

SCHWER- PUNKTE UND TRENDS IN DER WERKSTOFF- TECHNIK

RWTH AACHEN UNIVERSITY

BERICHTE
AUS DER
RHEINISCH-
WESTFÄLISCHEN
TECHNISCHEN
HOCHSCHULE
AACHEN

AUSGABE 1/2003

ISSN-NR.
0179-079X





gewoge

Gemeinnützige
Wohnungsgesellschaft
für Aachen AG

Kleinmarschierstr. 54/56
52062 Aachen

Ansprechpartner Herr Mertens
Telefon (02 41) 4 77 04-35

www.gewoge-aachen.de
info@gewoge-aachen.de

www.dreilaender-carree.de



»Dreiländer Carree«

Technologie · Wissenschaft · Business

- 2. Bauabschnitt
- Neuenhofer Weg 3, 52074 Aachen
(Vaalser Straße, Nähe Klinikum d. RWTH)
- ansprechende Architektur
- hervorragende Ausstattungsqualität
- flexible Flächennutzung zwischen 250 m²
und mehreren tausend Quadratmetern
- Aufzug und Tiefgarage
- Gastronomiebereich
- beste Verkehrsanbindung



SCHWERPUNKTE UND TRENDS IN DER WERKSTOFFTECHNIK

Aus dem Inhalt

RWTH
THEMEN

RWTH-THEMEN 1/2003

Vorwort des Rektors	4
Schwerpunkte und Trends in der Werkstofftechnik	6
Die Schülerwettbewerbe des Werkstoff-Forums	8
Die werkstoffkundlichen Studien- und Lehrangebote an der RWTH	10
Licht verdrängt Strom in der Produktion	12
Textilbewehrter Beton	18
Gemeinsam forschen in Stahl und Glas	22
Retina-Implantate	24
Was ist eigentlich ein Hochleistungsmetall?	26
Regeneration von Zahnbetterkrankungen	29
aachen polymer chain	31
Nanotechnologie in der Werkstoffforschung	32
Charakterisierung fadenkontaktierender Maschinenelemente	38
Kompetenznetzwerk für Faserverbundkunststoffe an der RWTH Aachen	40
Die richtige Oberfläche – Der Schlüssel zum Erfolg	43
Kernspintomograph im Taschenformat	46
Bakterienkulturen in keramischen Trägerstrukturen	48
Rüstzeug für die Materialien von morgen	52
Metallische Schäume und Schwämme als Werkstoffe der Zukunft?	53
Kleben von Mikrobauteilen	56
Der Sonderforschungsbereich 370 „Integrative Werkstoffmodellierung“	58
Formgebung zwischen fest und flüssig	60
ADI – ein hochwertiger Gusseisenwerkstoff mit Leichtbaupotenzial	63
Aus der Redaktion:	66
Namen & Nachrichten	66
Internet wird zum Medium der Produktentwicklung	70
Das „Jahr des Hochschulsports“ beginnt in Aachen	72
Bücher	76
Diskussionsforum	80

3

Impressum

Herausgegeben im
Auftrag des Rektors:
Dezernat Presse
und Öffentlichkeit
der RWTH Aachen
Templergraben 55
52056 Aachen
Telefon 02 41/80-943 27
Telefax 02 41/80-923 24
Pressestelle@zhv.rwth-aachen.de
<http://www.rwth-aachen.de>

Redaktion:
Christof Zierath

Verantwortlich:
Toni Wimmer

Redaktionelle Mitarbeit:
Björn Gürtler
Renate Kinny
Thomas von Salzen

Titel:
Einlegen des teilflüssigen Bolzens
für die Herstellung eines Pumpen-
gehäuses in das Thixoschneide-
werkzeug

Rücktitel:
Lichtbogenspritzen einer Stahlschicht
auf schäumbares Aluminium-
Halbzeug im easyFoam-Prozess

Fotos:
Peter Winandy

Art direction:
Klaus Endrikat

Druck:
kuper-druck
Eduard-Mörke-Straße 36
52249 Eschweiler

Gedruckt auf chlorfrei
gebleichtem Papier

Das Wissenschaftsmagazin
„RWTH-THEMEN“
erscheint einmal pro Semester.
Nachdruck einzelner Artikel,
auch auszugsweise, nur mit
Genehmigung der Redaktion.
Für den Inhalt der Beiträge sind
allein die jeweiligen Autoren
verantwortlich.

Sommersemester 2003

Die RWTH Aachen baut ihre interdisziplinären Strukturen beständig aus, denn interdisziplinäre Strukturen bieten eine besondere Chance zu wissenschaftlicher Innovation. Die Hochschule identifiziert zukunftsweisende Lehr- und Forschungsfelder und bearbeitet diese unter Bündelung ihrer Kräfte. Intern oder extern erkannte neue Lehr- und Forschungsfelder werden konsequent aufgegriffen und in Sonderforschungsbereichen, Forscherverbünden, Interdisziplinären Foren, Graduiertenkollegs und fachübergreifenden Abschlussarbeiten effektiv bearbeitet. Diese Kooperationen ebnen häufig den Weg hin bis zu marktreifen Produkten.

Vorwort

Unter diesen Gesichtspunkten vollzog sich im Jahre 1988 die Gründung des Werkstoff-Forums als eines der mittlerweile auf sechs angewachsenen Interdisziplinären Foren der RWTH. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus verschiedenen Fachgebieten schaffen mit diesen Forschungsplattformen Verbünde, die bestens geeignet sind, Wissenstransfer innerhalb der Hochschule ebenso wie über ihre Grenzen hinaus zu gewährleisten. Durch die Pflege eines internen und externen Dialoges auch über Leistungsmaßstäbe wird das Bewusstsein für den akademischen Wettbewerb geschärft. Zudem entstehen zahlreiche neue Impulse insbesondere in den Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften aus Kontakten zur technisch-wirtschaftlichen Realität. Durch enge Kooperationen wird die Nähe der RWTH Aachen zur Wirtschaft als Wettbewerbsvorteil bewusst gepflegt.

Die Interdisziplinären Foren der RWTH Aachen haben sich mit ihren flexiblen Strukturen in der Vergangenheit bestens bewährt und werden dies auch in Zukunft mit höchster Effizienz tun. Im Werkstoff-Forum haben die Fakultäten für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, für Bauingenieurwesen, für Maschinenwesen, für Bergbau, Hüttenwesen und Geowissenschaften, für Elektrotechnik und Informationstechnik sowie die Medizinische Fakultät in Zusammenarbeit mit zentralen Einrichtungen der Hochschule und regionalen wie internationalen Wirtschaftsunternehmen beachtliche Ergebnisse geliefert. Auf die Schwerpunkte und Trends in der Werkstofftechnik der Zukunft – dargestellt in dieser Ausgabe der RWTH-THEMEN – dürfen wir alle gespannt sein.

Univ.-Prof. Dr. Burkhard Rauhut
Rektor

Keine Zukunft ohne Vergangenheit.



Und auch in der Vergangenheit waren wir unserer Zeit voraus.

OCMI SO/03-02

Gut, vielleicht sind wir in den 100 Jahren, die wir Autos bauen, manchmal über das Ziel hinausgeschossen. Aber wer neue Wege gehen möchte, der muss mutig sein. Und mal ganz ehrlich: Wäre doch schade, wenn wir dieses – zugegeben etwas ungewöhnliche – Experiment nicht gewagt hätten. Also werden wir genauso weitermachen, damit wir in 100 Jahren wieder begeistert zurückblicken können.

Besser ankommen



Schwerpunkte und Trends in der Werkstofftechnik

Fächerübergreifende, interdisziplinäre Forschung an der RWTH Aachen

Das Verständnis über Werkstoffe, deren Eigenschaften, Verarbeitbarkeit, Beständigkeit und Herstellbarkeit ist ein Schlüssel zu leistungsfähigen Volkswirtschaften. Ohne die Halbleiterwerkstoffe gäbe es keine künstliche Intelligenz, ohne die Polymerwerkstoffe keine umfassende Versorgung mit Gebrauchsgütern, Kleidung, Isolationsstoffen, ohne die metallischen Werkstoffe keine temperaturbeständigen hochfesten Maschinen, Motoren, Mechaniken, ohne die mineralischen Werkstoffe und Keramiken kein Bauen, keine feuerfesten Systeme, ohne Glas kein Licht und keine Transparenz. Diese Liste der werkstoffbezogenen Funktionen und Anwendungen zeigt trotz ihrer Unvollständigkeit bereits die zentrale Rolle der Werkstofftechnik für die moderne Industriegesellschaft. So sind viele denkbare neue Produkte und Prozesse für ihre Verwirklichung auf neue Werkstoffe angewiesen.

Daher überrascht auch nicht die erfolgreiche Entwicklung des Werkstoff-Forums an der RWTH Aachen. Inzwischen kann das Werkstoff-Forum auf eine fünfzehnjährige Erfolgsgeschichte zurückblicken. Der Startschuss für das Werkstoff-Forum wurde im Juli 1988 von Wissenschaftlern verschiedener Fachrichtungen der RWTH Aachen gegeben. Sie setzten sich die Förderung der fachübergreifenden, interdisziplinären Forschung auf dem Gebiet der Werkstoffe zum Ziel.

Heute ist das Werkstoff-Forum der Zusammenschluss von mehr als fünfzig Professoren aus sechs verschiedenen Fakultäten. Sie haben sich in den sechs Arbeitsgruppen Metalle, Glas und Keramik, Aachen polymer chain, Aachen Composite Engineers, Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde sowie elektronische Materialien zusammengeschlossen, um interdisziplinäre Forschungsprojekte zu initiieren und durchzuführen. Sechs verschiedene Sonderforschungsbereiche (SFB) lassen die vielfältigen Forschungsgebiete erkennen, in denen die Mitglieder des Werkstoff-Forums aktiv sind.

Um die Vielfältigkeit der wissenschaftlichen Arbeit in den Sonderforschungsbereichen des Werkstoff-Forums darstellen zu können, haben wir beispielhaft Beiträge aus den Sonderforschungsbereichen ausgewählt:

● Der Beitrag „*Der Sonderforschungsbereich 370, Integrative Werkstoffmodellierung*“ gibt einen Überblick über die Entwicklung, Struktur und Arbeitsweise dieses Sonderforschungsbereiches. Heute hat bei vielen Projekten die Abbildung des Materialverhaltens und des Herstellungsprozesses in mathematischen Modellen eine große Bedeutung. So kann die erfolgreiche Begehung des SFB 370 „Integrative Werkstoffmodellierung“ im September 2002 als ein besonderer Erfolg angesehen werden. Der bereits seit 1993 bestehende SFB wurde wegen seiner einzigartigen Durchgängigkeit bei der Modellierung des Werkstoffs über die unterschiedlichen Fertigungsstufen bis hin zum fertigen Bauteil von den Gutachtern als exzellent bewertet.

Ein zweites gleichwertiges Anliegen dieses Sonderforschungsbereiches besteht in der dimensionsübergreifenden Beschreibung von Werkstoffeigenschaften durch physikalische Modelle. Dies wird durch die Abbildung der mikroskopischen und makroskopischen Eigenschaften des Werkstoffes erreicht. Durch die modellhafte Beschreibung dieser Prozesse und die Umsetzung dieser Beschreibungsmodelle in Programme zur Berechnung der Entstehung des Werkstoffgefüges unter Beeinflussung der Fertigungsprozesse können der experimentelle Aufwand und die Kosten bei der Entwicklung und Herstellung neuer Produkte (Halbzeuge und Bauteile aus metallischen oder polymeren Werkstoffen) deutlich verringert werden.

● Mit dem Beitrag „*Formgebung zwischen fest und flüssig – Neue Entwicklungen beim Thixotroforming*“ wird ein Überblick über die Aktivitäten des SFB 289 „*Formgebung metallischer Werkstoffe im teilerstarrten Zustand und deren Eigenschaften*“ gegeben. Durch das Thixotroforming, welches im Temperaturbereich zwischen Solidus- und Liquidustemperatur angeordnet ist, reichen Metalllegierungen bei

geeigneter Mikrostruktur Fließeigenschaften, die eine Formgebung komplexer Bauteile mit hohen Festigkeitsanforderungen erlaubt. Es kann zwischen dem konventionellen Druckguss und dem konventionellen Gesenkschmieden eingeordnet werden und kombiniert die Vorteile beider Verfahren.

● Der Beitrag „*Kleben von Mikrobauteilen – Applikation von Klebstoffen in der Mikrosystemtechnik*“ zeigt einen Ausschnitt der Forschungsarbeiten des Teilprojekts „Mikrokleben“, das im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 440 bearbeitet wird. Der SFB 440 „Montage hybrider Mikrosysteme“ wurde im Jahr 1997 mit dem Ziel eingerichtet, Grundlagenwissen in der Mikrosystemtechnik zu erarbeiten, um eine fundierte Basis für zukünftige industrielle Anwendungen zu schaffen.

● Aus dem SFB 561 „Thermisch hochbelastete, offenporige und gekühlte Mehrschichtsysteme für Kombi-Kraftwerke“ stammt der Beitrag „*Licht verdrängt Strom in der Produktion*“. Der Beitrag setzt sich mit dem Problem der Anfertigung von Kühlbohrungen in Turbinenkomponenten auseinander. Die Zielsetzung des SFB 561 liegt in der Schaffung von technischen und wissenschaftlichen Grundlagen, um in einem Kombi-Kraftwerk im Jahre 2025 Gesamtwirkungsgrade von rund 65 Prozent zu erreichen. Dazu müssen Turbineneintrittstemperaturen von 1350 Grad Celsius in der Gasturbine und 650 bis 720 Grad in der Dampfturbine verwirklicht werden. Diese Temperaturen sind nur durch die Entwicklung neuer Werkstofflösungen und spezieller Kühlsysteme zu realisieren.

● Der Sonderforschungsbereich 532 „Textilbewehrter Beton – Grundlagen für die Entwicklung einer neuartigen Technologie“ ist mit dem Beitrag „*Textilbewehrter Beton – Interdisziplinäre Entwicklung einer neuen Technologie*“ im Themenheft vertreten und beschäftigt sich mit der Entwicklung eines neuen Verbundwerkstoffs, der die günstigen Materialeigenschaften des Betons mit denen der technischen Textilien kombiniert.

Weitere Beiträge in diesen RWTH THEMEN sind:

- Ein Beitrag über die „*Aachen polymer chain*“, die eine Arbeitsgruppe des Werkstoff-Forums ist. In ihr finden sich praktisch alle Forschungsfelder, die den Prozess der Erzeugung und Verarbeitung von Polymerwerkstoffen betreffen.
- Der Beitrag „*Gemeinsam forschen in Stahl und Glas*“ zeigt einen Überblick über die Historie und die Projekte des im November 2002 neu eröffneten Zentrums Metallische Bauweisen (ZMB).
- Die Arbeiten des Kompetenzzentrums für Prozesssimulation „*SimPRO*“ auf dem Gebiet der Simulation verschiedenster Arbeitsprozesse an den Werkstoffen Metall, Kunststoff, Keramik und den nötigen Folgeverfahren, wie Schweißen, Schneiden, Sintern, Fügen, Oberflächenbehandlung und Beschichte werden in dem Beitrag, „*Rüstzeug für die Materialien von morgen*“ dargestellt.
- Der Beitrag „*Die Nanotechnologie in der Werkstoffforschung – Kleiner Maßstab mit großen Auswirkungen*“ gibt einen Überblick über Aktivitäten des im Februar 2002 gegründeten NanoClubs. Der NanoClub ist eine Kompetenz- und Kommunikationsplattform zur synergetischen Bündelung der Aktivitäten im Bereich der Nanowissenschaften und der Nanotechnologie an der RWTH Aachen.
- Der Beitrag über die „*Charakterisierung fadenkontaktierender Maschinenelemente*“ beschäftigt sich mit der Vorhersage der Kennwerte von fadenkontaktierenden Elementen in Textilmaschinen.
- Die Aktivitäten der Aachen Composite Engineers (ACEs), eine Arbeitsgruppe des Werkstoff-Forums, werden in dem Beitrag „*Kompetenznetzwerk für Faserverbundwerkstoffe*“ vorgestellt. Die Aachen Composite Engineers beschäftigen sich mit der Weiter- und Neuentwicklung von Faserverbundwerkstoffen, welche wie kaum ein anderer Werkstoff ein enormes Leichtbaupotenzial, also ein Höchstmaß an mechanischen Eigenschaften bei gleichzeitig geringem Gewicht, besitzen.

- Der Beitrag zum werkstoffkundlichen Studien- und Lehrangebot zeigt die vielfältigen Möglichkeiten eines werkstoffkundlichen Studiums an der RWTH Aachen.
- In dem Beitrag „Die Schülerwettbewerbe des Werkstoff-Forums“ werden diese jährlich stattfindenden Wettbewerbe vorgestellt.
- Der Beitrag „Was ist eigentlich ein Hochleistungsmetall?“ zeigt die Aktivitäten des Forschungsnetzwerks für innovative Hochleistungswerkstoffe. Einer der Forschungsschwerpunkte des Netzwerks für die Zukunft bildet der Werkstoff Titan, der hohe mechanische Festigkeit – ähnlich wie Stahl – mit deutlich niedrigerem spezifischen Gewicht und hoher Korrosionsbeständigkeit kombiniert.
- Der Artikel „Retina Implantat – Stand der Forschung in Deutschland“ gibt einen Überblick über Behandlungsmöglichkeiten der Augenerkrankung Retinitis pigmentosa mit einem Retina-Implantat.
- Der Beitrag über die „Regeneration von Zahnbetterkrankungen“ zeigt die Möglichkeiten der Therapie von Zahnbetterkrankungen mit Hilfe von resorbierbaren Polymeren als Träger therapeutischer Substanzen.
- In dem Beitrag „Die richtige Oberfläche – Der Schlüssel zum Erfolg“ wird ein Überblick über die experimentelle Entwicklung und Simulation von innovativen Beschichtungsprozessen gegeben.
- Der Artikel „Kernspintomograph im Taschenformat“ beschäftigt sich mit dem zerstörungsfreien Prüfen mit magnetischer Resonanz für die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete und Materialien.
- In dem Beitrag „Bakterien in keramischen Funktionshohlräumen“ werden die Möglichkeiten der Immobilisierung von aeroben Mikroorganismen durch die Entwicklung einer hinsichtlich der Sauerstoffversorgung optimierten keramischen Trägerstruktur gezeigt.

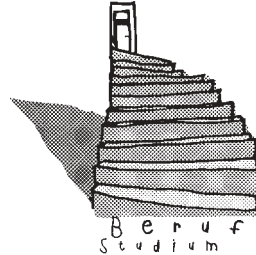
- Der Beitrag „Zelluläre Werkstoffe“ aus der Arbeitsgruppe Werkstoffverbunde zeigt den Brückenschlag zwischen hohen Festigkeiten bei gleichzeitig geringem Gewicht von Metallschäumen, keramischen Strukturen und Polymerschäumen.
- Der Beitrag „ADI – ein hochwertiger Gusseisenwerkstoff mit Leichtbaupotenzial“ gibt einen Überblick über die Eigenschaften und die gleichzeitig hohen Anforderungen an die Zerspanntechnik für diesen Konstruktionswerkstoff.

Wegen der Vielfältigkeit der Forschungsthemen mit werkstofftechnischem Bezug kann in dieser Ausgabe der RWTH THEMEN nur beispielhaft berichtet werden. Dabei haben wir versucht, die Breite der Werkstoff-Forschung an der RWTH Aachen darzustellen. Leider konnten nicht alle Aspekte berücksichtigt werden, die bei Redaktionsschluss vorlagen, aber wir dürfen schon hier versichern, weitere Hefte zur Werkstoff-Forschung an der RWTH Aachen werden folgen. Allen, die am Zustandekommen dieses Themenhefts mitgearbeitet haben, sei an dieser Stelle für ihr Engagement sehr herzlich gedankt. ●

Autor:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmachtenberg ist Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoff-Werkstofftechnik und Sprecher des Werkstoff-Forums.

Studium und Beruf.



Das Hochschulteam

des Arbeitsamtes Aachen
ist für Studierende und

Hochschulabsolventen/-innen
der kompetente Ansprechpartner!

Arbeitsamt Aachen

Roermonder Str. 51
52072 Aachen
Tel. 0241/897-2050
Fax 0241/897-2001
E-Mail: aachen.hochschulteam@arbeitsamt.de

Anmeldung im Kundenbüro (Raum 43):

Mo, Di 7.30 – 16.00 Uhr
Mi, Fr 7.30 – 12.30 Uhr
Do 7.30 – 18.00 Uhr

www.arbeitsamt.de

Vermittlungs- und Beratungsangebote – bundesweit

www.arbeitsamt.de/aachen/ hochschulteam

Veranstaltungsverzeichnis
– auch in gedruckter Form
erhältlich



Bundesanstalt für Arbeit

Die Schülerwettbewerbe des Werkstoff-Forums

„Schnupperforschung“ weckt Begeisterung für das Studium

Um das Interesse an material- und werkstoffwissenschaftlichen Fragestellungen bei Schülern und Schülerinnen zu wecken, veranstaltet das Werkstoff-Forum seit dem Wintersemester 2000/01 jährlich einen Wettbewerb zum Thema Werkstoff-Forschung. Mit einem selbst gewählten Thema aus der Welt der Werkstoffe können Schüler und Schülerinnen der Jahrgangsstufen 10 bis 13 ihre Teilnahme an dem Wettbewerb in der Geschäftsstelle des Werkstoff-Forums anmelden. Die Schülerinnen und Schüler erhalten so die Möglichkeit, einen Einblick in die werkstoffwissenschaftliche Forschung zu bekommen. Dabei verfolgt der Wettbewerb das Ziel, jungen Menschen durch diese „Schnupperforschung“ eine Orientierungshilfe für die spätere Berufswahl zu geben.

