iplex Olympus	
- Inertialmessplattform IPE	
- Gassensor	5
Veranstaltungen	5 – 7
Vorstellung der IRS-Software	7
Bauteiloptimierung mit dem Taschenrechner	8
Impressum	8

### ■ Schlüsseltechnologien

## Röhren sortieren in der Nano-Welt

Kohlenstoff-Nanoröhren gelten als Schlüsselmaterialien der Nanotechnologie, insbesondere der Nanoelektronik. Bei der Herstellung der Nanoröhren entsteht aber immer ein Gemisch zweier verschiedener Typen von Röhren mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften: Metalle und Halbleiter, d.h. Nicht-Metalle. Das stellte die Forscher bisher vor unlösbare Probleme und schränkte die Anwendung von Nanoröhren stark ein. Wissenschaftler aus dem Institut für Nanotechnologie des Forschungszentrums Karlsruhe haben nun ein Verfahren entwickelt, mit dem sich Nanoröhren sortieren lassen. Die Forscher geben dadurch einen wichtigen Impuls für die Entwicklung der Nanoelektronik mit Kohlenstoff-Nanoröhren. Bei den neuartigen Verfahren werden die metallischen von den halbleitenden Röhren in einem elektrischen Wechselfeld getrennt. Die nun sortenreinen Röhren stehen für weitere Anwendungen zur Verfügung.

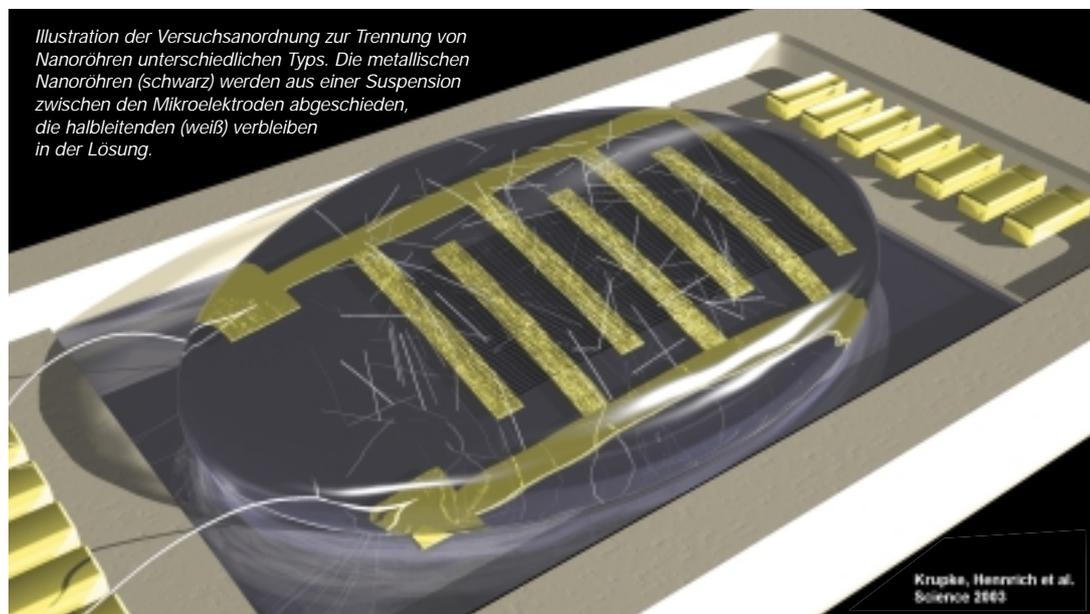


Illustration der Versuchsanordnung zur Trennung von Nanoröhren unterschiedlichen Typs. Die metallischen Nanoröhren (schwarz) werden aus einer Suspension zwischen den Mikroelektroden abgeschieden, die halbleitenden (weiß) verbleiben in der Lösung.

In der molekularen Elektronik galten die Nanoröhren früh als Grundbausteine elektronischer Bauteile. Allerdings entsteht bei ihrer Herstellung ein Gemisch aus zwei Typen mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften, deren Trennung bisher nicht möglich war. Je nach Anordnung der Atome in den Wänden der Röhren verhalten sie sich entweder wie Metalle oder wie Halbleiter.

Wissenschaftlern aus dem Institut für Nanotechnologie des Forschungszentrums Karlsruhe ist es nun gelungen, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem die Röhrentypen getrennt werden können. „In einem elektrischen Wechselfeld mit einer Frequenz von 10 Millionen Hertz wandern die metallischen und halbleitenden Nanoröhren in entgegengesetzte Richtungen. Damit können die metallischen Röhren abgeschieden werden. Die nichtmetallischen ver-

bleiben in der Lösung“, erklären Dr. Ralph Krupke, Physiker, und Dr. Frank Hennrich, Chemiker, die das Problem in einem fächerübergreifenden Ansatz lösen konnten.

Das Verfahren lässt sich in drei Schritte aufteilen: Zunächst wird eine wässrige Lösung hergestellt, in der die Röhren einzeln vorliegen, das heißt keine „Klumpen“ bilden. Diese Lösung wird nun in ein ungleichförmiges (inhomogenes) elektrisches Wechselfeld gebracht. Aufgrund der unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften der metallischen und der halbleitenden Röhren werden sie in entgegengesetzte Richtungen gezogen (durch so genannte Dielektrophorese) und können abgeschieden werden. Eine anschließende Analyse der Materialeigenschaften (durch Raman-Spektroskopie) zeigt, dass ausschließlich metallische Nanoröhren abge-

schieden wurden; die nichtmetallischen verbleiben in der Lösung.

Das Verfahren wurde vom Forschungszentrum zum Patent angemeldet. Im nächsten Schritt soll es für die Trennung größerer Mengen von Röhren bis in den Milligrammbereich weiterentwickelt werden. Damit eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten insbesondere im Bereich der Nanoelektronik.

Die wissenschaftliche Arbeit wird in einer der nächsten Ausgaben der amerikanischen Zeitschrift „Science“ erscheinen und wurde wegen ihrer Bedeutung schon vorab in „Science Express“ veröffentlicht (R. Krupke, F. Hennrich, H. v. Löhneysen and M. M. Kappes: Separation of Metallic from Semiconducting Single-Walled Carbon Nanotubes). Sie wird außerdem von einem kommentierenden Artikel begleitet.

PERSONALIA

EDITORIAL

Liebe Leserinnen,  
liebe Leser,

der Teufel steckt im Detail! Diese Weisheit kennt jeder und man mag manchmal kaum glauben, welche winzige Ursache für ein großes Problem verantwortlich ist. Andererseits liefern heutzutage Innovationen auf kleinster Ebene Problemlösungen für globale Entwicklungen auf Gebieten wie Energieversorgung, Mobilität oder Informationsverarbeitung. Deshalb geht die Wissenschaft mit modernster Technik den Problemen bis auf den atomaren Grund und entwickelt so zielgerichtet Lösungen.