Um das Interesse zu wecken, werden Schulen in ganz Nordrhein-Westfalen und den angrenzenden belgischen und niederländischen Gemeinden angeschrieben. Neben Einzelpersonen haben auch ganze Klassen und Kurse die Möglichkeit, am Schülerwettbewerb teilzunehmen.

Zur Unterstützung bei wissenschaftlichen Fragestellungen bekommt jedes Team einen Betreuer aus der Hochschule zur Seite gestellt. Die Betreuer stehen den Teams mit Rat und Tat zur Seite und ermöglichen ihnen die Durchführung von Versuchen in den Instituten der RWTH Aachen. Somit stehen den jungen Forschern die vielfältigen Messapparate und das Know-how der Hochschule zur Verfügung.

Am Anfang eines jeden Schülerwettbewerbs steht eine Auftaktveranstaltung, zu der die Teams an die RWTH eingeladen werden und ihre Betreuer kennen lernen. Bei den anschließenden Besichtigungen in den Instituten des Werkstoff-Forums erleben die Schüler „Wissenschaft live“.

Den Schülerteams stehen nun zur Bearbeitung ihres Themas circa fünf Monate zur Verfügung. In dieser Zeit gilt es, die selbst gestellte Aufgabe mit viel Engagement wissenschaftlich sowie originell und mit Phantasie zu bearbeiten. Nach der Abgabe der Arbeiten erfolgt die Bewertung durch eine Jury, die sich

aus Professoren der Hochschule zusammensetzt.

Die eingereichten Arbeiten zeigen ein großes Spektrum an interessanten Fragestellungen aus der Werkstofftechnik und betreffen verschiedenste Materialien wie Metalle, Kunststoffe, Biomaterialien und Verbundwerkstoffe.

So beschäftigte sich der Sieger des ersten Wettbewerbs vom Aachener Inda-Gymnasium in seinem Forschungsprojekt „Festplatte contra CD-Rewritable: Welches Medium ist der optimale Massenspeicher hinsichtlich Kapazität und Übertragungsleistung?“ mit der Frage, wie weit die Kapazität und Geschwin-

digkeit von Festplatten noch vergrößert werden kann – und gewann damit den ersten Preis.

Zwei Schüler des Gymnasiums der Stadt Würselen wurden für ihre Arbeit „Biopolymere und ihr Abbau“ mit dem zweiten Platz ausgezeichnet. Sie beschäftigten sich mit den Abbaumöglichkeiten von Kunststoffen insbesondere durch Schimmelpilzkulturen und durch Mikroorganismen im Kompost.

Der dritte Preis beim ersten Schülerwettbewerb wurde von der Jury zweimal vergeben: ein Schülerteam von der Mies-van-der-Rohe-Schule in Aachen analysierte die „Haltbarkeit und Schmiedbarkeit von Renneisen“. Das Team vom Berufskolleg für Gestaltung und Technik der Stadt Aachen beschäftigte sich mit der „Verwertung von Mobiltelefonen zu Toilettendeckeln“.

Auch beim zweiten Schülerwettbewerb des Werkstoff-Forums wurden wieder viele spannende Themen aus der Welt der Werkstoffe bearbeitet. So erforschte das vierköpfige Team des Kölner Albertus-Magnus-Gymnasiums „Membranen und Aufbauten für SchülerInnenexperimente – Brennstoffzellen im Low-Cost-Experiment“ und errang damit den ersten Platz. Sie hatten sich die Aufgabe gestellt, mit den in jedem Hobbylabor zugänglichen Ressourcen eine funktionsfähige Brennstoffzelle zu konstruieren, deren transparente Bauweise zugleich die Wirkungsweise einer Brennstoffzelle unmittelbar erkennen lässt.

Den zweiten Preis gewann ein Team aus Bochum mit der Bearbeitung des Themas „Herstellung und Schmiedbarkeit von Renneisen“.

Hier wurde anschaulich dargestellt, wie die alten Germanen und Römer ihr Eisen zur Herstellung ihrer Schwerter erzeugten. Außerdem wurde ein Überblick über die historische Entwicklung der Eisen- und Metallherstellung von der Antike bis zur Gegenwart gegeben und von den Schülern selbst ein „Rennofen“ in Form eines kleinen Vulkans nachgebaut, um dort das Eisen aus dem Erz zu gewinnen.

Die „Einarbeitung eines festigenden Gewebes in (brüchige) Werkstoffe“ war das zentrale Thema des Teams vom Kreisgymnasium Heinsberg. Sein Ziel

**3. SCHÜLERWETTBEWERB
DES WERKSTOFF-FORUMS
DER RWTH AACHEN**

DIE BESTEN ARBEITEN WERDEN PRÄMIERT:

1. PREIS:	2000,- €
2. PREIS:	1000,- €
3. PREIS:	500,- €

**SCHÜLER-
WETTBEWERB
ZUM
THEMA
WERKSTOFFE**

RWTH AACHEN
FRIEDRICH-WILHELM-UNIVERSITÄT
SCHIMMERSCHULE
proRWTH!
Freunde und Förderer der RWTH Aachen e.V.

WERKSTOFF-FORUM



Bild 1: Schülerin beim Drei-Punkt-Biegeversuch während des 2. Schülerwettbewerbs.



war es, einen Verbundwerkstoff herzustellen, dessen Eigenschaften sich durch eine größere Festigkeit und eine kostengünstigere Produktion als die des Ausgangswerkstoffes auszeichnet. Die Schüler wählten als Trägermaterial ein Bauschutt-Zement-Gemisch, in das Aluminiumstreifen eingearbeitet wurden. Zur Bestimmung der Festigkeit des hergestellten Verbundmaterials, wurden die Kennwerte des Ausgangsmaterials mit dem des hergestellten Verbundwerkstoffes im 3-Punkt-Biege-Zug-Versuch verglichen. Die Jury honorierte die innovative Idee mit dem 3. Preis.

Inzwischen läuft die dritte Runde des Schülerwettbewerbes, bei dem Preise von insgesamt 3.500 Euro ausgelobt sind. Auch in diesem Jahr gab es wieder viele Anmeldungen zu den unterschiedlichsten Werkstoff-Themen wie zum Beispiel:

- Damast – Dichtung und Wahrheit; Materialanalyse und Vergleich im historischen Kontext
- Herstellung eines stromleitfähigen Polymers und Untersuchung seiner Eigenschaften
- Herstellung von biologisch abbaubarem Schaumstoff
- Warum verlieren „Tesa Powerstrips“ nach dem „Ziehen“ ihre Klebefähigkeit?
- „Ultraschnelle“ Legierungen für die optische Datenspeicherung
- Auf den Spuren der alten Ägypter – Die Batterie von Bagdad

Diese zahlreichen Anmeldungen zeigen erneut das Interesse junger Menschen an Forschung und Wissenschaft. Durch den Wettbewerb gelingt es, die Schranken zwischen der heranwachsenden nächsten Generation und der Wissenschaft abzubauen und die Hochschule als Teil einer innovativen Gesellschaft zu erfahren. Dabei sollte herausgehoben werden, dass dies nur durch das zusätzliche Engagement vieler Wissenschaftlicher Mitarbeiter der beteiligten Fachgebiete möglich ist, die sich neben ihren täglichen Dienstaufgaben für den Schülerwettbewerb engagieren. Nicht zuletzt auch geht der Dank an das Rektorat und den Verein der Freunde und Förderer der RWTH Aachen, proRWTH, sowie an die Degussa AG, die sich an den Preisgeldern maßgeblich beteiligen. ●

Autor:

Dipl.-Ing. Harald Cremer ist Geschäftsführer des Werkstoff-Forums.

Die werkstoffkundlichen Studien- und Lehrangebote an der RWTH

Ein breites Angebot verhilft zu hoch qualifizierten Abschlüssen

Die Möglichkeiten eines werkstoffkundlichen Studiums an der RWTH sind sehr umfangreich. Im Folgenden sollen exemplarisch vier werkstoffkundliche Studiengänge an der RWTH Aachen vorgestellt werden.

I. Materialwissenschaften

Im Wintersemester 1999/2000 wurde zum ersten Mal der interdisziplinäre Studiengang „Materialwissenschaften“ an der RWTH angeboten. Der neue Studiengang, der gemeinsam von der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, der Fakultät für Maschinenwesen, der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Geowissenschaften sowie der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik getragen wird, führt nach sechs Semestern zum ersten berufsqualifizierenden Abschluss, dem Bachelor. Ziel des Studiengangs ist es, die naturwissenschaftlichen Grundlagen mit einer ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung im Hinblick auf die Entwicklung neuer Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften zu verbinden. Durch das angestrebte solide Grundlagenwissen im Bereich der Materialwissenschaften ergeben sich gute Einstiegsmöglichkeiten für Tätigkeiten in Industrie und Forschungsinstituten. Dabei liegen die Tätigkeitsfelder im Bereich der Herstellung, Verarbeitung, Anwendung und Optimierung von leistungsfähigen Materialien.

Nach erfolgreichem Abschluss eines Bachelorstudiums oder einer gleichwertigen Qualifikation besteht seit dem Wintersemester 2000/2001 an der RWTH die Möglichkeit, sich für den viersemestrigen Masterstudiengang „Materialwissenschaften“ einzuschreiben. Neben einem gemeinsamen Kernbereich mit Schwerpunkten auf dem Gebiet der Simulation und Modellierung sowie den analytischen Methoden erfolgt eine Spezialisierung mit Anwendungsbezug im Rahmen von vier möglichen Vertieferrichtungen: Elektronische und optische Materialien, Mikro- und Nanotechnologie, Konstruktionswerkstoffe sowie Oberflächentechnik und Katalyse. Die Absolventen des Masterstudiums sind zur Promotion berechtigt.

Weitere Informationen sind im Internet unter <http://www.rwth-aachen.de/matwiss/index.html> abrufbar.

Ihre Ansprechpartnerin für den Studiengang Materialwissenschaften ist Dr. rer.nat. Myrjam Winning Institut für Metallkunde und Metallphysik
Telefon 02 41/ 80-68 63/-68 99
Telefax 02 41/88 88 301
e-mail: winning@imm.rwth-aachen.de

II. Metallurgie und Werkstofftechnik

Der Studiengang Metallurgie und Werkstofftechnik (MuW) ist ein ingenieurwissenschaftlicher Studiengang mit den Schwerpunkten Werkstoffherzeugung, -verarbeitung, -modellierung und -anwendung. Neben Material- und Werkstoffkunde spielen auch Chemie, Hochtemperaturtechnik und Prozesstechnik eine wichtige Rolle.

Aufbau des Studiums

Nach dem Grundstudium, in dem die Grundlagen über die Bauteile maschineller Einrichtungen und Maschinenkunde, der Chemie (anorganisch und physikalisch), der Elektrotechnik und elektrischer Maschinen, der Mathematik, der Physik und der technischen Mechanik vermittelt werden, erfolgt eine fachliche Ausrichtung durch die Wahl einer der folgenden Studienrichtungen.

Metallische Werkstoffe

Die außergewöhnlichen mechanischen und elektrischen Eigenschaften metallischer Werkstoffe machen technischen Fortschritt erst möglich. Sie sind aus der Luft- und Raumfahrt, der Elektro- und Fahrzeugindustrie, der Chemietechnik und vielen anderen Bereichen als Konstruktions- und Funktionswerkstoffe nicht wegzudenken. Die Studienrichtung „Metallische Werkstoffe“ vermittelt die Grundlage für das Verständnis der Eigenschaften von Metallen und macht mit modernen Untersuchungsmethoden vertraut. Die Kenntnis der grundlegenden Mechanismen bildet die Basis für Vorhersagen des Werkstoffverhaltens sowie für eine gezielte Beeinflussung der Eigenschaften metallischer Werkstoffe. Hiermit eröffnet sich die Möglichkeit, systema-

tisch neue Werkstoffe mit definierten, maßgeschneiderten Eigenschaften zu entwickeln.

Mineralische Werkstoffe

Glas, Keramik, Zement und andere im Wesentlichen aus mineralischen Roh- oder Reststoffen hergestellte Werkstoffe spielen in vielen Anwendungsbereichen wie dem Baugewerbe, dem Maschinenbau, der Medizin- und Umwelttechnik sowie in der Fertigungstechnik und der Metallurgie eine bedeutende Rolle. In dieser Industriebranche finden alle Prozessstufen vom Rohstoff bis zum Endprodukt unter einem Dach statt, was Verständnis und Beherrschung der Abläufe voraussetzt. Die Studienrichtung „Mineralische Werkstoffe“ vermittelte Kenntnisse über die Eigenschaften, Entwicklung, Herstellung und Anwendung dieser breiten Werkstoffgruppe.

Prozesse

Die Prozesstechnik hat in der metallurgischen und werkstoffverarbeitenden Industrie einen überaus hohen Stellenwert. Durch die ständige Weiterentwicklung industrieller Prozesse müssen fortlaufend neue Fragen beantwortet werden. Die Studienrichtung „Prozesse“ sieht ihren Schwerpunkt in der Verfahrenstechnik, also in der Erzeugung und Verarbeitung metallischer Werkstoffe zu Halbzeugen und Bauteilen sowie in den Grundlagen der Prozess- und Verfahrensentwicklung und der Anlagenplanung. Allen Studienrichtungen sind mehrere Vertiefungsfächer als Studienschwerpunkte zugeordnet. Durch die Wahl eines der nachfolgenden Vertiefungsfächer legen die Studierenden ihre Vertiefungsrichtung fest.

Studienrichtung Metallische Werkstoffe:

- Metallkunde
- Werkstoffwissenschaften Stahl
- Werkstoffwissenschaften Nichteisenmetalle

Studienrichtung Mineralische Werkstoffe:

- Glas
- Keramik
- Baustoffe
- Werkstoffwissenschaften Nichtmetallischer Anorganischer Werkstoffe

Studienrichtung Prozesse:

- Stahlmetallurgie
 - Nichteisenmetallurgie
 - Umformtechnik
 - Gießereitechnik
 - Prozess- und Anlagentechnik
- Weitere Informationen sind im Internet unter <http://www.rwth-aachen.de/MuW/> abrufbar.

Ihre Ansprechpartner für den Studiengang Metallurgie und Werkstofftechnik sind die Fachkräfte in der Studienberatung der Fachgruppe Metallurgie und Werkstofftechnik
Intzestraße 1, 52056 Aachen
Telefon 02 41/80-958 59
Telefax 02 41/80-922 83
e-mail: infoMuW@rwth-aachen.de

III. Werkstoffinformatik

Der neue und ausschließlich an der RWTH Aachen angebotene Diplomstudiengang Werkstoffinformatik vermittelt den Studierenden die Fähigkeit, informationstechnische Probleme der Materialwissenschaften, der Werkstofftechnik und der einschlägigen industriellen Prozesstechnik zu verstehen und mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Mit gleichwertigen Schwerpunkten in der Informatik und der Werkstofftechnik lernen die Studierenden Aufgaben in der Entwicklung, der Anwendung und der Integration von informationstechnischen Konzepten im Umfeld der Werkstofftechnik selbstverantwortlich zu lösen. Besonderer Wert wird gelegt auf die Förderung naturwissenschaftlicher und methodischer Denkweisen bei der Problemlösung. Der Inhalt der Ausbildung wird ausgerichtet an den aktuellen Anforderungen der nationalen und internationalen Industrie.

Das Studium ist auf eine breite Qualifizierung ausgelegt. Das erlangte Wissen befähigt zu anspruchsvollen Tätigkeiten auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung, in der industriellen Produktion im Bereich der Betriebsführung, im Ingenieurwesen, in der Instandhaltung, Planung und Qualitätsüberwachung.

Aufbau des Studiums

Das Studium der Werkstoffinformatik ist gegliedert in ein viersemestriges Grund- und ein sechssemestriges Hauptstudium. Darin integriert ist ein Praxissemester, das auch im Ausland absolviert werden kann. Jede Veranstaltung wird innerhalb eines Studienjahres abgeschlossen und studienbegleitend geprüft.

Grundstudium

Anders als im reinen Informatikstudium beinhaltet bereits das Grundstudium umfassende naturwissenschaftliche und technische Module

1. Die Informatikausbildung
2. Die naturwissenschaftliche Ausbildung
3. Die ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen

Hauptstudium

Das Hauptstudium umfasst neben den Pflichtfächern auch Wahlpflichtfächer im Umfang von zwölf Semesterwochenstunden (SWS), freie Wahlfächer im Umfang von 18 SWS, ein Projektierungspraktikum und eine Diplomarbeit.

Die Wahlpflichtfächer können aus einem Katalog gewählt werden. Mit ihnen können die Studierenden ihre Kenntnisse wahlweise in den Bereichen Werkstoff- und Prozesstechnik, Modellbildung, Simulation oder industrielle Informationstechnik vertiefen.

Die Grundlagenausbildung wird nicht mit dem Grundstudium abgeschlossen, sondern im Hauptstudium fortgesetzt. Hintergrund ist eine frühzeitige und langfristige Verzahnung mit anwendungsorientierten Fächern. Im Unterschied zur gängigen Informatik und zur Computational Engineering Science gliedern sich die Fächer der Werkstoffinformatik in sechs verschiedene Module:

4. Informatik
5. Mathematik
6. Werkstoff- und Prozesstechnik
7. Modellbildung
8. Simulation
9. Industrial IT

Weitere Informationen sind im Internet unter <http://www.werkstoffinformatik.rwth-aachen.de> abrufbar.

Ihr Ansprechpartner für den Studiengang Werkstoffinformatik ist Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Epple
Turmstraße 46, 1. Etage, R105, 52064 Aachen
Telefon 02 41/80-943 39
Telefax 02 41/80-922 38
e-mail: werkstoffinformatik@rwth-aachen.de

IV. Werkstofftechnik

Die Vertiefungsrichtung Werkstofftechnik kann von allen Studierenden des Maschinenbaustudiums belegt werden. Sie ist an alle gerichtet die an der „Hochzeit der Werkstoffe“ und an der Lösungsfindung und technischen Umsetzung von anspruchsvollen Aufgabenstellungen mitwirken wollen.

Unter „Hochzeit der Werkstoffe“ verstehen wir, wenn mindestens zwei Werkstoffpartner unter Wahrung ihrer Vorteile in einer technisch anerkannten Funktionseinheit lösbar oder untrennbar zusammenfinden. Der Brückenschlag zwischen den Werkstoffgruppen Metalle, Keramiken und Kunststoffe – der Ehering sozusagen – sorgt für den Austausch von Kraft, Wärme, Stoff und Elektrizität und bündelt die Vorteile in makroskopischen und mikroskopischen Werkstoffverbunden.

Die genartige Verschmelzung zu mikroskopischen Verbundwerkstoffen ermöglicht Abkömmlinge mit maßgeschneiderten Eigenschaften für Herstellung, Anwendung, Recycling und Entsorgung. Jeder der Partnerwerkstoffe ist bestrebt, am attraktivsten zu bleiben oder zu werden und treibt so die Werkstoffentwicklung wellenartig voran.

Nur die Kombination von maßgeschneiderten Werkstoffen, werkstoffgerechter Konstruktion und Verbindungstechnik, qualitätsgesicherter Fertigung und anwendungsorientierter Prüftechnik hat Aussicht auf technischen und wirtschaftlichen Erfolg.

Diesem Umfeld entsprechend haben wir die Vertieferrichtung Werkstofftechnik strukturiert. Da wir nicht nur an der Generierung, sondern insbesondere an der Umsetzung von innovativen Ganzheitslösungen interessiert sind, haben wir die Werkstofftechnik in der Studienrichtung Produktionstechnik angesiedelt.

Ihre Ansprechpartner für die Vertiefungsrichtung Werkstofftechnik sind:

Studienrichtungsbetreuer Produktionstechnik:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst R. Maier (Vertreter)
Dipl.-Ing. Tobias Schröder
Telefon 02 41/80-277 37

Vertiefungsrichtungsbetreuer:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst R. Maier
Dipl.-Ing. Isabelle Südmeyer
Telefon 02 41/80-967 03





REICHELT
Elektronik

Aus Sande in alle Welt 



Bauelemente Elektrotechnik Gerätetechnik Halbleiter Haustechnik PC-Technik	Schalter Steckverbindungen SMD-Technik Solartechnik Telekommunikation Werkstattausstattung
---	---

www.reichelt.de

Reichelt Elektronik
26452 Sande
TEL 04422/ 955333
FAX 04422/ 955111

Licht verdrängt Strom in der Produktion

Laserstrahlung als universelles Werkzeug im 21. Jahrhundert

Optische Technologien

Das 21. Jahrhundert wird das Jahrhundert des Photons. Als solches wurde es vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Verein Deutscher Ingenieure (VDI) in der Deutschen Agenda „Optische Technologien für das 21. Jahrhundert“ ausgerufen, nachdem im 20. Jahrhundert das Elektron im Mittelpunkt angewandter Forschung stand und uns die Kommunikationstechnologien und den Computer gebracht hat. Neben dem IT-Spezialisten wird in Zukunft der OT-Experte in nahezu allen technischen Bereichen gefragt sein. Umsatz, Beschäftigtenzahlen und Wachstum dieser Branche sprechen deutlich dafür. Womit gesagt ist, dass die optischen Technologien dieses neue Jahrhundert ganz wesentlich bestimmen werden.

Der Einsatz von Licht treibt immer stärker Innovationen in der Wirtschaft voran. Die optischen Techniken werden immer breiter genutzt: Von den Laserstrahlen in der Materialbearbeitung und Medizin über die Glasfaserleitungen und optischen Datenspeicher bis hin zu neuen, Energie sparenden Beleuchtungstechniken.

Viele optische Bauteile mit den unterschiedlichsten Funktionen wie Schalter oder Verstärker sind bereits heute vorhanden und neue werden hinzukommen. Analog zur Entwicklung der Mikroprozessoren werden jedoch viele Möglichkeiten erst durch Miniaturisierung und Integration der existierenden und zukünftigen Funktionselemente erschlossen.

Mikrotechnik

Am Lehrstuhl für Lasertechnik der RWTH Aachen werden Verfahren entwickelt, Licht in Wellenleitern auf einem flachen Trägermaterial zwischen optischen Funktionselementen zu leiten – ähnlich wie elektrische Leiterbahnen und Bauteile auf einem Mikrochip oder einer Computerplatine.

Dabei gibt es zwei Ansätze: (1.) Die Lichtleiterbahnen werden entweder direkt mittels Laserstrahlung in das Volumen eines transparenten Materials geschrieben oder (2.) vergleichbar mit dem Platinenätzen werden freistehende Lichtwellenlei-

terbahnen mit Laserstrahlung aus einer Schicht auf einem Träger ausgeschnitten.

(1.) Zur Herstellung von Wellenleitern in transparentem Material (zum Beispiel BK7 Glas oder Quarzglas) verwendet man Laserstrahlung mit einer Pulsdauer von circa 100 Femtosekunden ($1\text{fs}=10^{-15}\text{s}$), welche stark fokussiert das Material irreversibel modifiziert. Durch Änderung von Bindungszuständen in der Glas-Matrix vergrößert sich das Volumen im bestrahlten Bereich. Der Brechungsindex wird dadurch verändert und leitet entsprechend der induzierten Änderung die optische Strahlung.

Beim Fokussieren der ultrakurz gepulsten Laserstrahlung in transparenten Werkstoffen wird das Material aufgeheizt und innerhalb von wenigen Pikosekunden bildet sich ein dichtes Plasma aus. Sind die entstehenden Drücke zu groß, so reißt das Material und eine Druckwelle, welche sich mit circa 7000 m/s ausbreitet, entsteht (Bild 1).

(2.) Ein Substrat wird mittels Pulsed Laser Deposition (PLD) mit einer 1-2µm dicken lichtleitfähigen Schicht, zum Beispiel Lithiumniobat (LiNbO_3), versehen. Bereiche davon werden mit Femtosekundenlaserstrahlung abgetragen, so dass der lichtleitende Wellenleiter frei stehen bleibt (Bild 2).

Durch geeignete Kombination von Lichtwellenleitern aus unterschiedlichen Materialien und elektrischen Schaltkreisen können voraussichtlich in einigen Jahren elektrooptische Komponenten gefertigt werden, so zum Beispiel schnell schaltbare kurzgepulste Platinenlaser mit unterschiedlichen Wellenlängen – mit den sich daraus ergebenden Möglichkeiten für die noch ferneren mit optischer Strahlung betriebenen Computer.

Mikrostrukturierung

Photosensitive Gläser setzen sich aus einer Vielzahl von polyvalenten Ionen zusammen. Die Glasbasismischung besteht aus Silizium-, Aluminium- und Lithiumoxid. Durch Beimischen von Alkali- und Erdalkalioxiden kann gezielt die Koordination und die Anordnung polyvalenter Ionen gesteuert werden. Um photosensitives Glas zu erhalten, werden schließlich kleine Konzentra-

Bild 1: Risse in BK7 Glas und Schockwellenausbreitung vor und während der Bestrahlung.

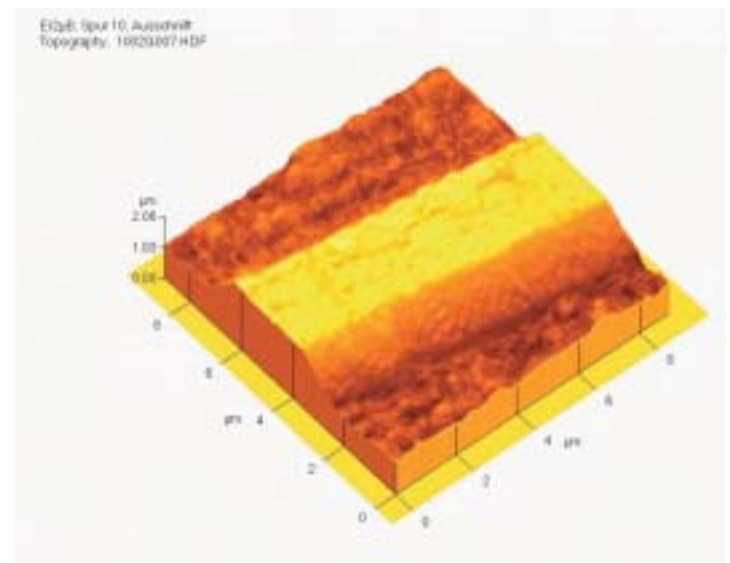
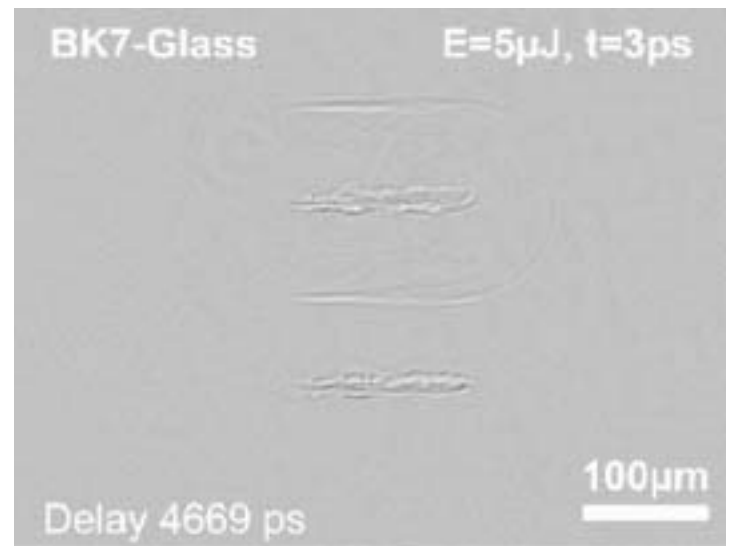


Bild 2: Freistehender Wellenleiter (Rasterkraftmikroskopie) auf einem planaren Substrat (LiNbO_3 auf Glas).



Zur genauen Herstellung von Mikrobohrungen setzt das ILT ein Fünf-Achsen-Positioniersystem ein. Mikrostrukturen beliebiger Geometrie und Neigung lassen sich so erzeugen.

Foto: Peter Winandy



Optische Energie der fokussierten Laserstrahlung lässt Metall schmelzen und verdampfen. Hiermit können zum Beispiel beim Trepanieren durch kreisförmiges Schneiden Kühlbohrungen von 200 Mikrometer Durchmesser in bis zu fünf Millimeter dickes Metall geschnitten werden.

Foto: Peter Winandy

tionen von Metall und Selten-Erd-Ionen der Schmelze beige-mischt. Photosensitives Glas besitzt außergewöhnliche mechanische, thermische und optische Werkstoffeigenschaften wie große Härte, chemische Beständigkeit sowie optische Transparenz und eignet sich hervorragend zur Herstellung von Strukturen im Mikrometerbereich mit großen Aspektverhältnissen (Strukturtiefe : Strukturbreite) und kleinen Wandneigungen. In einem dreistufigen fotografischen Herstellungsprozess wird das Glas selektiv belichtet, die latente Struktur mittels Wärmebehandlung entwickelt und schließlich in einem Säurebad fixiert.

Typische Anwendungsbereiche mikrostrukturierter photosensitiver Gläser sind beispielsweise die Mikrotechnologie und die Luft- und Raumfahrttechnik.

Laserbestrahlung verändert die Absorption, Brechzahl, Farbe und Struktur der Gläser. Hier spielen atomare Eigenschaften von polyvalenten Cer- und Silber-Ionen und Zink- und Antimon-Ionen eine entscheidende Rolle, aber auch die Laserwellenlänge und die Laserpulsenergie. Cer-Ionen geben bei UV-Laserbestrahlung Elektronen ab, die von elektrostatischen Haftzentren (Defekten) im Glas eingefangen und festgehalten werden. Die in den Haftzentren eingefangenen Elektronen erzeugen visuell milchigtrübe Glasbereiche und Veränderungen der Absorption. Durch kurzzeitige Erwärmung des Glases werden unter anderem die Haftzentren geöffnet. Die diffundierenden Ladungen reduzieren einwertige Silber-Ionen und bilden zusammen elektrisch neutrale Silberatome. Weitere Erwärmung führt die Silberatome im Glas zu Nano-Partikeln zusammen. Die Silber-Nano-Partikel erzeugen visuell auch eine Gelbfärbung der bestrahlten Bereiche und bilden Keime für die nachfolgende Kristallitbildung (Lithiummetasilikat). Der Wechsel von der amorphen Glasphase zur kristallinen Phase führt zur dramatischen Änderung der Dichte und des Ausdehnungskoeffizienten. Mittels isotropen chemischen Ätzens werden schließlich die laserbestrahlten und wärmeentwickelten strukturierten Bereiche mit zwanzig- bis fünfzigfach grö-

ßerer Geschwindigkeit geätzt als die unbelichtete, umgebende Glasphase. Das Ergebnis sind: Mikrostrukturen (Sacklöcher, Kanäle) mit großen Struktur-tiefen und kleinen Struktur-breiten sowie mit kleinen Ätzwinkeln für die Mikrotechnologie.

Energietechnik Herausforderung

Die Schonung der natürlichen Ressourcen ist bei der Bereitstellung elektrischer Energie eine der wichtigsten Herausforderungen der Zukunft. Ein wesentlicher Beitrag kann durch die Steigerung der Effizienz von Kraftwerken und hier insbesondere von Kombi-Kraftwerken geleistet werden.

Heute erzielen moderne kombinierte Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke bei Feuerung mit Erdgas Gesamtwirkungsgrade von 58 Prozent. Dabei werden mit etwa 1230 Grad Celsius in Gasturbinen und maximal 600 Grad Celsius in Dampfturbinen bereits Temperaturen erreicht, die die Belastungsgrenzen der eingesetzten Werkstoffe überschreiten, so dass nur über komplexe Kühlverfahren und anspruchsvolle konstruktive Lösungen ein sicherer und langlebiger Betrieb der Anlagen möglich ist.

Der Sonderforschungs-bereich 561 „Thermisch hochbelastete, offenporige und gekühlte Mehrschichtsysteme für Kombi-Kraftwerke“ hat sich zum Ziel gesetzt, durch interdisziplinäre Forschung, an der Strömungsfachleute, Strukturmechaniker, Werkstoffwissenschaftler und Fertigungstechniker beteiligt sind, die technischen und wissenschaftlichen Grundlagen zu schaffen, um in einem Kombi-Kraftwerk der Zukunft ab etwa dem Jahre 2025 Gesamtwirkungsgrade von rund 65 Prozent zu erreichen. Dazu werden Turbineneintrittstemperaturen von etwa 1500 Grad Celsius angestrebt.

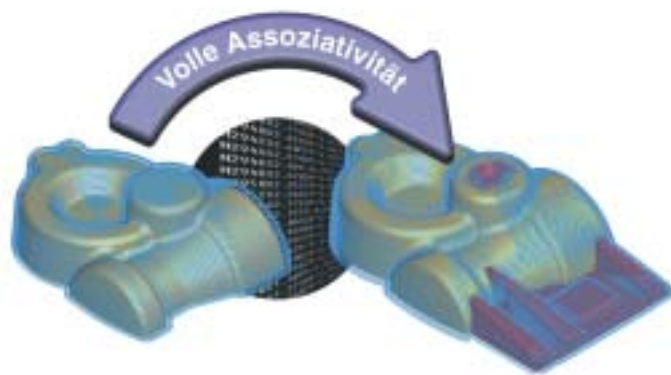
Konzept

Damit Turbinenkomponenten dieser Temperaturbelastung standhalten können, muss neben der Entwicklung hochtemperaturbeständiger Werkstoffe und dem Einsatz von keramischen Wärmedämmschichten vor allem eine effiziente Kühlung der Komponenten erreicht

Mastercam® CAD/CAM Systeme



Mastercam ist mit über 71.000 Installationen die meistangewandte CAD/CAM-Software der Welt. Mehr als 23.000 Installationen im Bereich Schulen/Universitäten spiegeln unser Engagement im Ausbildungsbereich wider. Die Kombination aus leicht zu erlernender und beherrschbarer Software mit flexiblen, technologisch ausgereiften Funktionen sind die Basis unseres Erfolges.



- **Design** - Solids, Flächen, Drahtmodell
- **Fräsen** - 2 bis 5-Achsen (simultan)
- **Drehen** - 2 bis 4-Achsen (C-Achse)
- **Drahten** - 2 bis 5-Achsen
- **Router** - Holzbearbeitung
- **Moldplus** - Die CAD-Lösung für den Werkzeug- und Formanbau
- **Import/Export** - STEP, IGES, VDA-FS, Parasolid, SAT, STL, DWG/DXF, CATIA, SolidWorks, UG, ProE, SolidEdge, Inventor

InterCAM-Deutschland GmbH
Bleichstr. 43b
33175 Bad Lippspringe
Telefon 05252 934 200
Telefax 05252 934 201
<http://www.mastercam.de>
Email: info@mastercam.de

Mastercam ist ein eingetragenes Warenzeichen von CNC Software, Inc.
Alle anderen Warenzeichen sind eingetragene Warenzeichen der entsprechenden Hersteller.

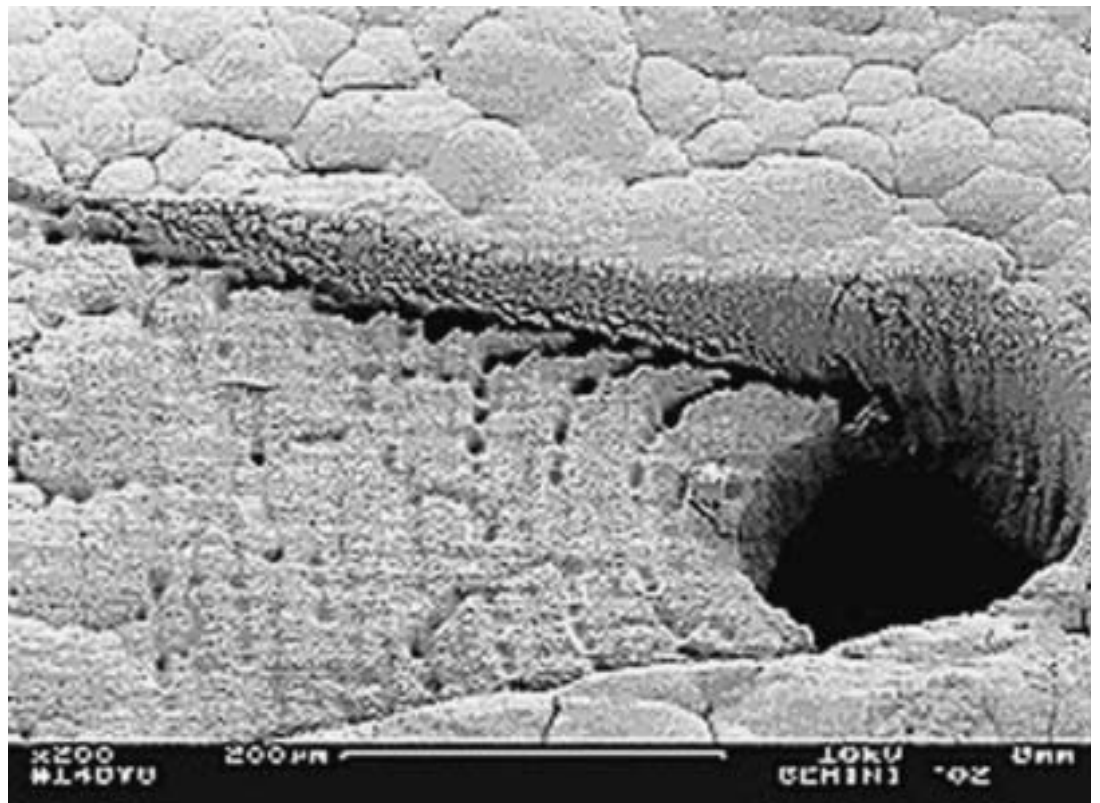
Mastercam®
Zukunftssichere Lösungen!

werden. Zurzeit werden 0,75 Kühlbohrungen pro Quadratmeter mit einem Durchmesser von circa 0,8 Millimetern in die hochbelasteten Komponenten eingebracht. Im Betrieb strömt Gas als Kühlmedium aus den Bohrungen und bildet einen schützenden Film zwischen Material und verbranntem Heißgas. Zur Realisierung einer Effusionskühlung soll die Bohrungsdichte auf 100 Bohrungen pro Quadratmeter erhöht und der Durchmesser auf 200 Mikrometer reduziert werden. Ähnlich wie beim Transpirieren aus Poren der menschlichen Haut werden minimale Kühlmengen aus der Oberfläche der Turbinenschaufel abgegeben.

Hierzu wird das Bohren der 200 Mikrometer großen Kühlbohrungen mit Festkörperlaserstrahlung mit Pulsdauern von 100-500 Mikrosekunden untersucht. Beim Perkussionsbohren werden mit gepulster Laserstrahlung bei bestimmter Wiederholfrequenz mehrere Pulse auf dieselbe Stelle eingestrahlt, bis ein circa 80 Mikrometer großes Durchgangsloch entsteht. Der Schmelzaustrieb erfolgt dabei nach oben entgegen der einfallenden Laserstrahlung. Danach wird durch kreisförmiges Schneiden (Trepanieren) auf den Solldurchmesser von 200 Mikrometer aufgeweitet. Dabei erfolgt der Schmelzaustrieb aus einer offenen Fuge nach unten und reduziert die Ablage der erstarrten Schmelze auf der Oberfläche. Vorteil des Trepanierens sind flexible und gut reproduzierbare, durchflussbestimmende Bohrungsdurchmesser. Bei einer Materialdicke von 2,5 Millimetern, die bei bis zu 60 Grad geneigten Bohrungen auf effektiv fünf Millimeter ansteigt, und einer Schnittfugenbreite von nur 60 Mikrometern müssen beim Schmelzaustrieb ähnlich wie bei der Strömung in einem Strohhalm rückhaltende Oberflächenkräfte überwunden werden. Zur Unterstützung des Schmelzaustriebs und damit zur Steigerung der Effizienz wird ein Prozessgasstrahl coaxial zur Laserstrahlung eingesetzt.

Um einen flächendeckenden thermischen Schutz der Turbinenkomponenten sicherzustellen und den wirkungsgradmindernden Kühlmittelbedarf weiter reduzieren zu können, soll der Kühlgasstrom nach dem Austreten aus der Kühlbohrung in einem trichterförmigen Auslass aufgeweitet werden. Dazu werden die keramischen Wärmedämmschichten mit Festkörperlaserstrahlung kleiner Pulsdauern (Pikosekunden) strukturiert (Bild 3). Dabei wird das Material überwiegend verdampft, so dass sich nur wenige Abtragprodukte auf der Turbinenschaufel ablagern. Das verwendete Zirkon-

Bild 3: Struktur eines Auslass-trichters in einer Wärmedämmschicht (Zirkonoxid).



oxid ist säulenförmig aufgebaut. Die Säulen können bei Vibrationen in der Turbine gegeneinander abgleiten. Auf diese Weise wird vor allem beim Hochfahren der Turbine ein Abplatzen der keramischen Wärmedämmschichten vermieden.

Autoren:

Dipl.-Phys. Alexander Horn ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT).

Dr. rer.nat. Ernst Wolfgang Kreutz ist Akademischer Direktor am Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT).

Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Reinhart Poprawe M.A. ist Inhaber des Lehrstuhls für Lasertechnik (LLT) und Leiter des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT.

Dipl.-Phys. Marc Talkenberg ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT).

Dipl.-Phys. Ralph Wagner ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT).

Dipl.-Phys. Jens Willach ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT).



Der C12 – ein Produkt der IVM-Entwicklung

Von 0 auf 100 in einem Bewerbungsgespräch

Denn wir suchen engagierte Starter:

Berufseinsteiger, Praktikanten, Diplomanden mit Talent und Ideen.

Für Ihre Karriere-Beschleunigung in die automobiler Zukunft.

www.ivm-automotive.com

Textilbewehrter Beton

Interdisziplinäre Entwicklung einer neuen Technologie

1/2003 RWTH AACHEN

Einführung

Seit langem bietet der zementgebundene Beton den Bauingenieuren ein breites Feld von konstruktiven Gestaltungs- und Herstellungsmöglichkeiten. Seine geringe Zugtragfähigkeit wird durch eine eingelegte Betonstahlbewehrung kompensiert. Ersetzt man die Betonstahlbewehrung durch die in anderen Bereichen bereits etablierten technische Textilien, entsteht der neue Verbundwerkstoff „Textilbewehrter Beton“ (Bild 1), dessen Materialverhalten sowie Langzeitbeständigkeit noch nicht vollständig bekannt sind. Erst die genaue Kenntnis seiner Eigenschaften ermöglicht die Beurteilung und Auswahl der Anwendungen bezüglich der technischen Möglichkeiten, der Wirtschaftlichkeit und des Innovationspotenzials.

Erste Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der korrosionsbeständigen textilen Bewehrung und der damit verbundenen geringen Betonüberdeckung die Realisierung dünnwandiger Bauteile möglich ist. Filigrane Elemente aus Textilbeton stellen eine völlig neue Anwendung des Baustoffes Beton dar und erweitern die Planungsfreiheit von Architekt und Ingenieur.

Forschungsaktivitäten des SFB 532

Die Entwicklung des Textilbetons baut auf den Grundlagen des Glasfaserbetons mit Kurzfasern auf und hat zum Ziel, den Wirkungsgrad der in den Beton eingelegten Fasern zu steigern. Während die Kurzfasern bei Glasfaserbetonen annähernd gleichmäßig verteilt und zufällig ausgerichtet sind, kann eine textile Bewehrung aus Langfasern – wie bei Stahlbeton – gezielt in Richtung der Zugbeanspruchung angeordnet werden (Bild 2).