Die Nanotechnologie ist eine der entscheidenden Schlüsseltechnologien in diesem Prozess: Sie entführt uns in eine Welt, die mit optischen Instrumenten nicht mehr zu erfassen ist, weil ihre Strukturen kleiner sind als die Wellenlänge des sichtbaren Lichts. Eine Welt des Unsichtbaren liegt vor uns.

Tauchen Sie mit uns ein in diese Welt und entdecken Sie die Grundbausteine für die zukünftige Elektronik, Wasserstoffspeicher der nächsten Generation und noch vieles mehr aus der Welt der Wissenschaft...



Dr. Thomas Windmann



Dipl.-Ing. Silke Bohrmann



**Prof. Dr. Herbert Gleiter**, geschäftsführender Direktor des Instituts für Nanotechnologie (INT), wurde auf der NAMIX („Nano-Micro-Interface Conference“), die Ende Mai in Berlin stattfand, mit einem von mehreren Wissenschaftspreisen der Deutschen Bank ausgezeichnet. Darüber hinaus wurde Prof. Gleiter im Juni in die internationale Expertenkommission für das „Elitenetzwerk Bayern“ berufen. Aufgabe der Kommission ist es, die Vorschläge aus den Universitäten Bayerns zur Implementierung eines von der bayerischen Landesregierung geplanten Netzwerks zur Eliteförderung zu begutachten und sachverständig zu begleiten.



**Dr. Klaus Schubert**, Leiter des Instituts für Mikroverfahrenstechnik (IMVT), wurde im Mai – für seine Beiträge zur Verfahrenstechnik,

insbesondere zur Entwicklung der Mikroverfahrenstechnik – mit der Ehrendoktorwürde der rumänischen „Ovidius“ University of Constantza ausgezeichnet.



VDE-ITG Förderpreis 2003 vergeben für **Dr.-Ing. Oliver Drumm** vom Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM). Die Informationstechnische Gesellschaft im VDE (ITG) verleiht Herrn Dr.-Ing. Oliver Drumm in Würdigung der Dissertation „Numerische Optimierung eines quasi-optischen Wellentypwandlers für ein frequenzdurchstimmbares Gyrotron“ den Förderpreis der ITG 2003. Dr. Drumm promovierte bei Prof. Thumm (IHM FZ Karlsruhe und IHE Uni Karlsruhe) im Graduiertenkolleg „Numerische Feldberechnung“ der Universität Karlsruhe.



**Ministerialrat Dr. Hartmut Grunau**, Leiter des Referats 512 „Produktionssysteme und -technologien“ im BMBF, das Partnerreferat des Projektträgers für Produktion und Fertigungstechnologien (PFT), verabschiedete sich im Juli anlässlich seines Wechsels in den Ruhestand im Rahmen einer kleinen Feier von den Mitarbeitern des Projektträgers. Dr. Grunau leitete das Referat seit 1994 und führte gemeinsam mit dem PFT-Team und Dr.-Ing. Ingward Bey als Leiter die Forschungsprogramme „Qualitätssicherung“, „Produktion 2000“ sowie das seit 1999 laufende Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ durch.

+++newsticker+++newsticker+++newsticker+++newsticker+++

+++ Am 08. Juli hat das Europäische Patentamt ein Büro in Brüssel eröffnet und stärkt so seine Präsenz auf europäischer Ebene vor Ort. Das EPA hat den Auftrag, durch die Erteilung europäischer Patente für Erfindungen Innovation, Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftswachstum zu fördern. Auf der Grundlage des Europäischen Patentübereinkommens verwaltet das Amt ein zentralisiertes Patenterteilungssystem für alle Vertragsstaaten und ist damit ein Modell für die erfolgreiche Zusammenarbeit in Europa.

+++ Anfang des Jahres 2003 trat dem Europäischen Patentübereinkommen (EPÜ) neben Ungarn auch die Republik Rumänien bei. Schon im Jahr 2002 erweiterte sich die Zahl der Mitgliedsstaaten um folgende neu beigetretene Länder, wie: die Republik Bulgarien, die Tschechische Republik, die Republik Estland, die Slowakische Republik und Slowenien. Das EPÜ ist seit 1977 in Kraft, mit dem Bestreben, die Zusammenarbeit zwischen den europäischen Staaten auf dem Gebiet des Schutzes der Erfindungen zu verstärken. Ihm gehören z. Zt. 27 Vertragsstaaten an.

+++ 100-jähriger Beitritt Deutschlands zur Pariser Verbandsübereinkunft zum Schutz des gewerblichen Eigentums. - Deutschland ist der Pariser Verbandsübereinkunft zum Schutz des gewerblichen Eigentums (PVÜ) von 1883 am 1. Mai 1903 beigetreten. Der PVÜ gehören mittlerweile über 160 Staaten an. Sie legte den Grundstein für ein erfolgreiches internationales System des gewerblichen Rechtsschutzes. Die PVÜ war u.a. Grundlage für eine Vereinheitlichung und Vervollkommnung der bestehenden nationalen Gesetze.

+++ Die als robust und energiesparend geschätzte Nanoelektronik ist die technologische Basis für innovative Produkte. Zwei aktuelle Studien des VDI-Technologiezentrums im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) belegen die Bedeutung der Nanoelektronik für die effektive und sichere Datenverarbeitung. Das BMBF habe mit der Förderung der Entwicklung von so genannten nichtflüchtigen Datenspeichern (MRAMs) und der Förderung der Anwendung von Silizium-

Germanium frühzeitig die aussichtsreichen Felder erkannt. Das BMBF investiert im Bereich der Nanotechnologie in diesem Jahr 112 Millionen Euro und damit rund 27 Prozent mehr als im Vorjahr. Ergänzend zu den Projektfördermitteln fördert das BMBF im Rahmen der institutionellen Förderung der großen Forschungsorganisationen - gemeinsam mit den Ländern - Forschung mit Nanotechnologiebezug in Höhe von noch einmal rund 93 Millionen Euro.

+++ „Der Weg zum europäischen Patent“ ist leichter zu beschreiten mit der gleichnamigen Broschüre als Leitfaden für Anwender, die kostenlos zu beziehen ist über das Europäische Patentamt (EPA) in 80298 München (Tel.: 089 2399-0) Bisher erschienen sind zwei Hefte: die erste Broschüre beschreibt den Verfahrensweg einer europäischen Patentanmeldung, während die zweite den Schwerpunkt auf die internationale PCT-Anmeldung mit Regionalisierung als europäisches Patent anzumelden setzt. Die erste Broschüre wird Ende 2003 in überarbeiteter Version neu erscheinen.