Die mechanischen Eigenschaften textilbewehrter Bauteile sind noch nicht hinreichend bekannt. Bekannte Modelle aus dem Stahlbetonbau lassen sich ohne zusätzliche Betrachtungen nicht anwenden, da es sich bei den textilen Bewehrungssträngen nicht um homogene Querschnitte sondern um Faserbündel handelt, die ein grundlegend anderes Verbundverhalten als Betonstähle aufweisen.

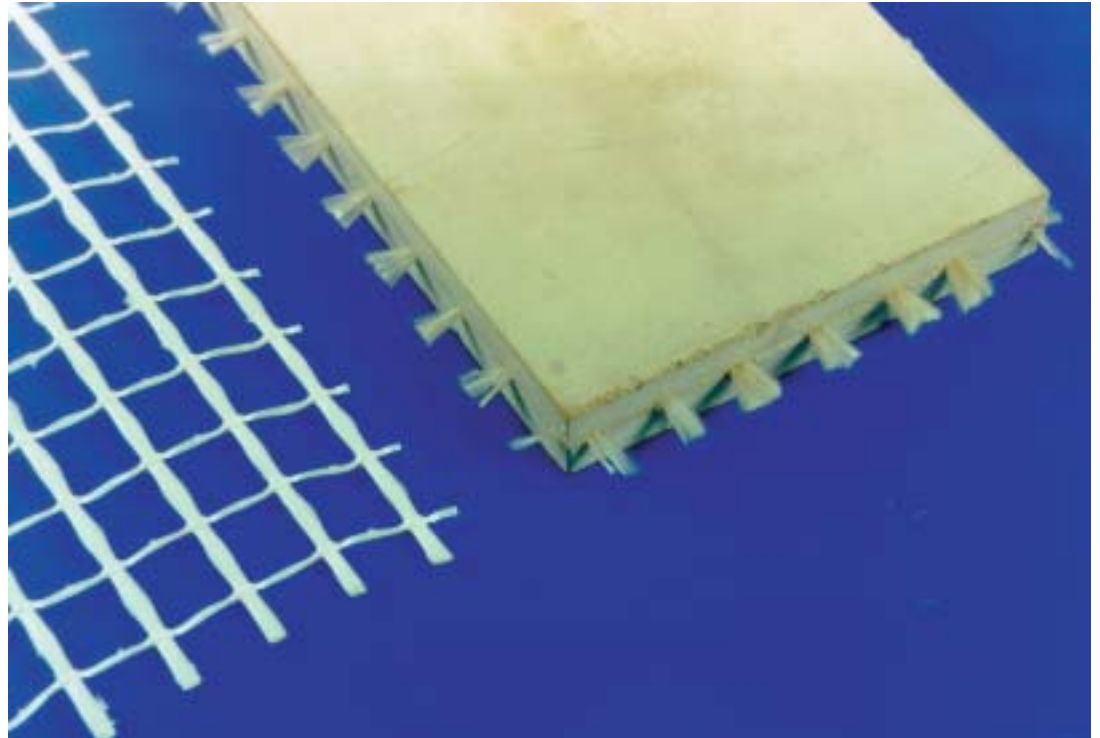
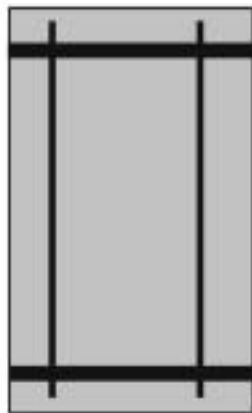


Bild 1: Glasfasertextil und textilbewehrtes Element.

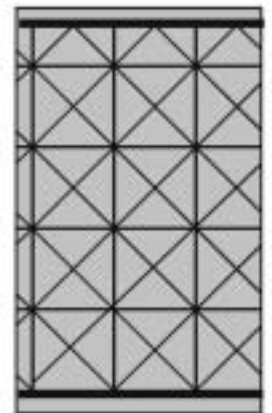
Stahlbeton



Kurzfaserbeton



Textilbewehrter Beton



■ Beton
■ Betonstahl

— Glasfaserbewehrung (Kurzfasern)

— Textile Bewehrung

Bild 2: Schematische Darstellung der Wirkungsweise von Textilbeton.

Vor diesem Hintergrund wurde die „Schaffung der technisch-wissenschaftlichen Grundlagen zur ingenieurmäßigen Entwicklung einer neuartigen Technologie für textilbewehrte Betonbauteile“ als Gesamtziel des Sonderforschungsbereiches 532 formuliert. Um dieses Ziel zu erreichen, sind umfangreiche Untersuchungen im Hinblick auf

- die Auswahl und Herstellung der Ausgangsmaterialien,
- die mechanische Modellierung des Verbundwerkstoffes,
- die Dauerhaftigkeit sowie
- die Produktion und Anwendung erforderlich.

Hiermit sind die Grundlagen für innovative Anwendungen unter architektonisch und ingenieurmäßig kreativen Gesichtspunkten gegeben.

Nach Bewilligung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat der SFB 532 „Textilbewehrter Beton – Grundlagen für die Entwicklung einer neuartigen Technologie“ an der RWTH Aachen seine Arbeit im Juli 1999 mit zwölf Teilprojekten begonnen, die in interdisziplinärer Zusammenarbeit die Bereiche Stofftechnik, Mechanische Modellierung und Produktionstechnik bearbeiten (Bild 3). Dabei sind aufgrund der großen fachlichen Breite sechs Institute aus den Fakultäten Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, Maschinenwesen sowie Bauingenieurwesen beteiligt. So haben zunächst der Lehrstuhl für Textilchemie und Makromolekulare Chemie (TMC), das Institut für Textiltechnik (ITA), das Institut für Bauforschung (ibac), der Lehrstuhl für Baustatik und Baudynamik (LBB) und das Institut für Massivbau (IMB) die werkstoffbezogene Grundlagenforschung vorangetrieben. Im Jahr 2001 wurde das Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (VZL) aufgenommen, um die Maschinenteknologie zur Herstellung textilbewehrter Bauteile zu entwickeln.

Die Auswahl und Charakterisierung geeigneter Fasermaterialien sowie deren Weiterverarbeitung zu Textilien konzentrierte sich zunächst auf alkaliresistente Glasfasern (AR-Glas), die verfügbar und im Gegensatz zu üblichen Glasfasern (E-Glas) in zementgebundenen Matrices langzeitbeständig sind. Parallel dazu

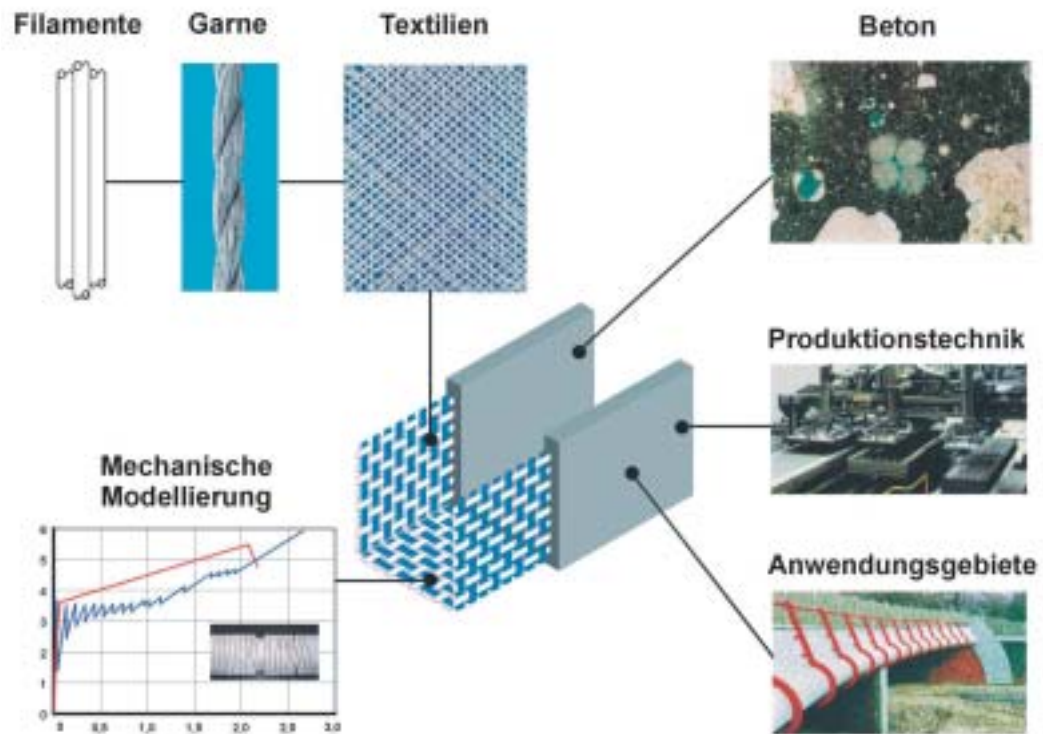


Bild 3: Struktur des SFB 532.

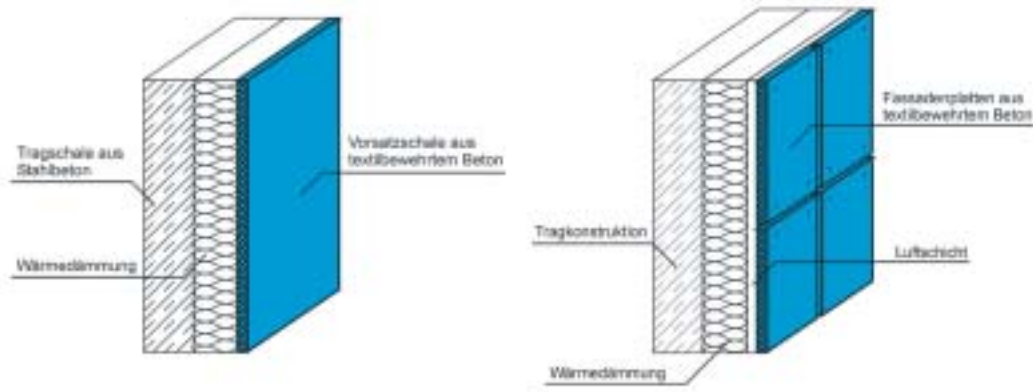
wurden Feinbetone entwickelt und Versuche an Kleinkörpern und Bauteilen aus textilbewehrtem Beton durchgeführt. Die Forschungsergebnisse verdeutlichen, dass die Tragfähigkeit vor allem durch die Wechselwirkung zwischen innerem und äußerem Verbund der Filamentgarne – das sind chemisch-technisch erzeugte Fasern – bestimmt wird. Der direkte Kontakt der Filamente mit der Betonmatrix liefert einerseits hohe Verbundfestigkeiten und ist aber andererseits verantwortlich für den schädigenden Einfluss der Alkalität bei Glasfilamenten. Es konnte gezeigt werden, dass im Wesentlichen die Filamente mit direktem Kontakt zur Matrix das Verbundverhalten bestimmen. Die Leistungsfähigkeit des inneren Verbundes zwischen den Filamenten ist dagegen vergleichsweise gering.

Um die erkannten offenen Themenbereiche fachspezifisch kompetent abzudecken, wurde der SFB im zweiten Förderungszeitraum um fünf neue Teilprojekte erweitert. Die Gesamtzahl der beteiligten Forschungspartner erhöhte sich mit dem Lehr- und Forschungsgebiet Klebtechnik (LKT), dem Lehrstuhl für Stahlbau (Lfs), dem Geodätischen Institut (GIA) und dem Lehrstuhl für Baukonstruktionen II (Bauko II) auf zehn Institute. Im Bereich der Werkstoffe sollen neben den bisher betrachteten Materialien nun auch Basalt, Carbon und Aramide eingesetzt werden. Zur Verbesserung des inneren Verbundes bieten sich Oberflächenmodifizierungen der Einzelfilamente, neue Garntechnologien sowie der Einsatz von polymeren Phasen zur Laminierung von Garnen und Textilien an. Ziel aller Maßnahmen ist das Einstellen eines definierten Verbundes, der die Zugfestigkeit des gesamten Garnquerschnittes ausnutzt und ein günstiges Last-Verformungsverhalten der Bauteile sicherstellt. Durch die Integration von Teilprojekten zur Mess- und Verbindungstechnik sowie der Einbeziehung eines Instituts aus der Fakultät für Architektur werden dem Baustoff mittelfristig neue Einsatzgebiete erschlossen.

Mögliche Anwendungen

Textilbewehrter Beton bietet ein breites Spektrum von Anwendungen, entweder als Alternative zu herkömmlichen Baustoffen oder aufgrund seiner günstigen Eigenschaften für vollständig neue Anwendungsbereiche. Eine erste Anwendung textilbewehrter Fassadentafeln erfolgt bei der Erweiterung der Versuchshalle des Instituts für Massivbau der RWTH Aachen (IMB). Für die Fassadenbekleidung werden neuartige, textilbewehrte Betonelemente entwickelt, die im sichtbaren Bereich als geschlitzte Tafeln an der Tragkonstruktion befestigt werden (Bild 4).

Bild 4: Sandwichelemente und Fassadenplatten aus Textilbeton.



Durch den Einsatz von Feinbetonen sind glatte Oberflächen und scharfkantige Profilierungen und Fugen realisierbar, die zu einem völlig neuen Erscheinungsbild von Betonflächen führen.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, dass textilbewehrter Beton eine sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Werkstoffen darstellt. Dabei steht nicht im Vordergrund, Stahl- oder Spannbetonkonstruktionen zu ersetzen, sondern neue Anwendungsgebiete zu erschließen. Diese Anwendungen können sowohl im klassischen Baubereich als auch im Gebiet von Verbrauchs- und Konsumgütern angesiedelt sein. Für sämtliche Einsätze gilt es, die günstigen Eigenschaften von Textilien und Beton auszunutzen, um dauerhafte und bei Herstellung, Montage und Unterhaltung wirtschaftliche Bauteile zu realisieren.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger ist Inhaber des Lehrstuhls und Leiter des Instituts für Massivbau sowie Sprecher des SFB 532. Dr.-Ing. Norbert Will ist Oberingenieur im Institut für Massivbau und Koordinator des SFB 532.

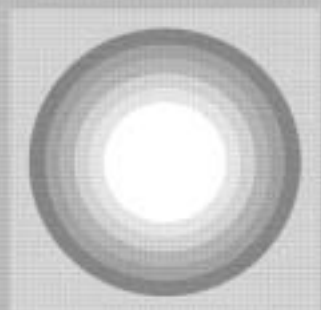
TOP-FORUM!



GIFA®



METEC®



**THERM
PROCESS**



NEWCAST®

10. Internationale
Giesserei-Fachmesse
mit WFO
Technical Forum



www.gifa.de

6. Internationale
Metallurgie-
Fachmesse
mit Kongress

www.metec.de

8. Internationale
Fachmesse und
Symposium für die
Thermoprozesstechnik

www.thermprocess.de

Internationale
Fachmesse
für Gussprodukte

www.newcast-online.de

**16-21 June
2003
Düsseldorf, Germany**



Ein Termin - vier Ereignisse - ein Standort.

Vier hochkarätige Fachmessen mit klaren technischen und thematischen Zusammenhängen an einem Ort und mit einer Eintrittskarte.

Weltweit die Nr. 1 der Branchen, vielfache Synergien, Verbindungen und Vernetzungen bei nur einem Messebesuch.

Herzlich willkommen in Düsseldorf!

Messe Düsseldorf GmbH
Postfach 101006
40001 Düsseldorf
Germany
Tel. +49 (0) 211/45 60-01
Fax +49 (0) 211/45 60-668
www.messe-duesseldorf.de

**Basis for
Business**

M
**Messe
Düsseldorf**

Gemeinsam forschen in Stahl und Glas

Eröffnung und Betrieb des Zentrums Metallische Bauweisen (ZMB)

Am 6. November 2002 ist das Zentrum Metallische Bauweisen (Bild 1), ein innovativer Neubau aus Stahl und Glas im Erweiterungsgebiet der RWTH Aachen, feierlich eröffnet worden. Mehr als 200 Gäste aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft nahmen an der Einweihungsfeier teil.

Das Zentrum Metallische Bauweisen (ZMB) vereint Wissenschaftler aus den Fakultäten für Bauingenieur- und Maschinenwesen sowie aus der Fachgruppe für Metallurgie und Werkstofftechnik. Die Institute für Bildsamen Formgebung, Eisenhüttenkunde, Kraftfahrwesen, Schweißtechnische Fertigungsverfahren, Stahlbau und Werkstoffwissenschaften werden gemeinsam Projekte im Bereich der metallischen Bauweisen bearbeiten. Da bei den heutigen technischen Herausforderungen Spezialkenntnisse meist mehrerer Fachdisziplinen notwendig sind, die von einem Institut allein nicht mehr abgedeckt werden können, bündeln die genannten sechs Institute ihre Kompetenz im ZMB, um komplexe Forschungsaufgaben zu meistern. So entsteht auch ein neues Kompetenzzentrum für Industrie und Handwerk. Im Mittelpunkt der Entwicklungsarbeiten wird die zusammenhängende Prozesskette von Herstellung, Verarbeitung und Anwendung metallischer Werkstoffe stehen.

Die Idee eines solchen Kompetenzzentrums wurde im Werkstoff-Forum der RWTH Aachen geboren. Während der letzten zehn Jahre sind verschiedene Ansätze für einen Neubau diskutiert und Sponsoren gesucht worden. Die Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., die Stiftung Stahlanwendungsforschung e.V., Sponsoren aus der Industrie, der Bund und das Land Nordrhein-Westfalen haben schließlich den Bau eines neuen Demonstrations- und Prüfzentrums für metallische Bauweisen ermöglicht.

Im ZMB werden neben Forschungsaktivitäten auch Aus- und Weiterbildungs- sowie Informationsveranstaltungen angeboten. Darüber hinaus ist vorgesehen, in Ausstellungen Demonstrationsobjekte aus Forschung und industrieller Praxis der Hochschulöffentlichkeit und externen Fachleuten zu präsen-



Bild 1: Der Neubau des Zentrums Metallische Bauweisen (ZMB).

tieren. Seminare, Workshops und Vortragsveranstaltungen für Studierende sowie Fachleute aus Industrie und Handwerk werden das Angebot des ZMB abrunden.

In praxisnahen Forschungsprojekten wird die Entwicklung, Herstellung und Prüfung innovativer Großbauteile aus Stahl und Stahlverbunden sowie die Entwicklung von Leichtbaukomponenten für die Verkehrstechnik betrieben. Beispielsweise steht die Verbesserung der passiven Sicherheit moderner Automobilkarosserien im Mittelpunkt eines Forschungsprojektes des ZMB, das durch die Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V. gefördert wird, gemeinsam mit den Firmen Muhr und Bender KG, ThyssenKrupp Stahl AG und Volkswagen AG. Bei Betrachtung heutiger Unfallstatistiken hat die prozentuale Zahl der Unfallopfer, die durch einen seitlichen Aufprall tödlich verunglücken, erschreckend zugenommen. Somit gilt das Hauptaugenmerk der Weiterentwicklung nicht mehr allein dem Frontalcrash, sondern auch dem Seiten- sowie Pfahlaufprall. Die Institute für Kraftfahrwesen und Bildsamen Formgebung werden unter Beteiligung der Institute

zmb
zentrum metallische bauweisen

Bild 2: Ein im ZMB entwickelter Sonnenkollektor.



Bild 3: Spannplatte in der Halle des ZMB.

für Eisenhüttenkunde und Schweißtechnische Fertigungsverfahren eine innovative Bodenstruktur in Stahlblech-Leichtbauweise entwickeln, fertigen und prüfen. Ziel dieses Projektes ist es, die Struktur der Bodenplatte als auch des seitlichen Schwellers so zu gestalten, dass ein ausreichend großer Überlebensraum für die Fahrzeuginsassen beim seitlichen Pfahlaufprall sichergestellt wird. Mittels innovativer Halbzeuge, Fertigungsverfahren und Werkstoffe nimmt das ZMB Veränderungen an einer marktrelevanten Rohkarosserie vor und führt Crash-Tests durch. Die Ergebnisse werden der Öffentlichkeit im Herbst 2004 vorgestellt.

Das ZMB entwickelt auch Lösungen zur Verbesserung der Sicherheit von Stahlschutzplanen im Autobahnbereich. Die dazugehörigen Untersuchungen umfassen die Bewertung des Werkstoffeinsatzes von oberflächenveredelten Stählen sowie die konstruktive Auslegung der Stahlschutzplanen unter Berücksichtigung verschiedener Anprallsituationen. In Simulationsrechnungen wird die Widerstandsfähigkeit der Planken auf Anprall von Personen- und Lastkraftwagen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Anprallwinkeln getestet und in realen Versuchen verifiziert. Auch wird die Verzinkung von warmgewalztem Flachband und deren Korrosionsbeständigkeit im Gegensatz zur bisherigen Stückverzinkung von Stahlplanen untersucht.

Nicht nur die Verkehrstechnik spielt eine wichtige Rolle im ZMB, sondern auch neue Entwicklungen im Bauwesen. Ein kommendes Projekt beinhaltet Forschungsaufgaben zur Konzeption und Fertigung solarthermischer Kraftwerke, die der alternativen Gewinnung elektrischer Energie dienen (Bild 2). Solarthermische Kraftwerke finden ihr Einsatzgebiet in sehr sonnenreichen Gegenden der Erde. Doch bevor sie vermehrt zum Einsatz kommen können, bedarf es grundlegender Untersuchungen in Bereichen der Konstruktion, Formgebung, Fertigung und Oberflächenbeschichtung. Diese Untersuchungen werden aus einer Hand durch die im ZMB vertretenen Institute erfolgen. Das ZMB leis-

tet damit einen aktiven Beitrag zum Umweltschutz.

Das neue Gebäude ist auch ein Demonstrationsobjekt für innovativen Stahlbau. Der Werkstoff Stahl ist im Foyer sowie in den Seminar- und Büroräumen offen zugänglich. Möglich wurde diese Anwendung durch einen neuentwickelten feuerfesten Stahl, der in dieser Form erstmalig im ZMB-Gebäude zur Anwendung gekommen ist. Die Glasfassade besticht nicht nur durch ihr anmutendes Äußeres, sondern auch durch eine ausgeklügelte Klimatechnik, die im Foyer einen maximalen Temperaturunterschied von zwei Grad Celsius zwischen Sommer und Winter ergibt. Neuartig und in seiner Größe einzigartig in Deutschland ist die 22 Meter lange Spannplatte in der Halle des ZMB (Bild 3). Auf ihr können Brücken, Eisenbahnwaggons und andere metallische Bauweisen unter anderem auf Belastungen wie Biegung und Torsion sowohl statisch als auch dynamisch geprüft werden.

Mit der Einweihungsfeier wurde der Betrieb des Zentrums durch die sechs Institute aufgenommen.

Autoren:

Dipl.-Ing. Cornel Abratis ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Bildsame Formgebung.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reiner Kopp ist Rektoratsbeauftragter für die Interdisziplinären Foren, Dekan der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Geowissenschaften sowie Inhaber des Lehrstuhls und Leiter des Instituts für Bildsame Formgebung.

Retina-Implantate

Zum Stand der Forschung in Deutschland

Medizinischer Hintergrund

Retinitis pigmentosa (RP) ist eine erbliche Augenerkrankung, bei der bestimmte Bereiche der Netzhaut (Retina) degenerieren. In Deutschland leiden etwa 40.000 Menschen an der noch unheilbaren Krankheit. Merkmale sind Nachtblindheit, eine Einschränkung des Gesichtsfeldes sowie die Verminderung des Kontrast- und Farbsehens. RP tritt bereits im jugendlichen Alter und in den mittleren Lebensjahren auf. Bemerkenswert ist, dass bei circa 80 Prozent der RP-Patienten die Nervenzellen (Ganglienzellen) in der Netzhaut intakt sind und nur „tiefere“ Schichten geschädigt sind. Die Ganglienzellen leiten das in der Netzhaut verarbeitete Licht als elektrisches Signal an das Zentralnervensystem (ZNS) weiter.

Ziel des Lösungsansatzes „RETINA-Implantat“ ist es, die funktionierenden Ganglienzellen mit 3D-Mikroelektroden zu stimulieren. So wird ein Signal im ZNS erzeugt. Das Signal in der Sehrinde soll dem RP-Patienten eine visuelle Orientierung und eine grobe Identifizierung von Formen ermöglichen.

RETINA STIMULATOR

An der Entwicklung eines Retina-stimulators (RS) wird zurzeit in Deutschland, den USA und in Japan gearbeitet. In Deutschland arbeiten zwei Gruppen an der epiretinalen (auf der Retina liegend) und subretinalen (zwischen Retina und Pigmentepithel) Lösung. Das epiretinale Implantat besteht aus einer Mikrokamera mit einem Sender in Form einer Brille. Signale und Energie werden elektromagnetisch übertragen. Das Empfängermodul ist in der hinteren Kapsel des Auges in Form einer intraokularen Linse platziert. Empfängermodul, Stimulations-elektronik und Elektrodenarray mit zurzeit 25 Elektroden sind mit einem Flachbandkabel verbunden (Bild 1). Die optoelektronische Lösung, also die kabellose Signal- und Energieübertragung, ist Gegenstand der Forschung.

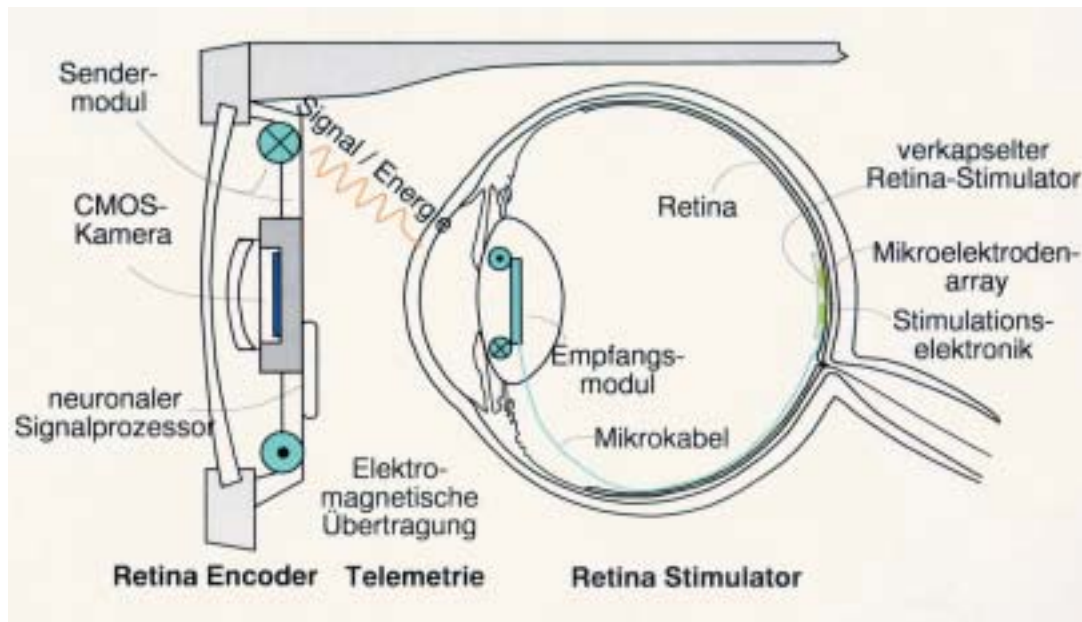


Bild 1: Skizze des Retina-Stimulators (RS), (Quelle: Mokwa, IMS-Duisburg).

Der RS ist das Produkt einer achtjährigen Zusammenarbeit von mehreren Instituten und Kliniken. Die wichtigsten Teilvorhaben sind:

- das Chipdesign von Empfängermodul und Stimulations-elektronik,
- die Trägerstruktur aus Polyimid,
- das Elektrodenarray,
- die Montage- und Kapselungstechnik sowie
- die Implantationschirurgie.

In-vitro- und In-vivo-Versuche

Biokompatibilität: Alle verwendeten Materialien sind sowohl im Labor als auch im Tiermodell auf ihre Biokompatibilität und ihre Langzeitstabilität getestet worden.

Die Fertigung von Funktionsmustern des RS ist etabliert, so dass bereits jetzt zehn Funktionsmuster für die Implantation in zwei Tiermodellen (Katze und Schwein) zur Verfügung stehen. Im Juli 2002 ist der erste RS in Marburg in ein Katzenauge implantiert worden. Nach dem Abklingen der akuten Reaktion auf den chirurgischen Eingriff ohne überschießende Gewebereaktion (Fibrose), funktioniert der Stimulator auch noch nach sechs Monaten. Die ersten Humanim-

plantationen werden derzeit im Zentrum für Augenheilkunde der Universität Köln vorbereitet, zurzeit werden Patienten nach genau definierten Anforderungen ausgewählt.

Histologie: Bisher sind fünfzig Augen verschiedener Spezies (Kaninchen, Katze, Schwein) mit Implantaten in Aachen histologisch aufgearbeitet und begutachtet worden (Bild 2). Durch den Einsatz neuartigen Einbettungsmaterials und eines Spezial-Mikrotommessers ist es möglich, die aus Gewebe, Polymer, Titanium und elektronischen Chips bestehenden Präparate zu schneiden. Das histologische Verfahren ist so weit entwickelt, dass damit das Interface zwischen Netzhaut und Elektrodenarray auch immunhistologisch beurteilt werden kann.

Biochemische Fixierung des

Retina-Stimulators: Für eine optimale Signalübertragung zwischen Elektroden und Ganglienzellen ist das Elektrodenarray so zu fixieren, dass der Kontakt zwischen der Elektrode und der Nervenzelle über lange Zeit stabil ist. Gelingt das, kann wahrscheinlich die Lernfähigkeit der Sehrinde des ZNS genutzt werden, ähnlich wie bei dem Cochlea-Implantat.

Die Fixation ist ein Zwei-Stufen-Prozess:

1. Adhäsive Befestigung mit beispielsweise einem Fibrin-Kleber

2. Gezielte Zellproliferation in die Poren der Silikonhülle des Elektrodenarrays (vgl. RWTH-Themenheft 2/2002, S. 53).

Beim subretinalen RS ist der Elektrodenchip unter der Netzhaut platziert und wird durch die Retina fixiert. Obwohl das Modul für die Energie- und Signalübertragung auch hier auf der Netzhaut befestigt ist, sind Signal- und Energieübertragung die noch zu lösenden Aufgaben.

Experimentelle Physiologie: Für Mobilität und Orientierung des Probanden, damit er größere Objekte oder Bewegungen von Personen erkennen kann, ist ein Sehwinkel von etwa zehn Grad erforderlich. Mit einem RS-Implantat kann wahrscheinlich eine Auflösung von einem Grad Sehwinkel erreicht werden. Trotzdem sollten die alltäglichen Obliegenheiten wie Essen, Waschen oder Ankleiden damit möglich sein.

Mit der Informationstheorie steht eine relative, neutrale Bewertungsmethode zur Quantifizierung der mittels elektrischer Stimulation in das Nervensystem übertragbaren Information zur Verfügung. Beim elektrophysiologischen Ansatz sind Strom, Energie und Frequenz sowie lo-

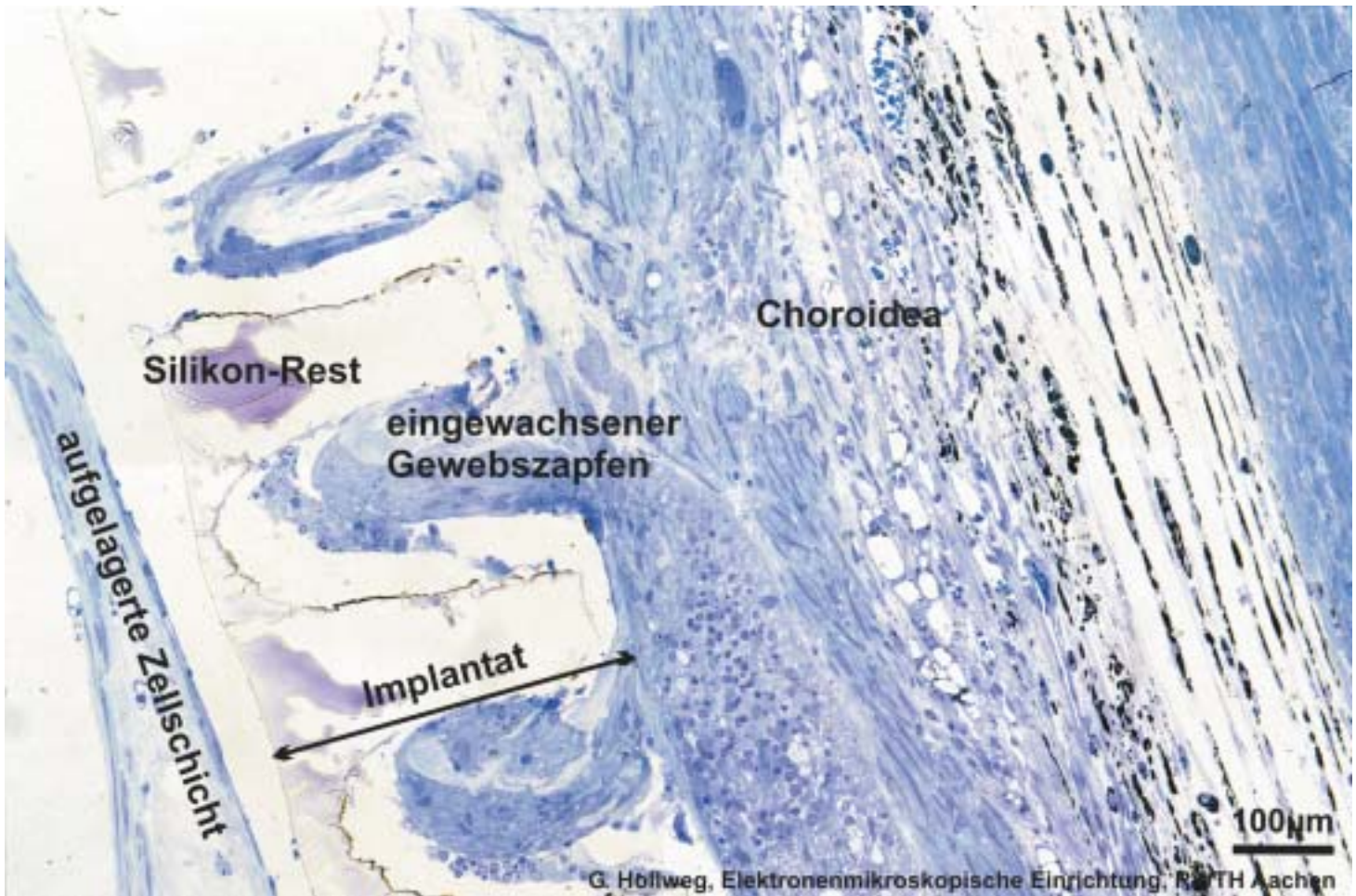


Bild 2: Histologisches Präparat aus dem Kaninchenauge. Die Zellen sind in die Poren der perforierten Silikon-Hülle eingewachsen. (Quelle: AG Biomaterialien, Pathologie Aachen).

kale Auflösung und Detektion der Signale in der Sehrinde (Cortex) wichtige Parameter. Derzeit wird die cortikale Auflösung größerer Bereiche in akuten Versuchen an Katzen mit feinen Nadelelektroden und auch mit optischen Methoden getestet. Das Ziel der Simulationsversuche ist es, ein Optimum zwischen den erwähnten Anforderungen zu finden. Elektrodendichte, Übertragungsrate, Auflösung und die anderen Kriterien sind aufeinander abzustimmen.

PROTOTYPING und VERMARKTUNG

Trotz der noch zu lösenden Aufgaben ist das RS-Implantat soweit gediehen, dass erste Humanexperimente wahrscheinlich noch im Jahr 2003 vorgenommen werden. Parallel dazu sind das Redesign zu starten und weitere Prototypen zu fertigen. Die Phase 3 des RETINA-IMPLANTAT-Projekts wird unter der Führung eines Industriekonsortiums in Zusammenarbeit mit den bisherigen Forschungspartnern im Frühjahr beginnen. Wichtige Schritte des partiellen Redesigns sind:

- Optimierung der Stimulationsalgorithmen der Ganglienzellen unter Beachtung der Reaktion der Sehrinde im ZNS (Auflösung in Ort und Zeit, Darstellung von Formen und Bewegungen, Intensität, etc.)
 - neues Chipdesign von Empfangs- und Stimulationsmodul
 - Langzeitstabilität der biochemischen Fixation des Elektrodenarrays auf der Netzhaut.
- Von besonderem Interesse ist die Humanimplantation und der erste Seheindruck des Patienten. Auf der Basis der Tierexperimente und dem informationstheoretischen Ansatz ist der Seheindruck sowohl mit 100 als auch mit 500 Elektroden berechnet und simuliert worden.

Vermarktung: Der aktive RS ist das Ergebnis einer multidisziplinären Kooperation zwischen Naturwissenschaftlern, Ingenieuren und Medizinern von sechs Universitäten in Nordrhein-Westfalen und Hessen sowie zwei Fraunhofer-Instituten.

Das nächste Ziel ist, in Zusammenarbeit mit einem industriellen Partner das Retina-Implantat zur Marktreife zu führen. Das erarbeitete Know-how der Institute und Kliniken wird damit direkt zur Produktentwicklung genutzt. Das Projektmanagement, die klinischen Studien und die Vermarktung obliegen dem Industriekonsortium. ●

Autoren:

Dr. med. Dipl.-Ing. Thomas Laube ist Oberarzt der Abteilung für Erkrankungen des hinteren Augenabschnitts der Universitätsaugenklinik Essen. Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Wilfried Mokwa ist Inhaber des Lehrstuhls für Werkstoffe der Elektrotechnik I und Leiter des Instituts für Werkstoffe der Elektrotechnik sowie Abteilungsleiter am Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltung und Systeme (IMS) in Duisburg. Dipl.-Biochem. Stefanie Müller-Kämpf ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin der AG Biomaterialien am Lehrstuhl für Pathologie. Dr.-Ing. Horst A. Richter ist Leiter der AG Biomaterialien am Lehrstuhl für Pathologie. Dr. rer.nat. Thomas Schanze ist Leiter der Retina-Implantat-Gruppe der AG Angewandte Physik/Neurophysik der Universität Marburg.

Dr.-Ing. Uwe Schnakenberg ist Abteilungsleiter und Akademischer Oberrat im Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik. Dr. med. Bernd Sellhaus ist Leitender Oberarzt im Institut für Neuropathologie. PD Dr.-Ing. Thomas Stieglitz ist Leiter der Arbeitsgruppe Neuroprothetik am Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (IBMT) St. Ingbert. PD Dr. med. Peter Walter ist Leitender Oberarzt der Abteilung für Netzhaut- und Glaskörperchirurgie des Zentrums für Augenheilkunde der Universität zu Köln.

Das Verbundvorhaben RETINA-IMPLANTAT wird vom BMBF gefördert.

Hochleistungsmetalle sind Werkstoffe, die heute an der Spitze des technisch Machbaren liegen und in vielen Anwendungsgebieten herausragende Eigenschaften zeigen. Beispiele sind hohe Festigkeit und Zähigkeit bei extremen Temperaturen, hohe Energieabsorption bei geringem Gewicht oder Leitfähigkeit für Elektrizität und Magnetismus bei gleichzeitiger hervorragender Fügbarkeit. Durch Hochleistungsmetalle sind Technik und Medizin in der Lage, hohe Lebensqualität zu ermöglichen und sicher zu stellen. In der Regel sind solche Metalle hochlegiert. Die Basismetalle für die Legierungen sind Eisen, Aluminium, Magnesium, Nickel, Kupfer, Titan und die Edelmetalle. Erst in der Kombination mit anderen chemischen Elementen erhalten sie besondere Eigenschaften. Herstellung und Verarbeitung sind meist aufwändig und anspruchsvoll. Innovative Metallegierungen, die maßgeschneidert neue extreme Eigenschaftskombinationen aufweisen, werden in Aachen erfolgreich entwickelt. Es reicht jedoch nicht aus, einen neuartigen metallischen Werkstoff, der durch chemische Zusammensetzung und Struktur gekennzeichnet ist, zu entwickeln und darzustellen. Auch die Herstellverfahren vom Ausgangsrohstoff über Schmelz- und Legierungstechnik, Formgebungs- und Strukturbildungsprozesse sowie die dazugehörige Prüf- und Analysetechnik sind bedeutsam. Weitere Aspekte, die die Entwicklung begleiten, sind verantwortungsbewusster und nachhaltiger Umgang mit Rohstoffen, Hilfsstoffen und das Recycling verbrauchter Produkte.

Das Netzwerk:
Als neues Forschungsnetzwerk für innovative Hochleistungsmetalle haben sich vier Institute der RWTH Aachen, angesiedelt in unmittelbarer Nachbarschaft an der Intzestraße, zusammengeschlossen (Bild 1). Die insgesamt annähernd zweihundert Mitarbeiter aus den Instituten für Eisenhüttenkunde (IEHK), Bildsame Formgebung (IBF), Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling (IME) und dem Gießereiiinstitut (GI) bilden die Forschungskompetenz für Sys-

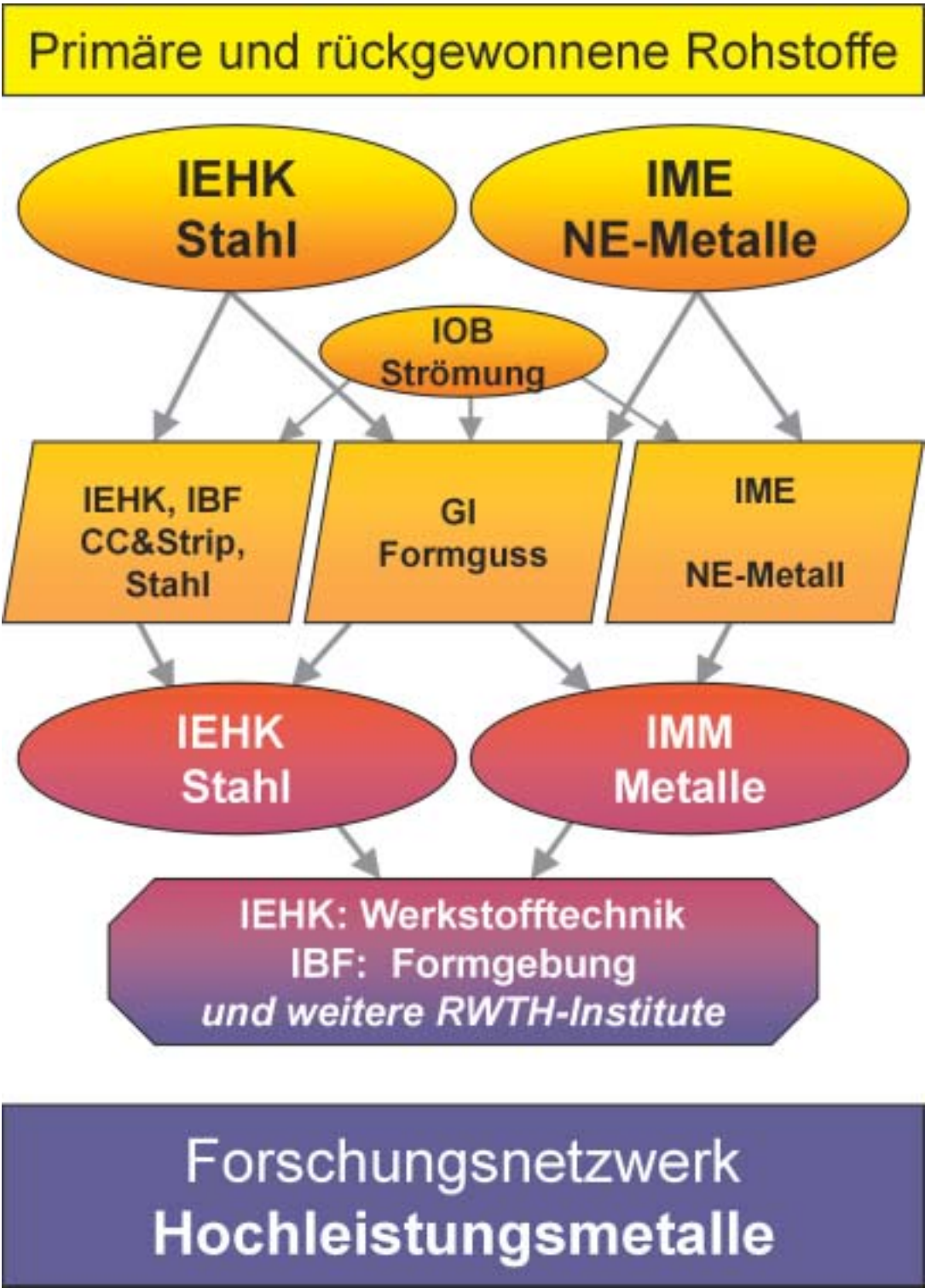


Bild 1: Struktur des Forschungsnetzwerks Hochleistungsmetalle.

temlösungen. Das Netzwerk der vier prozess- und werkstofftechnisch ausgerichteten Institute ist in die Fachgruppe Metallurgie und Werkstofftechnik eingebunden. Es besteht eine enge Zusammenarbeit mit den Instituten für Metallkunde und Metallphysik (IMM), dem Lehrstuhl für Werkstoffchemie (WCh) sowie

mit den Instituten für Industrieofenbau (IOB), für Prozessleittechnik (PLT) und für Gesteins-hüttenkunde (GHI). Über An-Institute, Spin-offs und der Hochschule angegliederte Vereine kann auf zusätzliches Know-how zurückgegriffen werden. Innerhalb der Fachgruppe befinden sich weitere Forschungs-

Hochleistungsmetall?

netzwerke für Oberflächentechnik, Werkstoff- und Prozesssimulation und Nichtmetallische Hochleistungswerkstoffe in der Entwicklung.