+++newsticker+++newsticker+++newsticker+++newsticker+++

## ■ Schlüsseltechnologien

# Auf dem Weg zum Wasserstofftank

Wasserstoff könnte zum Energieträger des 21. Jahrhunderts werden: Das geruchlose Gas enthält fast dreimal soviel Energie wie eine vergleichbare Menge Benzin, und bei seiner Verbrennung entsteht nichts als Wasser. Doch praxistauglich, etwa in Form der Brennstoffzelle, ist Wasserstoff noch lange nicht. Wie an vielen Orten weltweit wird auch am Forschungszentrum Karlsruhe daran gearbeitet, dies zu ändern – in verschiedenen Projekten, so auch in der Forschergruppe am Institut für Nanotechnologie (INT). Die Forscher dieses Instituts haben sich mit bemerkenswertem Erfolg auf die Suche nach einem komfortablen Wasserstoffspeicher gemacht.

„Das Auto der Zukunft fährt mit einer Brennstoffzelle und tankt Wasserstoff.“ Größtes Hindernis bei der Umsetzung dieser Vision ist die Speicherung des Brennstoffmaterials Wasserstoff. In bisherigen Testfahrzeugen wurde Wasserstoff entweder flüssig oder gasförmig transportiert. In flüssigem Zustand wird eine Menge Energie verschwendet, und in einem Tank gasförmig vorhandener Wasserstoff kann bei einem Unfall wie eine Bombe hochgehen.

Die Alternative sind Feststoffspeicher. Hier wird der Wasserstoff in ein poröses Material – zumeist so genannte Metallhydride – eingebracht, von welchem das Gas, ähnlich wie Wasser von einem Schwamm, aufgenommen wird. Reguliert über einen Wärmetauscher, gibt dieser „Tank“ den Wasserstoff dann für den Betrieb des „Motors“ Brennstoffzelle wieder ab. Das Problem mit derartigen Tanks ist ihre geringe Aufnahmekapazität sowie die Geschwindigkeit der Wasserstoffaufnahme bzw. der -abgabe. Dies führt wiederum dazu, dass das Betanken des Fahrzeugs länger als eine Stunde dauert und der Motor unter einer zu

langsamen Freisetzung des Brennstoffs an Leistung verliert.

Den Wissenschaftlern am Institut für Nanotechnologie ist nun ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu besseren Feststoffspeichern gelungen: Mit maßgeschneiderten Nanopartikeln konnten sie die Tankzeit auf wenige Minuten verringern!

Dies wurde durch den Einsatz von Titan-Nano-Clustern möglich, wie Projektleiter Dr. Maximilian Fichtner berichtet. Bei den Clustern handelt es sich um Bündel winziger Nanopartikel, die bereits in Gramm-Mengen im Labor hergestellt werden können. Ihr Metallkern besteht aus nur 13 Atomen – einem Zentralatom und einer Schale aus weiteren 12 Atomen. Stabilisiert werden die Partikel durch eine Hülle aus Lösungsmittel-Molekülen, die den Metallkern umschließt. Damit die Cluster im Wasserstoffspeicher den gewünschten Effekt erzielen, wird eine geringe Menge davon mit dem Speichermaterial Natriumalanat (ein Metallhydrid des Aluminiums) vermischt und unter Luftausschluss sehr fein gemahlen. Da-

durch entsteht eine innige Mischung, ein Nano-Komposit. Dieses ist das eigentliche Speichermaterial.

Während man bisher mit über einer Stunde rechnen musste, bis sich das Speichermaterial mit Wasserstoff vollgesogen hatte, reduziert sich die Tankzeit mit dem Nano-Komposit auf rekordträchtige 7 bis 8 Minuten. „Damit kommen Betankungszeiten in Reichweite“, erklärt Maximilian Fichtner, „wie sie der künftige Nutzer eines Wasserstoffautos vom Betanken seines bisherigen Fahrzeugs gewohnt ist.“ Die ersten wasserstoffgetriebenen Serienfahrzeuge sind für 2005/2006 angekündigt. „Die werden“, wagt Fichtner eine Prognose, „vermutlich noch mit Überdrucktanks ausgestattet sein. Falls es uns aber gelingt, nun auch noch die Kapazität zu erhöhen, werden sich die Feststofftanks durchsetzen.“

Doch damit nicht genug! Wasserstoff-Feststoffspeicher kommen auch für andere mobile Anwendungen wie Handy oder Notebook in Frage. Im Vergleich zu der Zeit, die heute zum Laden eines entsprechenden Akkus

benötigt wird, bräuchte ein vom INT entwickelter Speicher sogar eine dramatische Beschleunigung und stellt so einen weiteren Schritt in Richtung „Zukunft“ dar!



Laboranlage des INT zur Untersuchung der Wasserstoff-Speicher-Eigenschaften von Nanopartikeln

## ■ Aktuelles

## Suchen und finden

FIND – der neue Auftritt des Forschungszentrums Karlsruhe unter: [www.fzk.de](http://www.fzk.de)



Seit kurzem ist FIND (Forschungszentrum **I**nternet **D**evelopment) im Netz. Das Forschungszentrum hat sich dadurch im weltweiten Wettbewerb der digitalen Informationsgesellschaft um Aufmerksamkeit innovativ und ansprechend positioniert.

Priorität hatte bei der Gestaltung des neuen Web-Auftritts der zielgruppenorientierte Einstieg, die Benutzerfreundlichkeit und der Einsatz moderner Web-Technologie.

[www.fzk.de](http://www.fzk.de) ist ein „work-in-progress“, d.h. es befindet sich in ständigem Ausbau und wird permanent gepflegt. Zum Freischaltungstermin wurde der „zentrale Bereich“ des Auftritts komplett überarbeitet, vor allem in Form neuer Eingangsseiten (in Deutsch und Englisch) für alle Organisationseinheiten. Von diesen Seiten wird derzeit noch

auf die „alten“ Seiten weitergeleitet. In der nun folgenden zweiten Phase sollen die unteren Ebenen mit ihren vielen hunderttausend Seiten angegangen werden.

Ob Schüler, Unternehmer oder Zuwendungsgeber – der neue Web-Auftritt ist eine Einladung an alle, sich über das Zentrum, seine Mitarbeiter, sein Leistungsspektrum und seine Angebote zu informieren und unkompliziert Kontakt aufzunehmen. Das Unternehmen Forschungszentrum Karlsruhe reagiert damit auf die Notwendigkeit, gerade in wirtschaftlichen schwierigen Zeiten professionell

und kompetent auf die unterschiedlichen Zielgruppen zuzugehen.