Die Ausstattung:

Eine einzigartige Ausstattung, die von der Schmelzmetallurgie über unterschiedliche Gieß- und Umformanlagen zur Herstellung von Halbzeug in verschiedenen Produktformen bis zur Fertigung von Prinzipbauteilen reicht, ermöglicht die integrierte Behandlung von Problemlösungen und Forschungsansätzen. Mit diesem Equipment können industrielle Verfahren im Pilot- und Versuchsmaßstab bis zur Serienproduktion abgebildet werden:

- Schmelzöfen in den Größenordnungen von 0,1 bis 1000 Kilogramm mit Vakuum-, Schutzgas- und Drucktechnik für den Hochtemperaturbereich,
- ein neuer in Europa einzigartiger Druck-Elektroschlackeum-schmelzofen für hochreine Metalle,

- Gießanlagen für Einzelstücke und kontinuierlich geführte Erstarrungsprozesse, darunter sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Zweirollen-Bandgießanlage,
- ein Glüh- und Tauchbeschichtungssimulator,
- eine Druckgussmaschine mit Echtzeitregelung,
- Einrichtungen zum Ringwalzen, Schmieden, Walzen,
- eine Tiefziehpresse und
- eine Kugelstrahlanlage für die Blechumformung.

Vorbereitet und begleitet werden die Experimente mit Hilfe mathematischer Modelle, wobei die Prozesse in Simulationsgruppen computergestützt berechnet werden. Gleichzeitig stehen Laboratorien für die chemische Analytik zur Messung von Eigenschaften schmelzflüssiger Phasen, zur Wärmebehandlung und für die Werkstoffprüfung zur Verfügung. Somit kann die Prozesskette zur Herstellung eines Werkstoffs, ausgehend von den Primär- und Sekundär-

rohstoffen bis hin zum Bauteil selbst, praktisch angewendet werden, um zukünftige Anforderungen an die Hochleistungsmetalle zu erfüllen.

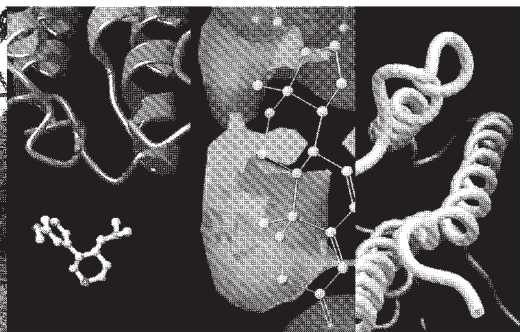
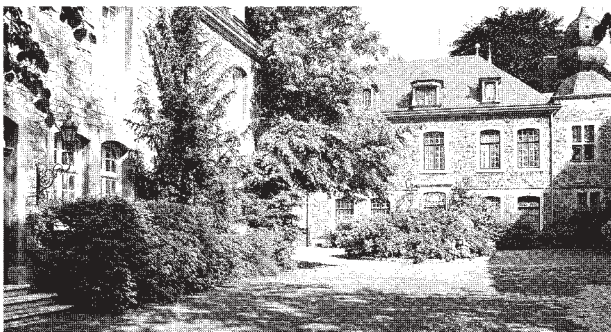
Themenschwerpunkte des Netzwerks sind:

- Entwicklung einer kostengünstigen Titanherstellungsstrategie unter Nutzung der Aluminothermie und des Elektro-Schlacke-Umschmelzens
- Erprobung endabmessungsnaher Gießverfahren für hochlegierte Werkstoffe mit direkter Kombination von Gießen und Walzen
- Weiterentwicklung von Materialien mit definierten magnetischen Eigenschaften für den Werkstoffeinsatz im IT-Bereich
- Entwicklung zellulärer metallischer Werkstoffe in Form von Schäumen oder Schwämmen, die im Vergleich zum Vollmaterial ein erhebliches Potenzial zur Gewichtsersparnis von Konstruktionswerkstoffen bieten
- Entwicklung intelligenter Bau-

teile, wie belastungsangepasste Strukturen mit variabler Geometrie oder verschleißbeständiger Beschichtung

- Quantitative Vorhersage der Korrosionsbeständigkeit hochlegierter Werkstoffe durch neue elektrochemische Prüfverfahren
- Verfahrensentwicklung zur Herstellung intermetallischer Werkstoffe mit hohem Reinheitsgrad durch Zentrifugieren der Kristalle aus der Schmelze
- Berührungsloses Schmelzen für hochreine Materialien
- Erprobung neuer Messsysteme zur Reinheitsgradquantifizierung
- Numerische Simulation mit Hilfe der Verknüpfung von Modellierungsmethoden für die verschiedenen Prozessschritte beim Gießen und Umformen. Dabei werden metallphysikalisch basierte Modulansätze in Finite-Elemente-Methoden(FEM)-Programme integriert.

Einen der Forschungsschwerpunkte für die Zukunft bildet der Werkstoff Titan, der hohe me-



DER EIGENE WEG

GRÜNENTHAL ist ein unabhängiges, forschendes und international tätiges Pharmaunternehmen. Die Zukunftssicherung durch innovative Forschung ist ein wesentlicher Bestandteil unserer Firmenpolitik. Unsere heutigen und zukünftigen Arzneimittel und Dienstleistungen dienen der Gesundheitsförderung und der Verbesserung der Lebensqualität. Sie erfüllen einen hohen Anspruch an Qualität, Wirksamkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit.

GRÜNENTHAL GMBH, 52099 Aachen, Deutschland
www.grunenthal.com



mechanische Festigkeit (ähnlich wie Stahl) mit deutlich niedrigerem spezifischen Gewicht und hoher Korrosionsbeständigkeit kombiniert. Erst seit 1946 ist Titan technisch herstell- und nutzbar und findet Anwendungen in der Luft- und Raumfahrtindustrie, im Rennsport, aber auch in der Medizintechnik als Implantatmaterial (Bild 2). Problematisch sind aber der hohe Schmelzpunkt sowie die starke Sauerstoffaffinität, die sowohl die schmelzmetallurgische Herstellung aus Erzen und Schrotten als auch die Weiterverarbeitung durch Gießprozesse und endabmessungsnahe Formgebung erschwert. Das Schmelzen, Raffinieren und Gießen muss „tiegellos“ zum Beispiel mit elektromagnetischen Kräften erfolgen, da übliche feuerfeste oxidkeramische Stoffe durch das Titan reduziert und zerstört werden würden. Die Forschung konzentriert sich auf die Entwicklung neuer metallurgischer Verfahren, die der kostengünstigen Herstellung größerer Titanmengen dienen, auf kontinuierliche Gießverfahren von Titanvormaterial, auf die Massivumformung von Titan sowie auf die Blechumformung zum Beispiel durch Kugelstrahlen (Bild 3) und auf die weitere Optimierung der Eigenschaften für neue Anwendungsgebiete.

Die Partner des Forschungsnetzwerks gehen die Herausforderung an, auch diesen bisher noch sehr teuren Werkstoff für breite Anwendungen verfügbar zu machen. ●

Bild 2: Titan als Implantatmaterial in der Zahnprothetik.



Bild 3: Blechumformung mit Kugelstrahlen.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Bleck ist Inhaber des Lehrstuhls und Leiter des Instituts für Eisenhüttenkunde (IEHK).

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Bührig-Polaczek ist Inhaber des Lehrstuhls für Gießereiwesen und Leiter des Gießerei-Instituts (GI).

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Friedrich ist Inhaber des Lehrstuhls für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling sowie Leiter des Instituts für Metallhüttenkunde und Elektrometallurgie (IME).

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Dr.-Ing. E.h. Reiner Kopp ist Inhaber des Lehrstuhls und Leiter des Instituts für Bildsame Formgebung (IBF).

Dipl.-Ing. Sonja Schneider ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Eisenhüttenkunde (IEHK).

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Georg Senk ist Inhaber des Lehrstuhls für Metallurgie von Eisen und Stahl.

Regeneration von Zahnbetterkrankungen

Resorbierbare Polymere als Träger therapeutischer Substanzen

Die entzündlichen Erkrankungen des Zahnhalteapparates zählen weltweit zu den verbreitetsten Infektionen in der Mundhöhle. Unter Bildung weicher, mit Bakterien besiedelter Beläge (Plaque) auf der Zahnoberfläche und dem umgebenden Zahnfleisch entwickelt sich dabei eine chronische Entzündung des Zahnhalteapparates, die Parodontitis marginalis, die unbehandelt zum Abbau des zahntragenden Knochens und schließlich zum Zahnverlust führt (Bild 1).

Herkömmliche Therapieverfahren sehen vor allem die instrumentelle Reinigung der Zahn- und Wurzeloberfläche und die Entfernung des entzündeten Weichgewebes vor. Das Ziel bei diesem Ansatz ist die Wiederherstellung einer festen Verbindung zwischen dem Zahn und den anderen Anteilen des Zahnhalteapparates. Während der Wundheilung verhindert aber das rasche Wachstum des Zahnfleisches die Regeneration der zerstörten Gewebestrukturen des Alveolarknochens, des Wurzelzements und des Faserapparats.

Der gegenwärtige therapeutische Ansatz versucht durch Implantation von so genannten Barrieremembranen das unerwünschte Wachstum des Zahnfleisches entlang der Wurzeloberfläche mechanisch zu verhindern. Damit kann der Zerstörungsprozess zwar gestoppt werden, die eingetretene Schädigung ist aber endgültig.

Ein mehr biologischer Therapieansatz hingegen soll die wünschenswerte Regeneration der angegriffenen Gewebe „aus eigener Kraft“ ermöglichen. Stichworte hierfür sind Tissue Engineering und Biotechnologie: Resorbierbare Polymere werden mit bioaktiven Wirkstoffen wie Wachstumsfaktoren oder Antibiotika ausgestattet. Diese Trägerelemente können in die defekten Regionen implantiert werden und sich je nach Bedarf und abhängig vom Schweregrad der Erkrankung völlig unschädlich für den Körper auflösen. Dabei werden die Wachstumsfaktoren freigesetzt und können auf diesem Weg das geschädigte Gewebe anregen, neues, funktionsfähiges zu bilden. Das unkontrollierte Wachstum des Zahnfleisches kann parallel dazu unter Freiset-

zung inkorporierter Antikörper erfolgreich gestoppt werden. Die herkömmlichen, rein mechanischen Barrieren werden damit überflüssig. Das Wachstumsverhalten verschiedener Zell- und Gewebearten auf molekularer Ebene steuern zu können, ist gegenüber dem herkömmlichen Behandlungsspektrum ein völlig neuer therapeutischer Ansatz. Dieses Prinzip ist auch bei vielen anderen Erkrankungen weit über die Mundhöhle hinaus anwendbar und verspricht eine erfolgreiche Heilung.

Als Applikationsmodell für die vorgesehenen Therapeutika stellen wir uns ein biokompatibles implantierbares „drug release system“ (Freisetzung von bioaktiven Substanzen aus einem geschlossenen System) aus resorbierbaren Polymeren vor, in denen die Wachstumsfaktoren und Antikörper immobilisiert vorliegen. Dafür eignen sich unterschiedliche Polymermaterialien, wie das seit Jahren klinisch invasiv getestete Polylactid, das sich durch seine hohe Biokompatibilität und eine gute Resorbierbarkeit auszeichnet. Ein Derivat dieses Polymers ist das Poly-D,L-Lactid-co-Trimethylencarbonat, das eine herausragende plastische Verarbeitbarkeit bei Körpertemperatur besitzt. Dadurch ist es möglich, dem Material eine

dreidimensionale Form zu geben, die sich einem Defekt entlang des Zahnes oder der Wurzeloberfläche exakt anpasst.

In unserem Labor werden Polylactidgranulat und die bioaktiven Substanzen (Proteine) vermengt und im Institut für Kunststoffverarbeitung der RWTH Aachen in trockenem Zustand in einer CO₂-Gasbeladungsanlage unter hohem Druck und bei niedrigen Temperaturen zu verschiedenen Geometrien wie Folien oder mikrozellulären Schäumen verarbeitet. Durch gezielten Druckverlauf lässt sich die Porosität des Polymers steuern. Das fertige Trägermaterial, im Englischen als „scaffold“ bezeichnet, kann schließlich ohne Aktivitätsverlust der bioaktiven Substanzen durch Gamma-Bestrahlung sterilisiert werden.

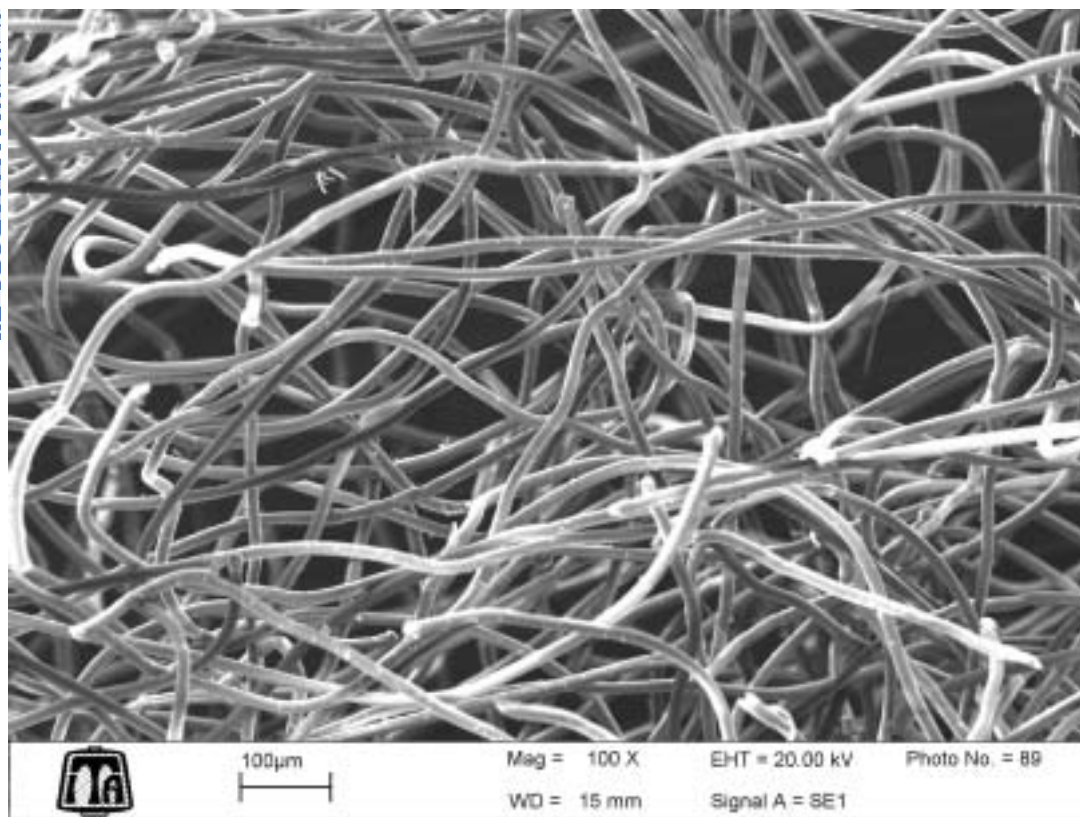
Die so hergestellten beladenen Formkörper könnten nach erster chirurgischer Intervention passgenau in den parodontalen Defekt eingesetzt werden. Während des hydrolytischen Abbaus der Scaffolds sollen die Antikörper kontinuierlich freigesetzt werden und steuern so auf molekularer Ebene kontrolliert Wundheilung und Regeneration des Zahnhalteapparates.

Ein weiterer regenerationsfördernder Ansatz ist die Herstellung geeigneter räumlicher



Bild 1: Parodontitis marginalis im Unterkiefer. Ablagerung von weichen und harten Belägen auf der Zahnoberfläche am Restgebiss und massive Entzündung des Zahnfleisches.

Bild 2: Vliesstruktur für die Besiedelung und das Durchwachsen von körpereigenen Zellen.



Strukturen für die Besiedelung und das Durchwachsen von körpereigenen Zellen aus dem Zahnhalteapparat. Neben porösen Scaffolds sind dafür besonders gut textile Polymergewebe geeignet, die aus gesponnenen Polylactid-Einzelfilamenten zu mehrlagigen resorbierbaren Vliesen gewebt werden können. Im Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen können dabei gerichtete Faserstrukturen erzeugt werden, die der Zellbesiedelung entgegen kommen (Bild 2). Nach der Entnahme weniger gesunder Zellen aus dem Zahnfleisch können diese im Labor vermehrt und auf den vorbereiteten textilen Trägern kultiviert werden. Nach ausreichender Zellbesiedelung sollen die Vliese in den parodontalen Defekt eingesetzt werden. Durch die Resorption des Trägermaterials werden die Zellen wieder freigegeben und sollten die Neubildung zahntragender Gewebe ermöglichen.

Gelingt es, derartige High-Tech-Produkte in großen Mengen herzustellen, so erhält die zahnärztliche Praxis ein innovatives, hochwirksames Therapieverfahren zur effektiven Regenerationstherapie bei der Behandlung der Volkskrankheit Parodontitis.

Autoren:

Dr. med. Hans-Georg Gräber ist Oberarzt in der Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde. Univ.-Prof. Dr. med. dent. Friedrich Lampert ist Inhaber des Lehrstuhls für Konservierende Zahnheilkunde und Direktor der Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde.

Polymer Werkstoffe sind die Grundlage für neue Technologien und innovative Produkte. Daher verwundert es nicht, dass der Verbrauch von polymeren Werkstoffen ein Indikator für industrielles Wachstum und gesellschaftliche Prosperität ist. Im globalen Wettbewerb um Arbeitsplätze, Märkte und Lebensqualität wird ein maßgeblicher Faktor sein, das Potenzial dieser Werkstoffgruppe bei der Entwicklung neuer Produkte ausschöpfen zu können, ja Schrittmacher dieser Entwicklung zu sein.

Vor dem Hintergrund des stark angewachsenen Wissens und der ausdifferenzierten Technologie wie auch des zu erwartenden Nutzens einer verstärkten Forschungsanstrengung im Bereich der Polymerwerkstoffe ist ein interdisziplinäres Arbeiten zwischen Naturwissenschaften und Ingenieuren dringend geboten. Aus dieser Feststellung folgte der Entschluss der an der RWTH Aachen tätigen Wissenschaftler, die „aachen polymer chain“ zu gründen.

Beteiligt an dieser Projektgruppe sind:

- Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Bernhard Blümich, Inhaber des Lehrstuhls für Makromolekulare Chemie
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Thomas Gries, Inhaber des Lehrstuhls für Textilmaschinenbau und Leiter des Instituts für Textiltechnik
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Edmund Haberstroh, Lehr- und Forschungsgebiet Kautschuktechnologie

aachen polymer chain

Wissenschaft stärkt Kunststoff verarbeitende und erzeugende Industrie

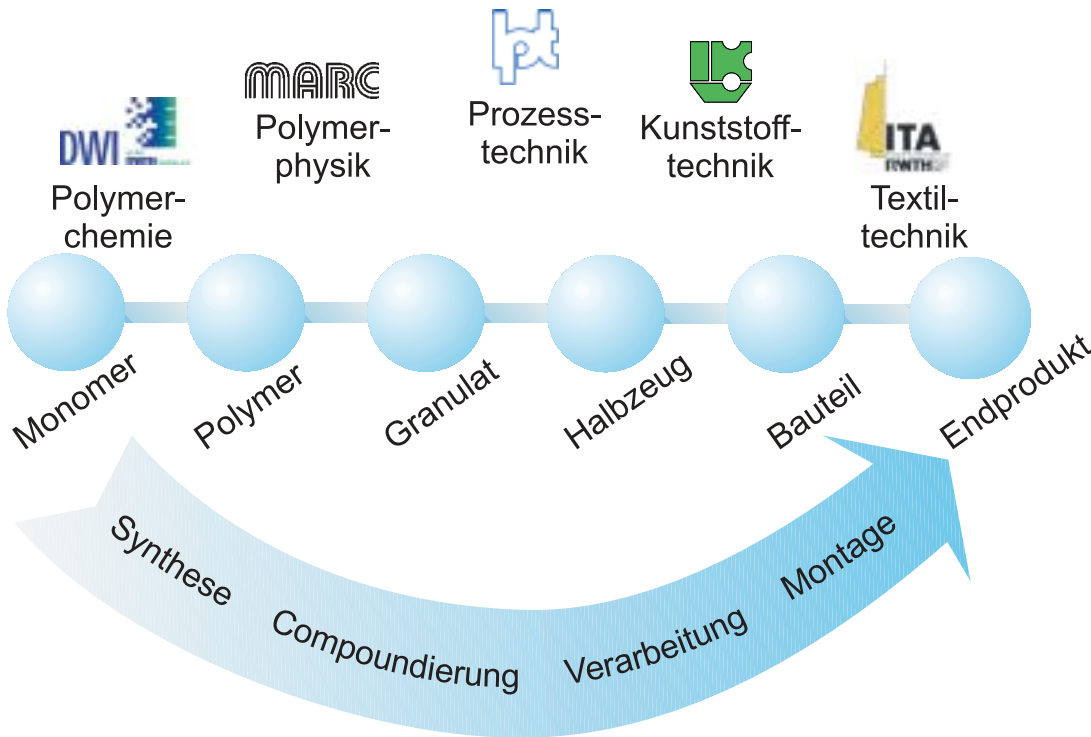


Bild 1: Struktur der „aachen polymer chain“.

Produktion von Rohstahl und Kunststoff 1950-2000

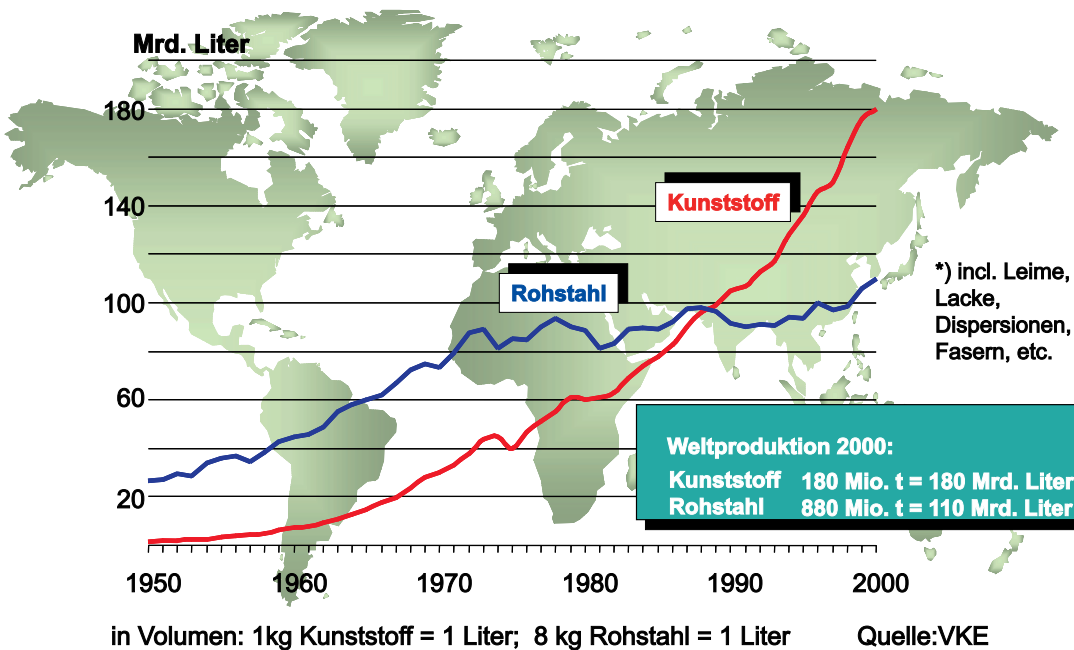


Bild 2: Produktion von Rohstahl und Kunststoff 1950 bis 2000.

- Univ.-Prof. em. Dr. rer.nat. Hartwig Höcker, Lehrstuhl für Textilchemie und Makromolekulare Chemie
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt, Inhaber des Lehrstuhls für Prozesstechnik
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Walter Michaeli, Inhaber

- des Lehrstuhls und Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung
- Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Martin Möller, Inhaber des Lehrstuhls für Textilchemie und Makromolekulare Chemie sowie Direktor des Deutschen Wollforschungsinstituts

- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmachtenberg, Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoff-Werkstofftechnik.

Wie der Polymerwerkstoff selbst, so kann auch sein Werdegang vom Kohlenwasserstoff zum Endprodukt als eine Kette gesehen werden. In dieser Kette erfährt der Stoff eine Reihe von Transformationsprozessen, ausgehend vom monomeren Kohlenwasserstoff bis hin zum fertigen Endprodukt.

Entlang dieser Kette liegen auch die wissenschaftlichen Fächer mit Bezug auf die Polymerwerkstoffe. So kann man der Werkstoffherzeugung die Arbeitsschwerpunkte Polymersynthese, Polymeranalytik und Polymerprozesstechnik zuordnen. Daneben stehen die Bereiche, die sich mit der Verarbeitung und Anwendung der Polymerwerkstoffe beschäftigen, die Kunststofftechnik und die Textiltechnik.

Wie an kaum einem anderen Wissenschaftsstandort findet sich an der Rheinisch-Westfälischen Hochschule Aachen ein dichtes Netz von Wissenschaftlern und Instituten mit Bezug zu den Polymerwerkstoffen. Durch die Verknüpfung dieser Kompetenzen entsteht die aachen polymer chain.

Diese Projektgruppe hat sich zum Ziel gesetzt, durch die Bündelung ihrer Fähigkeiten auch in umfassenden Forschungs- und Entwicklungsaufgaben als leistungsfähiger Partner der Wirtschaft wie auch der öffentlichen Hand wirksam zu werden. So will sie einen Beitrag dazu leisten, die Region als Wirtschaftsstandort der Kunststoff erzeugenden wie auch der Kunststoff verarbeitenden Industrie in ihrer Leistungsfähigkeit weiter auszubauen.

Autoren:

Dipl.-Ing. Harald Cremer ist Geschäftsführer des Werkstoff-Forums.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmachtenberg ist Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoff-Werkstofftechnik und Sprecher des Werkstoff-Forums.

Nanotechnologie in der Werkstoffforschung

Kleiner Maßstab mit großen Auswirkungen

1/2003 RWTH THEMEN

Die Nanotechnologie gilt als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Wie kaum eine andere Disziplin erfordert sie die enge Zusammenarbeit verschiedener Fachrichtungen wie Chemie, Physik, Biologie, Medizin und Ingenieurwissenschaften. Diese unterscheiden sich allerdings nicht nur in ihren Forschungsinteressen, häufig werden deutlich unterschiedliche Sprachen gesprochen. Die Überwindung solcher Barrieren und die fachliche Zusammenführung der unterschiedlichen Themenbereiche ist eine der Aufgaben des RWTH-NanoClubs. Dieser wurde im Februar 2002 von den Professoren Güntherodt (II. Physikalisches Institut), Kurz (Institut für Halbleitertechnik/AMO), Mayer (Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie) und Simon (Institut für Anorganische Chemie) an der RWTH Aachen gegründet. Der Club ist eine Kompetenz- und Kommunikationsplattform zur synergetischen Bündelung der Aktivitäten im Bereich der Nanowissenschaften und der Nanotechnologie an der RWTH.

Aber was ist Nanotechnologie? Ein Nanometer (nm) ist ein Millionstel Millimeter. Daher denkt man bei dem Schlagwort Nanotechnologie häufig zunächst an die Miniaturisierung elektronischer Bauelemente, beispielsweise für Computer. Dabei sind die Anwendungen der zugrundeliegenden Prinzipien in Wirklichkeit vielfältiger und reichen bis zur Möglichkeit, durch gezielt erzeugte nanoskalige Strukturen auch die mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen in entscheidendem Maße zu verbessern. Nachfolgend sind einige Beispiele der NanoClub-Aktivitäten im Hinblick auf die Materialforschung dargestellt.

Die Forschung an elektronischen Materialien dient unter anderem der Weiterentwicklung der magnetischen Datenspeicherung und Sensorik auf dem Gebiet der Magnetoelektronik sowie dem Vorantreiben der Quanten-Informationsverarbeitung auf dem Gebiet der Spin-elektronik. Letztere soll sich den Spin eines Elektrons zu Nutze machen. Dies ist eine Eigenschaft, die Elektronen zusätzlich zur Masse und elektrischen Ladung inne haben. Es ist eine Art

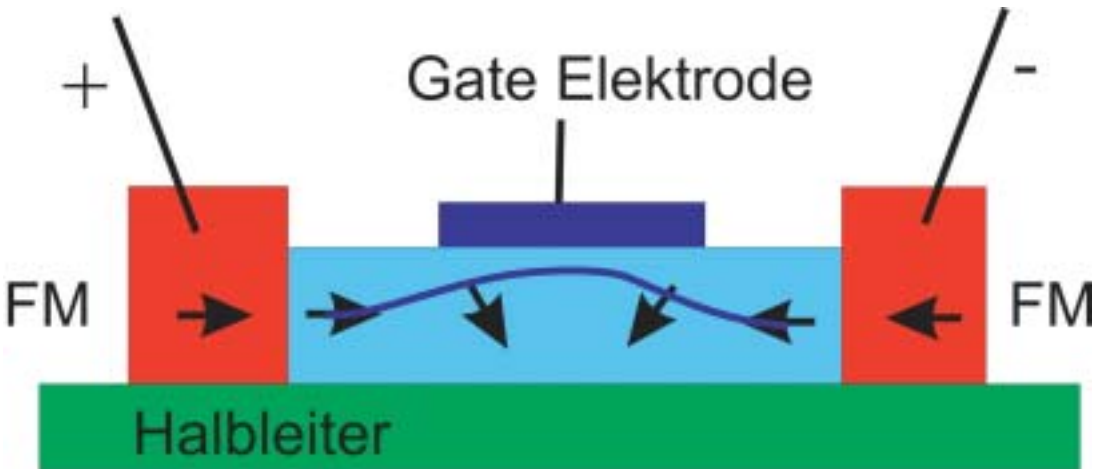


Bild 1: Spin Transistor.

Eigendrehimpuls, fast als wären Elektronen rotierende Kugeln oder Spielkreisel. Das Besondere daran ist, dass die Elektronen in einem Magnetfeld zwei verschiedene Energien aufweisen – je nachdem ob ihr Spin auf- oder abwärts weist. Dies stellt zwei zusätzliche Informationsgrade dar. Der Spin ist aber auch schneller und leichter manipulierbar als die Ladung der Elektronen. Ein erstes konzeptionelles Bauelement der Spin-Elektronik ist der Spin Transistor (Bild 1). In diesem werden die Spins beispielsweise aus einer ferromagnetischen (FM) Elektrode (Polarisator) in einen Halbleiter injiziert und durch eine zweite FM-Elektrode analysiert. Die Spins können sich im Halbleiter bewegen und durch eine „Gate“-Elektrode manipuliert werden. Damit erhält man zum Beispiel einen Spin-Schalter, der in programmierbaren Logik-Schaltungen mit geringem Leistungsverbrauch eingesetzt werden kann. Für die FM-Polarisatoren ist man derzeit weltweit auf der Suche nach geeigneten Materialien. Von besonderem Interesse sind

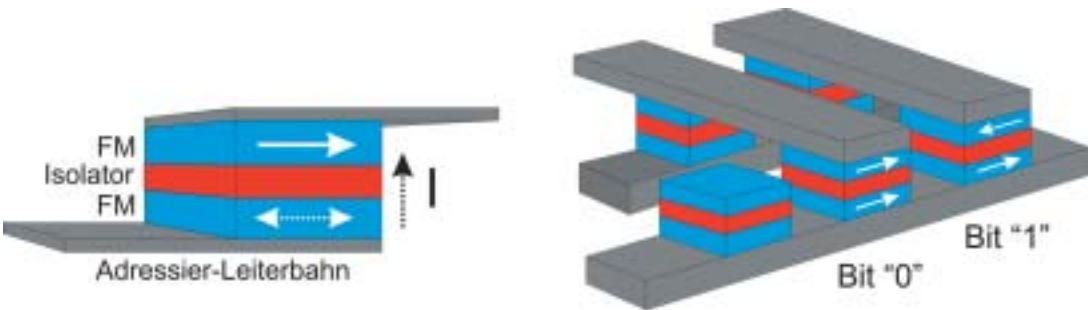
dabei halbmagnetische Ferromagnete oder magnetische Halbleiter, die bei Zimmertemperatur hochpolarisiert sind.

Die Magneto-Elektronik widmet sich der technologischen Realisierung eines neuen, nicht flüchtigen Computer-Arbeits-speichers, dem so genannten „magnetic random access memory“ (MRAM). Dieser soll den bisherigen flüchtigen Speicher auf Ladungsbasis (DRAM, D=dynamic) ablösen. Funktionale Einheit dieses Speichers ist die magnetische Tunnelzelle, bei der zwei FM-Schichten durch eine oxidische Isolatorschicht getrennt sind (Bild 2, links). Bei Stromfluss senkrecht zu den Schichten ist der Widerstand hoch für die antiparallele Ausrichtung der Magnetisierung beider Schichten, dagegen klein für eine parallele Ausrichtung. Die Ausrichtung der Magnetisierungen wird durch das die Adressierleitungen umgebende Magnetfeld gesteuert und definiert somit die Bits „1“ oder „0“ (Bild 2, rechts). Die materialwissenschaftliche Herausforderung besteht derzeit in der Herstellung

oxidischer Isolatorschichten mit Dicken unter einem Nanometer und einer Homogenität über die 200 bis 300 Nanometer Durchmesser eines Silizium-Wafers.

Derart dünne Schichten können mit herkömmlichen Methoden nicht abgebildet werden. Daher spielt für den NanoClub die hochauflösende Analytik eine bedeutende Rolle. Darunter fasst man alle Verfahren zusammen, die sich mit der Charakterisierung des Gefüges, der atomaren Struktur, der chemischen Zusammensetzung und der elektronischen Struktur der untersuchten Materialien auf der Nanometerskala befassen. Heute kennt man verschiedene Verfahren, die eine Untersuchung aller dieser Eigenschaften mit atomarer Auflösung erlauben. Bild 3 (links) zeigt eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme von drei Tunnelkontakten (Kreuzungspunkten), die mit Schattenmaskendeposition hergestellt

Bild 2: Gesamtkonzept eines magnetischen Computer-Speichers.



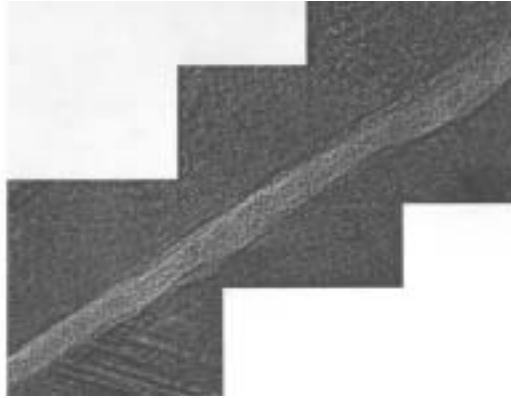
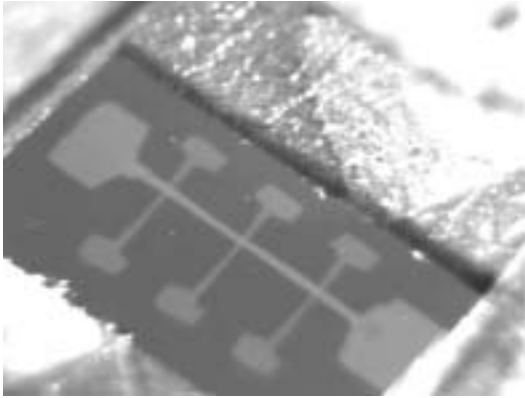


Bild 3: Rasterelektronenmikroskopaufnahme von drei Tunnelkontakten (links) und Transmissionselektronenmikroskopaufnahme der Oxid-Tunnelbarriere (rechts).

wurden. Bild 3 (links) zeigt eine Transmissionselektronenmikroskopaufnahme einer zwei Nanometer „dicken“ oxidischen Isolatorschicht (Tunnelbarriere) zwischen zwei FM-Elektroden.

Mit den Methoden der Nanoanalytik ist neben der Analyse auch die Bearbeitung der nanoskaligen Strukturen möglich. Von großer Bedeutung sind hier unter anderem lithografische Verfahren, die auf Verwendung von Elektronen- und Ionenstrahlen beruhen. Kürzlich wurde die Vielfalt der an der RWTH zu diesem Zweck zur Verfügung stehenden Geräte noch entscheidend verstärkt durch die Installation zweier Instrumente der neuesten Gerätegeneration, eines hochauflösenden analytischen Transmissionselektronenmikroskops und einer „Focused Ion Beam Workstation“ (FIB). Die RWTH Aachen

Zukunft. Die richtige Entscheidung in der Gegenwart.



Wir bringen Hochleistungswerkstoffe in Form und Funktion.

Der Weg ist die langfristig angelegte strategische Partnerschaft mit unseren Kunden in der Luft- und Raumfahrtindustrie, der Automobilindustrie, der Bauindustrie und im Maschinen- und Anlagenbau.

Die Mittel sind qualifizierte und motivierte Mitarbeiter, zielgerichtete Forschung und Entwicklung, angewandte Werkstoff-, Schmiede- und Strangpresstechnologie auf höchstem Niveau.

Das Ergebnis ist ein breites Spektrum spezieller Halbzeuge, einbaufertiger Komponenten, Fertigprodukte und Komplettsysteme aus Aluminium-, Magnesium-, Titan-, Nickel- und Kupferlegierungen.

Die gemeinsame Aufgabe ist bleibend. Güter zu schaffen, die für Mensch und Umwelt von Nutzen sind.

Sprechen Sie mit uns.

OTTO FUCHS KG

Postfach 1261 58528 Meinerzhagen

Telefon 02354/73-1 Fax 02354/73201

info@otto-fuchs.com

<http://www.otto-fuchs.com>



ist damit eine der ersten Universitäten in Deutschland, in denen diese Gerätekombination zur Verfügung steht. Die FIB-Anlage verwendet einen intensiven, auf wenige Nanometer fokussierten Ionenstrahl, um mit höchster Präzision das Material zu bearbeiten. Damit wird die Herstellung nanostrukturierter Funktionsmaterialien mit neuen Eigenschaften realisierbar.

Neben der Oberflächenstrukturierung ist die gezielte Oberflächenfunktionalisierung von großem Interesse. Materialien – funktionalisiert mit Biomolekülen – könnten so für den Einsatz in der Medizin maßgeschneidert werden. In diesem Zusammenhang spielt die Anbindung von Biomolekülen an Metall- oder Halbleiteroberflächen bei der Entwicklung neuer diagnostischer Verfahren eine wichtige Rolle. Metallnanopartikel von nur wenigen Nanometern Durchmesser können als optische Sonden für die Kopplung oder Faltung von DNA-Molekülen oder Proteinen dienen. Die gezielte räumliche Zusammenlagerung der mit A- beziehungsweise A'-DNA-Strängen markierten Gold-Nanopartikel durch Ausbildung von AA'-Doppelhelix-Strukturen (Bild 4a) führt zu einer definierten Änderung der optischen Eigenschaften der Nanopartikel (Bild 4b). Auch die Mikroelektronik hat die DNA für sich entdeckt. Als strukturprägendes Templat (ein Templat ist eine Art Schablone) mit extrem hoher Bindungsspezifität soll das Erbgutmolekül in Zukunft zum Aufbau funktioneller Bauelemente dienen.

Abschließend sei die Klasse der nanoporösen Materialien genannt. Diese weisen Poren mit einem Durchmesser im Bereich kleiner Moleküle auf, also von einem bis wenigen Nanometern. Auf diese Weise können kleine Moleküle von größeren Molekülen getrennt werden. Dieser so genannte Molekularsiebeffekt ist schon seit vielen Jahren bekannt und wird in der chemischen Industrie in großem Umfang zur Stofftrennung oder in katalytischen Prozessen genutzt. Erst in jüngster Zeit ist es durch Integration solcher Materialien in Mikroelektrodenstrukturen (Bild 5, links oben) gelungen, hochselektive Gassensoren zu entwickeln. Damit kann Ammo-

Bild 4: a) Räumliche Zusammenlagerung (Konjugation) von Gold-Nanopartikeln durch Vereinigung von A- und A'-DNA-Strängen (DNA-Hybridisierung. Reaktionsschema. b) Lösung mit isolierten Partikeln (links) und

mit konjugierten Partikeln (rechts). Der Farbunterschied resultiert aus der Veränderung der optischen Eigenschaften (Plasmoresonanz) im netzwerkartigen Verbind der Partikel.