Nach der „Verjüngungskur“: Auf den neu gestalteten Webseiten des Forschungszentrums lässt es sich wesentlich schneller als bisher auf relevante Informationen zugreifen. Die Globalnavigation beinhaltet (oben re.) u. a. Suchfunktionen, Sprachwahl und den Zugang zum Intranet. **Unser Tipp:** Unter dem Punkt „Aktuelle Veranstaltungen“ befinden sich sämtliche Veranstaltungshinweise des Forschungszentrums übersichtlich geordnet nach Vorträgen, Tagungen und Symposien sowie Messen und weitere Veranstaltungen.

# Innovative verfahrenstechnische Entwicklungen



Die neue Ausgabe der Nachrichten „Innovative verfahrenstechnische Entwicklungen“ – jetzt kostenlos zu bestellen mit unserem Fax-Abruf.

„Innovation“ ist heute ein gebräuchliches Modewort und wird allgemein als weitgreifende Neuerung von Produkten, Prozessen und Leistungsangeboten, aber auch von Organisationsformen und Strukturen in Unternehmen und Verwaltungen verstanden. Die Einflussfaktoren sind vielfältig und umfassen die Forschung mit neuen Erkenntnissen, Erfindungen als Lösung neuer Probleme, aber auch Qualifizierung und Motivation von Belegschaften und der Bevölkerung einschließlich der Schaffung entsprechender Infrastruktur und vieles mehr. Diese Komponenten sind nicht unabhängig voneinander. Gerade die Vision der wissensbasierten Gesellschaft erfordert wesentliche Beiträge der zuerst genannten Bereiche um dann durch Bildung und Motivation die Akzeptanz und die Bereitschaft für den technologischen Wandel zu erreichen.

Ist nach Roman Herzog die Innovation der Motor einer jeden Volkswirtschaft, so stellen Forschung und Entwicklung einen wesentlichen Antrieb für Innovation dar. Sie bilden die Grundlage ökonomischer und technologischer Neuerungen, bei denen auch Fragen der Ökologie zunehmend an Bedeutung gewinnen. „Nachhaltigkeit und Technik“ ist ein Programm innerhalb des Forschungsbereichs "Erde und Umwelt" der Helmholtz-Gemeinschaft, das auch für den Großteil der hier publizierten Beiträge verantwortlich zeichnet. In diesem Sinne ist In-

novation eine komplexe gemeinschaftliche Aufgabe in der Helmholtz-Gemeinschaft. Hier besteht die Chance, innovative Ideen aufzunehmen, weiter zu entwickeln und unter Einbeziehung unterschiedlicher wissenschaftlicher und technischer Disziplinen effizient voranzutreiben.

Die Beiträge in den neusten vom Forschungszentrum Karlsruhe herausgegebenen Wissenschafts-Nachrichten befassen sich mit innovativen verfahrenstechnischen Entwicklungen, die nicht für sich alleine stehen, sondern Elemente ganzheitlicher Konzepte nachhaltiger Entwicklungen sind. Eine wesentliche Rolle kommt dabei den stoffwandelnden Prozessen zu, die als Bindeglied zwischen Rohstoff und Produkt eine Schlüsselstellung einnehmen. Dies gilt ebenso für stoffliche als auch energetische Produkte in der chemischen Industrie bzw. der Energiewirtschaft. Strategische Ziele einer nachhaltigen Entwicklung sind hier Veränderungen in der chemischen Produktion und die Ergänzung der Energiebereitstellung durch nachwachsende erneuerbare Rohstoffe, eine effizientere Nutzung der fossilen Ressourcen wie Erdöl, Erdgas und Kohle, und die Erzeugung von Produkten für nachhaltiges Wirtschaften. Dementsprechend befassen sich verfahrenstechnische Beiträge mit der Bereitstellung und Nutzung neuer Rohstoffquellen bzw. Energieträger. Beiträge dazu sind in oben erwähntem Heft die Erzeugung von Wasserstoff und Synthesegas aus Biomasse, aber auch der Aufschluss biologischer Zellen in elektrischen Feldern. Diese Entwicklungen sind gute Beispiele dafür, dass verfahrenstechnische Entwicklungen nicht isoliert, sondern im Verbund mit der Erzeugung, Bereitstellung und Konditionierung der Ausgangsstoffe und mit der Aufarbeitung und weiteren Nutzung der Zwischenprodukte betrachtet, erforscht und entwickelt werden müssen. Eine andere Gruppe von Beiträgen befasst sich mit der Verbesserung und Optimierung erfolgreich implementierter und aus heutiger Sicht unvermeidbarer Verfahren, wie etwa den Beiträgen im Rahmen großtechnischer Verbrennungsprozesse zur thermischen Abfallbehandlung, aber auch zur Energieerzeugung. „Effizientere Nutzung vorhandener Roh-

stoffe“ meint auch intelligentes Recycling wie z.B. den Haloclean-Prozess für Elektronikschrott und die Reduktion oder völlige Vermeidung problematischer Stoffe, wie etwa von chemischen Lösungsmitteln und Reaktionsmedien, wie sie die Beiträge zu lösungsfreien Synthesen, Reinigungs- und Trennverfahren in überkritischem Kohlendioxid und die Entwicklung halogenfreier Flammenschutzmittel darstellen. Im Hinblick auf neuartige Produkte spielen Verfahrensentwicklungen eine wichtige Rolle, die einen Zugang zu neuen Materialien und Produktformulierungen schaffen.

Alle in dem erwähnten Heft aufgeführten verfahrenstechnischen Ent-

wicklungen heben ihre Berechtigung als Elemente integrierter Konzepte im Rahmen der verschiedenen und unterschiedlich weit reichenden Ziele eines nachhaltigen Wirtschaftens.

Wie schnell sich ein Wandel von der Abfallbeseitigung zur abfallarmen Wirtschaft vollziehen kann und wird, hängt allerdings nicht nur von neuen innovativen Techniken auf der Basis einer fundierten Grundlagenforschung ab, sondern auch von der Investitionsbereitschaft und -kraft der Industrie und dem dazu notwendigen politischen Umfeld nicht nur in Deutschland sondern auch weltweit.

## ■ Angebote

### Video-Endoskop Olympus IPLEX-SA

Nichts ist wichtiger für die industrielle Endoskopie als die Möglichkeit, Bilder so akkurat und brillant wie möglich aufzeichnen und wiedergeben zu können. Diesen Anforderungen gerecht wird das Video-Endoskop Olympus IPLEX-SA, weshalb Herr Dr. Lothar Steinbock vom Institut für Materialforschung (IMF I) des Forschungszentrums Karlsruhe in das tragbare und fast überall einsetzbare Gerät investiert hat und dieses nun zum Einsatz bei der Nachuntersuchung von nuklearen Sicherheitsexperimenten verwendet.

Durch Kombination mit anspruchsvoller Präzisions-Technik ist es Olympus gelungen, Komponenten im Mikro Maßstab auf ein Videoskop mit nur wenigen Millimetern Durchmesser zu implementieren. So ist ein Einsatz besonders bei der Inspektion von engen Rohrsystemen möglich.

Alles zusammen wurde in ein ergonomisches Design integriert, wodurch das IPLEX leicht zu verwenden und zu bedienen ist. Dieses leistungsstarke Inspektionssystem, in einer einzigen voll integrierten Einheit, die ideal ist für jegliche Inspektionsfel-

der, sei es im Luftfahrtswesen oder bei industriellen Maschinen oder Anlagen, kann mit 7 verschiedenen Objektivköpfen verwendet werden: mit Geradsicht, Seitsicht, 2D/3D sowie verschiedenen Brennweiten.

Gerade für mittelständische Unternehmen kann eine Anmietung des Geräts sehr interessant sein. Am Institut kann auch eine Schulung des Betreibers stattfinden, die unabdingbar ist, um alle Möglichkeiten des Geräts ausnutzen zu können.



Bild eines Abgasrohres mit Schutz

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.olympus.de/Industrial/products/index.cfm?id=a1137](http://www.olympus.de/Industrial/products/index.cfm?id=a1137)  
 oder treten Sie direkt in Kontakt mit [lothar.steinbock@imf.fzk.de](mailto:lothar.steinbock@imf.fzk.de)

## ■ Angebote

## On-line fähiges Sensorsystem zur in-situ Analytik von Gasen

Kühl- und Gefriersysteme werden heutzutage standardmäßig mit Zinnoxid-Gassensoren auf Kühlmittel-Leckagen überwacht. Jedoch treten bei konventioneller Betriebsweise der Sensoren häufig Fehlmeldungen auf, da die Identifikation des (austretenden) Gases nicht möglich ist. In einem Projekt zur Detektion von Kühlmittelleckagen haben die Fachhochschule Karlsruhe – Hochschule für Technik und das Forschungszentrum Karlsruhe ein innovatives und preiswertes Sensorsystem entwickelt. Dieses ermöglicht eine verbesserte Ammoniak Detektion und Konzentrationsmessung durch Bestimmung des Wirkleit-

werts  $G(T)$  bei periodischer Variation der Arbeitstemperatur.

Die Ammoniak-Konzentration kann mit einer Genauigkeit von plus/minus 10% bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalten gemessen werden. Nach den Testperioden wurde kein signifikanter Rückgang bei der Empfindlichkeit des Sensors festgestellt. Dauerbetrieb bis zu 11 Wochen ohne Rekalibration konnte realisiert werden.

Das Forschungszentrum sucht nun Anwender und Lizenznehmer; weitere Informationen erhalten Sie über unser Faxformular.

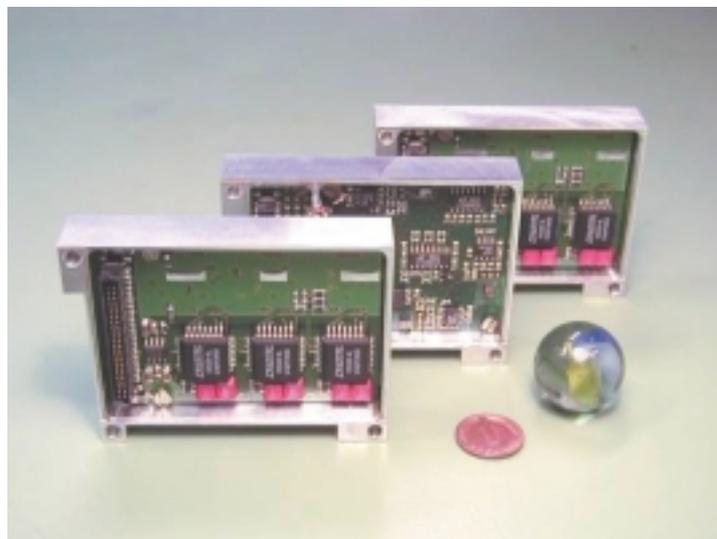


## ■ Angebote

## Standard-Elektronik-Module für die Mikrosystemtechnik als Spin-Off des (BMBF-Projekt KOMET)

Im Rahmen des BMBF-Projektes KOMET (Kompakte Meßmodule für die Inertialtechnik) hat das Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE) als Projektpartner sein Know-How in der hochpräzisen elektronischen Auswertung mikromechanischer Bewegungssensoren für Beschleunigung, Drehrate und im Design komplexer Mikrosysteme beige-steuert. Ergebnis ist eine "Modulare 6-Achsen-Inertialnavigationsplattform" (3D-Beschleunigung + 3D-Gy-

ro) mit hervorragenden Meßeigenschaften, die kommerzielle Lösungen teilweise um mehrere Größenordnungen übertreffen. So kommen Beschleunigungssensoren mit einer Auflösung von  $< 1\mu\text{g}/\pm\text{Hz}$  zum Einsatz (1 Millionstel der Erdgravitation). Diese Grenze ist bestimmt durch die Brownsche Molekularbewegung der Gasatome, welche auf die Mikromechanik des Sensors „trommeln“, und kann daher nicht unterboten werden.



Standard-Elektronik-Module für die  $\mu$ -Systemtechnik

Als „Spin-Off“ des Projektes KOMET ([www.komet-navigation.de](http://www.komet-navigation.de)) können Mikrosysteme im IPE nun vollständig modular realisiert werden: Jede Funktionseinheit eines Mikrosystems (Sensor-Frontend, Analog-Digital-Wandler, Power-Supply, CPU, ...) bildet ein Modul, das mit Hilfe standardisierter elektrischer und mechanischer Schnittstellen mit anderen Modulen kombiniert werden kann. Modulare Mikrosysteme haben den Vorteil, daß sie aus getesteten und bereits fertig entwickelten Modulen konfektioniert werden können. Die Wiederverwendbarkeit einmal erbrachter Ingenieurleistung resultiert in kurzen Entwicklungszeiten und sicheren Arbeitsergebnissen schon in der Planungsphase.

Bereits jetzt nutzen drei neue IPE-Projekte (Datenlogger für Künstliche Nasen, Ozonphotometer für die Klimaforschung, Evaluationsplattform für Mikrospektrometer) das modulare Konzept.

([www.ipe.fzk.de/projekt/mikro/komet](http://www.ipe.fzk.de/projekt/mikro/komet))

## ■ Allgemeines

## Veranstaltung Abschlussseminar

Verbundprojekt Greiferbaukasten am 23.09.2003 auf der Motek

Am 23.09.2003, 14:00 Uhr findet auf der Motek in Sinsheim das Abschlussseminar des BMBF-Verbundprojektes „Greiferbaukasten“ statt. Koordiniert von Fa. IEF-Werner erarbeitete das Konsortium aus den Firmen Schunk Spann- und Greifsysteme GmbH, Piezosystem Jena GmbH und den Forschungsinstituten Fraunhofer IOF Jena und Forschungszentrum Karlsruhe Schnittstellen und Module für Freisysteme der Mikrosystemtechnik.

Auf dem Abschlussseminar werden die Endeffektorschnittstelle, die bereits als Normentwurf veröffentlicht wurde sowie verschiedene Module des Greiferbaukastens der Öffentlichkeit präsentiert. Abschließend wird die Anwendung des Greiferbaukastens an Hand einer Beispielmontage auf dem Stand der Fa. IEF-Werner demonstriert. Interessenten sind zu dieser Veranstaltung herzlich eingeladen (Unkostenbeitrag 20 EUR).

Anmeldung bei: Herrn Ulrich Moser  
IEF-Werner GmbH  
Wendelhofstraße 6  
78120 Furtwangen  
Telefon: 07723 925-0  
E-Mail: [ulrich.moser@ief-werner.de](mailto:ulrich.moser@ief-werner.de)

## ■ Allgemeines

## Veranstaltung

## 2. Fachkonferenz Mikrotechnik



### Vom Mikrobauteil zur technischen Problemlösung –

#### • Fertigen • Montieren • Prüfen

Die Mikrosystemtechnik lebt von der konsequenten Miniaturisierung mechanischer, optischer, sensorischer, fluidischer und anderer Bauteile. Das dafür nötige Fertigungs-Know-how hält immer mehr Einzug in den Produktionsalltag. Hier heißt es, den Anschluss nicht zu verpassen: Verschaffen Sie sich einen umfassenden Überblick über die vielfältigen Verfahren und Möglichkeiten der Mikrotechnik. So können Sie mit der intimen Kenntnis Ihrer eigenen Produkte und Entwicklungen frühzeitig neue Marktchancen erkennen und kompetente Partner finden.

Eine attraktive Gelegenheit dafür bietet sich vom 8.-9.12.2003 auf der Fachkonferenz „Mikrotechnik“, veranstaltet durch das Deutsche Industrie Forum (DIF, [www.dif.de](http://www.dif.de)). Unter der wissenschaftlichen Leitung von Dr. Holger Moritz, Zentrum Werkstoffe der Mikrotechnik (ZWM, [www.fzk.de/zwm](http://www.fzk.de/zwm)), tragen Fachleute aus Industrie und Forschung in der Festung Marienberg in Würzburg über aktuelle mikrosystemtechnische Trends und exemplarische Anwen-

dungen vor. Entsprechend den Wünschen der begeisterten Teilnehmer der 1. Fachkonferenz wird der Schwerpunkt auf Montage- und Fügetechniken, auf die Schnittstelle zwischen Mikrosystem und Makrowelt sowie die Prüftechnik für die Mikrotechnische Fertigung gelegt. Eine ausführliche Einführung in die Themen der ersten Fachkonferenz macht diese Veranstaltung gleichermaßen lohnend für deren Teilnehmer wie Nichtteilnehmer (Impressionen der ersten Veranstaltung finden Sie auf [www.dif.de](http://www.dif.de) unter „Report“, die detaillierte Ankündigung dieser Konferenz unter „Seminare“).

In einer begleitenden Fachaussstellung werden Sie Firmen kennen lernen, deren Leistungen Sie für Ihre Aktivitäten beanspruchen können. Nutzen Sie diese Chance, sich umfassend über den aktuellen Stand in diesem sich rasch entwickelnden Technologiebereich zu informieren! Für weitergehende Informationen nutzen Sie einfach das Faxformular auf der letzten Seite bzw. die angegebenen Kontaktmöglichkeiten.

## Veranstaltung

## IPE auf der Productronica 2003



Das Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE) wird auf der Productronica in München vom 11.-14. November 2003 verschiedene Neuentwicklungen des Hauses vorstellen. Neben dem in Leiterplattentechnik herge-

stellten Vibrationsschalter werden auch Prototypen eines neuartigen Mikro-Flusssensors und ein Ultraschall Sende- und Empfangsarray mit 1536 Empfängern und 384 Sendern vorgestellt. Das Ultraschallsystem kann im Bereich der Medizintechnik für die bildgebende Diagnostik eingesetzt werden und ermöglicht die Abbildung von Strukturen bis hinab zu einer Größe von 400µm.

## Veranstaltung

## 2<sup>nd</sup> ANKA Users Meeting vom 15.-16. September im Forschungszentrum Karlsruhe



Das ANKA -Team (Angströmquelle Karlsruhe GmbH) lädt ein zum 2. ANKA Treffen. Während des zweitägigen Programms können Interessierte aus Industrie und Wissenschaft die Synchrotronstrahlenquelle ANKA besichtigen, Vorträge zu den neuesten Forschungsergebnissen hören und Erfahrungen austauschen.

Beginn: Montag 15. September, 10.00 Uhr; Ende: Dienstag 16. September, 16.00 Uhr; Hinweis: Die Veranstaltung wird in Englisch abgehalten!

Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte:  
ANKA User Office  
Tel.: +49/(0)7247 82-6071  
Fax: +49/(0)7247 82-6789  
E-Mail: [rosemarie.kuppingerknapp@anka.fzk.de](mailto:rosemarie.kuppingerknapp@anka.fzk.de)  
<http://www.fzk.de/anka>

## Veranstaltung

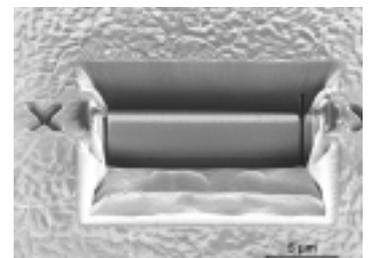
## FIB-Workshop am 26. Nov. im Forschungszentrum Karlsruhe Anwendungen der FIB-Mikroskopie in der Mikro- und Nanotechnologie:

Focused-Ion-Beam-(FIB)-Mikroskope werden für Untersuchungen in der Werkstoffforschung und Problemstellungen der Mikroelektronik eingesetzt, wie z.B. zur kontrastreichen Abbildung (Channeling-Effekt) von Dünnschichten, zur Querschnittpräparation, zur Fehleranalyse, zur Mikrostrukturierung sowie zur Modi-

fikation von Dünnschichtstrukturen. Am 26. November 2003 haben Interessierte aus Industrie und Forschung die Gelegenheit, die Anwendungsmöglichkeiten des FIBs vor Ort kennenzulernen und mit erfahrenen Fachleuten über die Potentiale zu diskutieren. Der eintägige Workshop bietet einen Überblick über die An-

wendungen der Focused-Ion-Beam-(FIB)-Systeme in Forschung und Technologie. Themenschwerpunkte werden die Probencharakterisierung sowie das nanoskalige Prototyping sein.

Mit dem FIB hergestellter Querschnitt durch eine Al-Folie. Die Lamelle hat eine Dicke von unter 100 nm.



## Veranstaltung NanoFair 2003 -

Einblick in die  
Nanowelten  
20.-21. November  
in Dresden

# Nanofair

Nach dem erfolgreichen Auftakt im letzten Jahr in Straßburg mit rund 175 Teilnehmern aus 14 Ländern wird das internationale Symposium zur Nanotechnologie dieses Jahr in Dresden stattfinden (20. - 21.11., Sächsischer Landtag). Die Veranstaltung richtet sich mit praxisnahen Fachvorträgen, Postersession und Ausstellung insbesondere an kleine und mittelständische Unternehmen. Hier wird Wirtschaftsvertretern und Wissenschaftlern eine ideale Plattform für den Informations- und Erfahrungsaustausch geboten, da es gilt, die vielfältigen Möglichkeiten dieser Schlüsseltechnologie innovativ zu nutzen. Themen des Symposiums sind Forschungsergebnisse und neue Anwendungen der Nanotechnologie in den Bereichen Elektronik, Automotive, Werkstoffe, Optik und Life Sciences.

Unterstützt werden die Ausrichter, die Wirtschaftsförderungen der Städte Karlsruhe, Straßburg und Dresden sowie der VDI, u.a. durch das Kompetenznetz für Materialien der Nanotechnologie, NanoMat, und das Forschungszentrum Karlsruhe. Der besondere Service dabei ist, dass die erfolgreichen Anwendungen und neueste wissenschaftliche Erfolge aus dem Bereich Nanotechnologie dargestellt werden, sowie Informationen über Nanofair selbst durch einen elektronischen Newsletter abonniert werden können unter [www.nanofair.com](http://www.nanofair.com). Auf dieser Homepage finden Sie auch alle weiteren Informationen zum Symposium.

## Von Strahlung und Multivariablen-Kompetenz - das Institut für Reaktorsicherheit IRS

Welche Forschungsthemen erwarten Sie, wenn Sie das Institut für Reaktorsicherheit IRS des Forschungszentrums betreten? „Selbstverständlich alles was mit Kerntechnik und Störungen in dessen Umfeld zu tun hat!“ wäre vermutlich Ihre Antwort ... und da liegen Sie zweifelsohne auch richtig. Denn aktuelle Fragen auf welche die Wissenschaftler des Instituts Antworten suchen sind: Welche thermischen Wechselwirkungen treten zwischen Kernschmelze und Kühlmittel auf? Lassen sich schwere Reaktorstörfälle bis hin zur Kernzerstörung simulieren? Und: Wie sicher sind schnelle Reaktoren (Brennstabverhalten)? Im Bereich der Kernfusion werden unter anderem Antworten auf die Frage generiert, wie stark Neutronenquellen Materialien schädigen und wie sich supraleitende Magnete im Störfall verhalten.

Viele dieser Aufgabenstellungen sind durch die Entwicklung ausgefeilter Software am PC zu lösen. „Daher werden von den Wissenschaftlern, die mit der Entwicklung von Algorithmen, komplexen physikalischen Modellen und der Erstellung von Rechenprogrammen beschäftigt sind, weniger praktische Fertigkeiten, denn überdurchschnittliche physikalische und mathematische Kompetenz und ein hohes Maß an Abstraktionsvermögen erwartet“ erklärt Herr Dr. Schlechtendahl, stellvertretender Leiter des IRS. „Uns fehlen aus diesem Grunde die Mitarbeiter weniger wegen der negativen Belegung des Begriffs „Reaktorsicherheit“ in der Bevölkerung als vielmehr aufgrund der mangelnden Qualifikation potentieller Bewerber. Denn unser anspruchsvolles Ziel ist, unser aus der Reaktorsicherheit kommendes qualifiziertes Know-how über die Grenzen der Kerntechnik hinaus in die aktuellen Forschungsgebiete der Mikrosystemtechnik und der „Chemische Verfahrenstechnik“ zu transferieren!“ Und in diesen Disziplinen weiß man das Know-How des IRS zu schätzen: Ob bei der Auslegung von Mikrostrukturapparaten oder der Projektierung von Anlagen, z.B. für den Ein-



Ehemalige Versuchsanlage IVAN für Sicherheitsexperimente an Reaktordeckeln (vor dem IRS-Gebäude)

satz von überkritischem Wasser zur Durchführung chemischer Reaktionen, die „Modellierungskompetenz“ der IRS-Wissenschaftler ist gefragt.

Eine herausragende Entwicklung stellt die „Adjoint Sensitivity Analysis Procedure“ (ASAP) von Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Cacuci, Leiter des IRS dar, die über die bisherigen Grenzen der Mathematik Rechnerzeit zu effektivieren vermag. Bekanntermaßen benötigt eine Problemstellung mit mehreren (n) Eingangsparametern, die alle unabhängig voneinander in signifikanter Form das Ergebnis beeinflussen n + 1 Rechnungen, um über jede Einflussgröße eine Aussage treffen zu können. Sehr schnell gera-

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x_i} = \frac{\partial f(x)}{\partial x_i} + \frac{\partial f(x)}{\partial x_j} \cdot \frac{\partial x_j}{\partial x_i}$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x_i} = \frac{\partial f(x)}{\partial x_i} + \frac{\partial f(x)}{\partial x_j} \cdot \frac{\partial x_j}{\partial x_i}$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x_i} = \frac{\partial f(x)}{\partial x_i} + \frac{\partial f(x)}{\partial x_j} \cdot \frac{\partial x_j}{\partial x_i}$$

ten jedoch komplexe Aufgabenstellungen mit vielen (mehr als 100) variablen Parametern, die lange Rechnerzeiten (mehr als einen Tag) benötigen, an die Grenze des wirtschaftlich oder gar derzeit überhaupt machbaren.

Im IRS wurden von Prof. Cacuci die Algorithmen dergestalt modifiziert, dass insgesamt nur noch ZWEI Rechnungen benötigt werden, um zu einem vergleichbaren Ergebnis zu gelangen, unabhängig von der Parameteranzahl (die dürfte sogar in die Millionen gehen)! Diese enorme Effizienzsteigerung des Rechnerpotentials birgt noch ungeahnte Anwendungsmöglichkeiten, da derzeit als zu komplex erscheinende Aufgabenstellungen nun in einer „einfachen“ Zeit gelöst werden können.

Wir nehmen gerne die Herausforderung an, für ihre komplexe Aufgabenstellung einen Lösungsweg mit der ASAP-Methode zu suchen. Nehmen Sie Kontakt mit uns auf!

# Bauteiloptimierung mit dem Taschenrechner

Bauteile brechen an Stellen, an denen Löcher oder Verengungen, also Kerben, konstruktionsbedingt vorgegeben sind. Dieses Bauteilversagen lässt sich umgehen, indem man lokal hohe Kerbspannungen vermeidet. Wie das geht, zeigt uns die Natur. Im Forschungszentrum Karlsruhe wurde dieses Wissen auf die Konstruktion von Bauteilen übertragen. Die dabei notwendigen Berechnungen erforderten bisher sehr komplexe mathematische Werkzeuge, die so genannte Finite-Elemente-Methode, sowie leistungsfähige Computer. Ein neuartiger Ansatz macht beides überflüssig: Eine optimale Bauteilform kann nun mit einem einfachen Taschenrechner in wenigen Schritten ermittelt werden.

Dies wird durch ein neues Verständnis der Natur der Kerbspannungen ermöglicht, die als einfache Biegespannungen interpretiert werden. Kerbspannungen in mechanischen Bauteilen sind lokal hohe Spannungen, die durch die Umlenkung des Kraftflusses um eine Kerbe entstehen können. Bei Belastung der Bauteile bilden sich an solchen Stellen nicht selten Risse, die oft zum Bruch des Bauteils führen. Dieses Bauteilversagen lässt sich vermeiden, indem lokal hohe Kerbspannungen durch kluge Ausformung der Kerbkontur vermieden werden.

In der Natur wurde die Gestaltoptimierung in Millionen von Jahren perfektioniert: Kerbspannungen werden in Knochen oder Bäumen durch formoptimiertes Umlenken des Kraftflusses vollständig vermieden, es treten keine Spannungsspitzen auf. „Dieses Verfahren haben wir der Natur abgeschaut und in den letzten 15 Jahren auf technische Bauteile übertragen“, erläutert Prof. Dr. Claus Mattheck, Leiter der Abteilung Biomechanik am Institut für Materialforschung (IMF). Viele deutsche Automobilfirmen opti-

mieren damit Teile ihrer Fahrzeuge und in der Medizintechnik werden damit extrem haltbare Knochen-schrauben und Zahnimplantate entwickelt.

CAO nutzt die Finite-Elemente-Methode, ein komplexes mathematisches Werkzeug. „Für eine sinnvolle Anwendung benötigte man bisher einen leistungsfähigen Computer und einen Ingenieur mit Rechnererfahrung“, so Mattheck weiter. „Und auch damit waren die Ergebnisse oft nicht leicht fertigungsgerecht aufzubereiten.“

Das soll nun anders werden: Mit einer neuen Deutung der Kerbspannungen als überlagerte Biegespannungen lassen sich Bauteile mit hoher Präzision auch mit einfachen Hilfsmitteln optimieren. „Die von außen aufgebrachten Spannungen müssen durch Querschnittsverbreiterung so abfallen, wie die Kerbspannungen krümmungsbedingt ansteigen“, erklärt Claus Mattheck. „Kerbspannungen als Folge der Krümmung der Kerbkontur werden ausgeglichen, indem der Querschnitt der Bauteile an diesen Stellen vergrößert wird.“

Die neue Interpretation der Kerbspannungen, die einfache Möglichkeit der Bauteiloptimierung und den schadenskundlerischen Blick für die Schwachstelle im Bauteil will Professor Mattheck in seinem neuen Wissenschafts-cartoon „Warum alles kaputt geht – Form und Versagen in Natur und Technik“ unters Volk bringen und zwar als Schadenskunde für alle, „... vom Klempnerlehrling bis zum Konstruktionsleiter.“



Claus Mattheck: „Warum alles kaputt geht – Form und Versagen in Natur und Technik“, Verlag Forschungszentrum Karlsruhe GmbH 2003, ISBN 3-923704-41-0. Zu beziehen bei Buchhandlung Mende in Karlsruhe: Tel.: 0721 981610, Fax: 0721 815343, E-Mail: karl@mende.de

## WEITERE INFORMATIONEN ERHALTEN SIE VON:

### Forschungszentrum Karlsruhe GmbH

Stabsabteilung Marketing  
Patente und Lizenzen (MAP)  
Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe

Telefon: 07247 82-3921  
Fax: 07247 82-5523  
E-Mail: info@map.fzk.de

Sie finden uns auch im Internet unter der Adresse:

[www.fzk.de](http://www.fzk.de)

## IMPRESSUM

### Redaktion:

Dr. Thomas Windmann  
Dr. Jens Fahrenberg  
Dipl.-Kffr. Christina Männel  
Dipl.-Ing. Silke Bohrmann

### Gestaltung:

Tassilo Schnitzer  
Compart Werbeagentur

### An der aktuellen Ausgabe wirkten mit:

Dr. Joachim Hoffmann  
Justus Hartlieb (M.A.)

### Fotos:

Markus Breig, Martin Lober u.a.

### Druck:

Baur GmbH,  
Kelttern

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Nachdruck mit Genehmigung des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH unter Nennung der Gesellschaft und des Autors gestattet. Beleg erbeten.

## FAX-ABRUF

# 07247 82-5523

### Forschungszentrum Karlsruhe GmbH

Stabsabteilung Marketing, Patente und Lizenzen (MAP)

Bitte schicken Sie mir weitere Informationen: **Absender:**

- Nanoröhren
- Wasserstofftank
- Innovative verfahrenstechnische Entwicklungen
- Gassensorsystem
- Veranstaltungen:
- Produktronica  ZWM-Workshop
- NanoFair  FIB-workshop
- IRS-Software
- sonstige Wünsche

Name

Firma

Straße

PLZ/Ort

Telefon

E-Mail