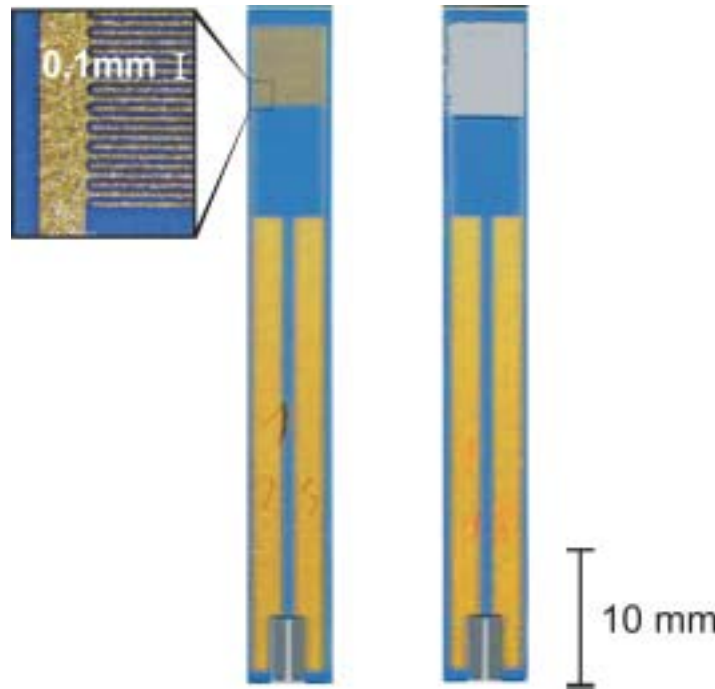
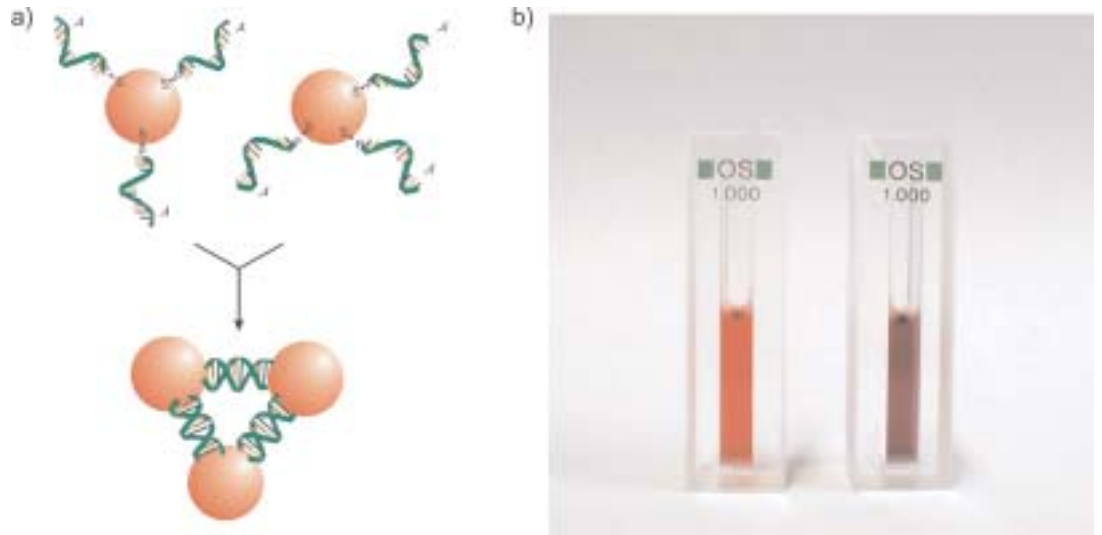


Bild 5: In der Mitte ist die unbeschichtete Mikroelektrodenstruktur dargestellt sowie links eine Vergrößerung der kammartig ineinandergreifenden Gold-Elektroden. Das rechte Bild zeigt die mit nanoporösem Material beschichtete Mikroelektrodenstruktur wie sie als Gassensor eingesetzt wird.

niak (NH₃) in Kraftfahrzeug- und Kraftwerksabgasen gespürt werden. Dies geschieht durch die spezifische Wechselwirkung von NH₃-Molekülen mit beweglichen Protonen (H⁺-Ionen). Über einen weiten Temperaturbereich wird dadurch die Mobilität der Protonen erhöht. Sensoren dieses Typs sollen in naher Zukunft zur On-board-Diagnose von SCR-Katalysatoren (Selective Catalytic Reduction, Umwandlung von Stickoxiden zu Stickstoff) für Dieselabgase eingesetzt werden.

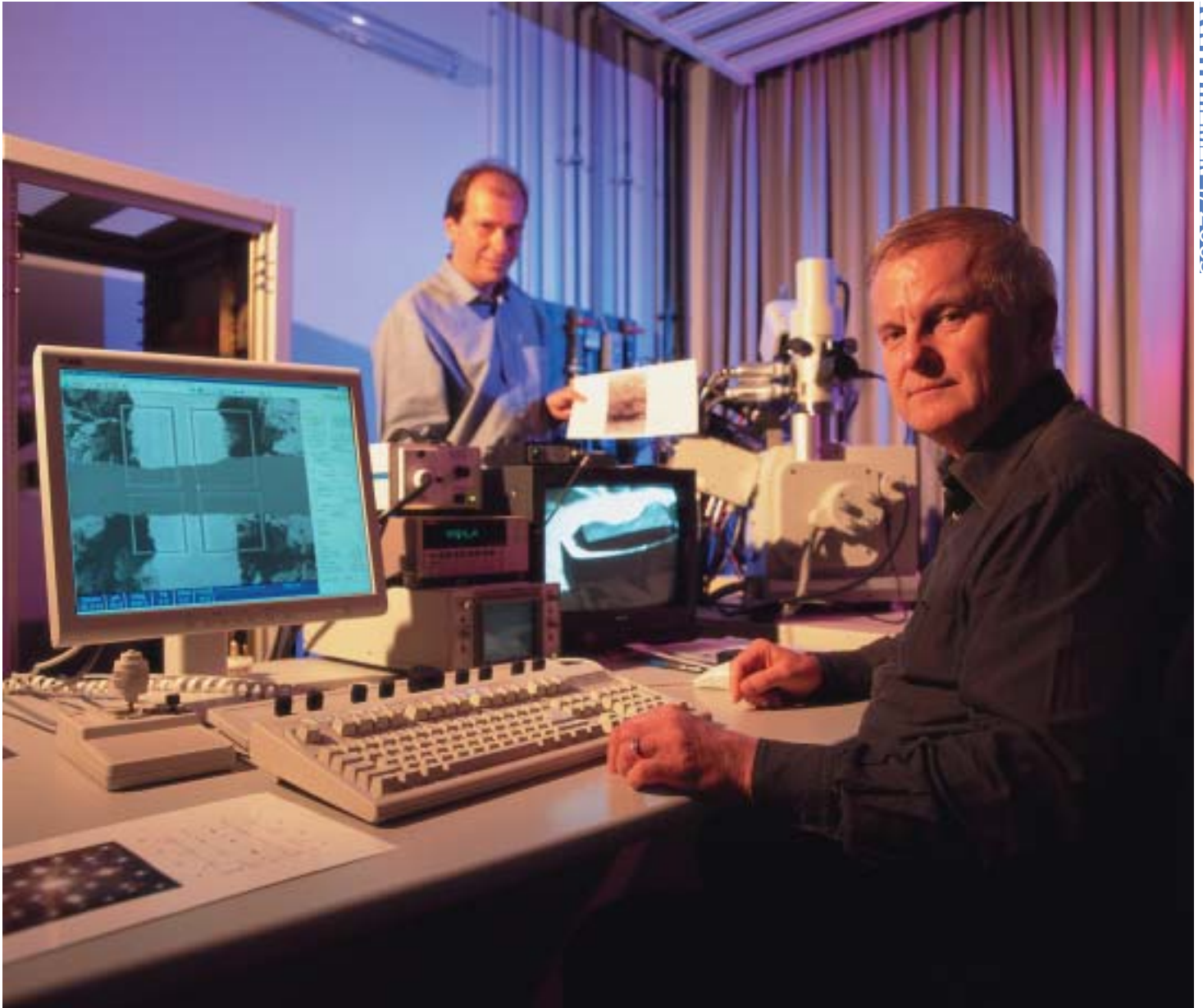
Die ausgewählten Beispiele aus dem Bereich der materialbezogenen Nanowissenschaften

weisen auf zwei wichtige Aspekte hin. Zum einen wird das enorme Potenzial der Nanotechnologie deutlich, durch nanoskalige Strukturierung oder gezielte Oberflächenfunktionalisierung die Eigenschaften herkömmlicher Materialien für bestimmte Anwendungen Maß zu schneiden. Zum anderen unterstreicht die Interdisziplinarität der Nanotechnologie die Notwendigkeit, dass die an der RWTH Aachen vorhandenen und sehr vielseitigen Aktivitäten und Kompetenzen durch den NanoClub gebündelt werden.

Autoren:

Dr. rer.nat. Marion E. Franke ist Koordinatorin des RWTH-NanoClubs.

Univ.-Prof. Dr. sc.nat. Gernot Güntherodt ist Sprecher des RWTH-NanoClubs und Inhaber des Lehrstuhls für Experimentalphysik II A.



Professoren Gernot Güntherodt (rechts) und Joachim Mayer (links) mit der elektronenmikroskopischen Aufnahme einer magnetischen Speicherzelle für Anwendungen in MRAMs (Magnetic Random Access Memory). Die Zelle wurde mit der Focused Ion Beam (FIB)-Workstation im Hintergrund präpariert.

Foto: Peter Winandy





Die Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie ermöglicht die hochauflösende, nanometergenaue Analyse von Mikrostrukturen in metallischen Materialien und Legierungen.

Foto: Peter Winandy

Charakterisierung fadenkontaktierender Maschinenelemente

Innovative Ansätze durch interdisziplinäre Kooperation

Fadenkontaktierende Elemente werden in vielfältigen Formen und sehr hohen Stückzahlen (etwa eine Million Stück pro Jahr) in Textilbetrieben eingesetzt. Diese Textilmaschinenelemente sind unter anderem wegen der teilweise hohen Ablaufgeschwindigkeiten des Fadens einer erheblichen Belastung ausgesetzt. Der Einsatz nicht perfekt angepasster Maschinenteile kann zu einer unzureichenden Qualität der textilen Produkte führen und unter Umständen sogar Maschinenausfälle verursachen.

Aus diesem Grund sind die Hersteller von Textilmaschinen und ihre Zulieferer daran interessiert, Bauteile zu entwickeln, deren Oberfläche auf das Einsatzgebiet möglichst gut abgestimmt ist. Wünschenswert ist hier eine Simulation der Prozesseigenschaften auf Basis der Oberflächenkennwerte. Dies ist momentan jedoch nicht möglich. In der Praxis ist die Entwicklung von neuen Oberflächen ein Prozess der kleinen Schritte, bei dem auf Erfahrungswissen aufbauend unterschiedliche Oberflächentopographien hinsichtlich ihrer Eignung getestet werden. Dies führt zu langen Entwicklungszeiten.

Es existiert eine Vielzahl von Methoden zur Charakterisierung von Oberflächen, von denen viele bereits den Status von internationalen Normen besitzen. Diese Methoden wurden in der Regel für metallische oder harte Oberflächen entwickelt, die mit anderen harten oder metallischen Oberflächen in Interaktion treten.

Eine Methode ist die Ermittlung von Kennwerten aus so genannten Tastschnittmessungen. Diese Methode ist Stand der Technik für die Überprüfung der Oberflächenrauigkeit in der Automobilindustrie und in praktisch allen Sparten der Metallzerspanung. Das Oberflächenprofil wird bestimmt, indem ein Taster mit einer Diamantspitze über die zu prüfende Oberfläche geführt wird (Bild 1). Das Profil wird in die Komponenten Formabweichung, Welligkeit und Abweichungen höherer Ordnung aufgeteilt und mit der Idealoberfläche verglichen. Hierbei ist die Rauigkeit als Abweichung höherer Ordnung definiert.

Aus der Rauigkeit lassen sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Kennwerten berechnen. Es wurde immer wieder versucht, einzelne Kennzahlen, wie die Rauhtiefe R_t oder den arithmetischen Mittenrauhwert R_a , mit Garnschädigung oder dem Reibverhalten zu korrelieren. Dies ist jedoch nicht möglich. Die Interaktion zwischen Garn und Oberfläche ist viel zu komplex, um sie mit einer einzigen Oberflächenkennzahl beschreiben zu können.¹ Daher liegt die Idee nahe, mehrere Kennzahlen zu kombinieren. Mit dieser Methode ist eine Vorauswahl der Oberflächen im Groben bereits möglich.² Eine Vorhersage der Reibeigenschaften gelingt damit jedoch noch nicht. Hierfür müssen zusammen mit der geeigneten Auswahl von Kennzahlen selbstlernende Systeme eingesetzt werden. Diese Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie auf Basis von vorhandenen Informationen lernen können und damit zukünftige Ereignisse vorhersagen können. Hiermit ist es möglich, Garneigenschaften auf der Basis von Oberflächenkennwerten vorherzusagen.³

Die Fadenfreundlichkeit von Oberflächen wird im Textilmaschinenbau oft durch Spezialisten anhand von Rasterelektronenmikroskopaufnahmen (REM) der Fadenführer beurteilt. Der Spezialist nimmt eine Einteilung in „fadenfreundliche“ und „fadenschädigende“ Oberflächen auf der Basis seines Erfahrungswissens vor. Um diese personengebundene Methode zu objektivieren, werden am Institut für Textiltechnik REM-Aufnahmen mit digitaler Bildverarbeitung so aufbereitet, dass charakteristische Merkmale klassifiziert und quantifiziert ausgegeben werden. Hierbei wird besonders Wert gelegt auf die Erkennung von Oberflächendefekten.

Ein innovativer Ansatz wurde in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Mathematik und dem Institut für Geometrie und Praktische Mathematik der RWTH Aachen entwickelt. Die Mitarbeiter beschäftigen sich seit längerem mit der mathematischen Filterung von Bildern. Einer dieser Filter ist der so genannte Waveletfilter. Wavelets sind ein in der Signal-Analyse verbreitetes mathematisches

Hilfsmittel, das in den letzten Jahren zunehmend in der Bildverarbeitung Anwendung findet. Mit ihrer Hilfe kann ein Signal oder Bild in Form einer Entwicklung, ähnlich einer Fourier-Entwicklung, dargestellt werden. Aufgrund der speziellen Eigenschaften der Wavelets ist diese besonders gut geeignet, um lokale Eigenschaften des Bildes, zum Beispiel Unstetigkeiten wie etwa Kanten, zu behandeln.

Die Mathematik konnte in den letzten Jahren zeigen, dass man an dieser Entwicklung von mehrdimensionalen Funktionen die Glattheit in einem mathematischen Sinne ablesen kann. Die dort entwickelten Vorgehensweisen werden zur Klassifizierung der Oberflächenstrukturen herangezogen.

Oberflächen von fadenkontaktierenden Maschinenelementen sind in der Regel unregelmäßig strukturiert. Die Anwendung eines zweidimensionalen Wavelet-Filters zerlegt die REM-Aufnahmen der Oberfläche in eine Grobstruktur und verschiedene, den Raum-Richtungen 0, 45 und 90 Grad zugeordnete Detail-Anteile. Diese Anteile erlauben eine Reihe von Rückschlüssen auf die Größe und Form der Feinstrukturen der Oberfläche. Mehrfach hintereinander angewendet können so sowohl Makrostrukturen wie die Hügeligkeit der Oberfläche als auch Mikrostrukturen erfasst werden.

Die so ermittelten Werte haben gegenüber Tastschnittmessungen den Vorteil, dass sie nicht nur einen Schnitt der Oberfläche repräsentieren, sondern die Eigenschaften der Fläche beschreiben. Die errechneten Werte können ebenso wie die Kennwertkombinationen der Rauheitsparameter mit selbstlernenden Systemen kombiniert werden.

Mit den beschriebenen Methoden wird an einem Grundlagenprojekt untersucht, inwieweit das Reibungsverhalten der Paarung „Garn – Fadenkontaktierendes Element“ vorhergesagt werden kann. Darüber hinaus werden auch neue Wege zur Charakterisierung von Oberflächen entwickelt, die auf die besondere Problematik der textilen Anwendungen zugeschnitten ist. ●

Literatur:

- ¹ Ehrler, P., Guse, R.: Reibungsverhalten von Filamentgarnen: Der Einfluss der Rauigkeit oxidkeramischer Fadenleitorgane bei hoher Fadengeschwindigkeit. *Chemiefasern-Textilindustrie* 24 (1974), 726 ff.
² Gries, Th.: Anforderungsgerechte Dünnschichtsysteme für fadenführende Textilmaschinen-elemente. Dissertation, RWTH Aachen, Aachen 1995.
³ Callhoff, Ch.: Verbesserung textiler Fertigungsverfahren durch neue fadenkontaktierende Bauteile. Dissertation, WTH Aachen, Aachen 2000.

Autoren:

Dipl.-Math. Arne Barinka ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Geometrie und Praktische Mathematik.
 Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Wolfgang Dahmen ist Leiter des Institutes für Geometrie und Praktische Mathematik.
 Dipl.-Ing. Tobias Fürderer ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Textiltechnik.
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries ist Leiter des Instituts für Textiltechnik und Inhaber des Lehrstuhls für Textilmaschinenbau.

Die Publikation enthält Ergebnisse aus dem DFG-Forschungsvorhaben Wu 159/12-1 der RWTH Aachen. Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Förderung dieses Forschungsvorhabens.



Prüfen der Fadenzugkraft im laufenden Prozess an der dreidimensionalen Flechtmaschine.

Foto: Peter Winandy

Kompetenznetzwerk für Faserverbundkunststoffe an der RWTH Aachen

Leichtbau pur mit neuen Werkstoffen

1/2003 RWTH THEMEN

Faserverbundkunststoffe (FVK) besitzen wie kaum ein anderer Werkstoff ein enormes Leichtbaupotenzial, sie weisen ein Höchstmaß an mechanischen Eigenschaften bei gleichzeitig geringem Gewicht auf. Aber auch eine außerordentliche Schwingfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit sowie ein hohes Energieaufnahmevermögen zählen zu den besonderen Merkmalen.

Eine Vorreiterfunktion hinsichtlich der Nutzung dieser herausragenden werkstoffspezifischen Leistungsfähigkeit hatte und hat sicherlich die Luft- und Raumfahrtindustrie. So bestehen zum Beispiel unter dem Stichwort „Schwarzer Rumpf“ intensive Entwicklungsbemühungen, den gesamten Flugzeugrumpf eines Airbus in Kohlenstofffaser verstärktem Kunststoff darzustellen, an denen auch Aachener Hochschulinstitute beteiligt sind. Aber auch in anderen Anwendungsgebieten werden die Vorteile der FVK zunehmend genutzt. So lassen sich durch konsequenten Leichtbau mit FVK effiziente Produktionssysteme mit hoher Dynamik und auch energiesparende Automobile realisieren, was nicht zuletzt im Hinblick auf eine nachhaltige Ressourcen- und Umweltschonung von Bedeutung ist. Zur Energiegewinnung werden FVK seit geraumer Zeit in Form von Flügeln für Windkraftanlagen eingesetzt – ein Markt mit einem rasanten Wachstum. Aber auch im Sportsektor garantiert dieser innovative Werkstoff immer neue Höchstleistungen.

Um dieser Entwicklung von der Hochschuleseite her Rechnung zu tragen, haben Aachener Institute wie das Institut für Leichtbau (IfL), das Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), das Institut für Textiltechnik (ITA) und das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik IPT ihr Faserverbund-Know-how gebündelt und mit „ACEs“ (Aachen Composite Engineers) ein leistungsstarkes Kompetenznetzwerk aufgebaut, wie die weiteren Ausführungen verdeutlichen werden.

Die Natur als Vorbild

Wie es geht, hat uns die Natur eindrucksvoll vorgemacht. So nutzen Pflanzen diese ausgeklügelte Verbundbauweise, um den Naturgewalten im rauen Leben Stand zu halten. Betrachtet man etwa den Querschnitt eines Baumes, wird das Konstruktionsprinzip einer solchen Struktur deutlich. Die axial ausgerichteten Zellulosefasern bewirken mit ihrer Festigkeit, dass der Baum bei Biegebelastungen nicht bricht, selbst wenn starke Windböen an ihm zerren. Und auch im Bereich von Astgabeln weiß die Natur, wie sie die natürlichen Verstärkungsfasern entsprechend der Kraftflussrichtungen anordnen muss (Bild 1). Für den Zusammenhalt der Fasern in einem solchen Verbund sorgt eine poröse Lignin-Matrix.

Richtig Dimensionieren – faserverbundgerechtes Denken als Schlüssel zum Erfolg

Bei den von Menschenhand hergestellten Verbunden von Verstärkungsfasern wie Glas-, Kohlenstoff- und Naturfasern mit einer Kunststoffmatrix ist die strukturelle Funktionsweise sehr ähnlich. Durch eine geschickte Kombination von Fasern und Matrix können Bauteile entsprechend der äußeren Belastung entworfen werden. Dem Konstrukteur obliegt es dabei, die richtungsabhängigen Eigenschaften zu berücksichtigen (Anisotropie) und die lasttragenden Verstärkungsfasern gezielt auszurichten. Im Vergleich zu isotropen Metallen – also von Metallen, die gleiche physikalische wie chemische Eigenschaften aufweisen – ist somit in Sachen Design ein Umdenken erforderlich. Eine eins zu eins Substitution führt hier selten zum Erfolg. Vielmehr ist faserverbundgerechtes Denken und Konstruieren erforderlich.



Bild 1: Der Baum – ein Stück Evolutionsgeschichte in Sachen Verbundbauweise.

Das komplexe Material- und Versagensverhalten von FVK muss durch Experimente verstanden und durch geeignete mathematische Modelle und Berechnungsmethoden in eine für den Konstrukteur handhabbare Form gebracht werden. Diese Zielsetzungen werden vom Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) und vom Institut für Leichtbau (IfL) in verschiedenen Projekten verfolgt. So wurde am IKV in den letzten Jahren das Versagensverhalten in umfangreichen Studien detailliert analysiert (Bild 2). Dabei konnte das Versagenskriterium nach Puck, das heute zu den fortschrittlichsten Modellvorstellungen zählt und kürzlich erst in einer weltweiten 'Failure Exercise' zum Sieger gekürt wurde, experimentell verifiziert werden. Daneben wird am IKV die Abnahme der mechanischen Kennwer-

Tolerierbarer Zwischenfaserbruch in der Innenschicht unter Querkzug-Beanspruchung

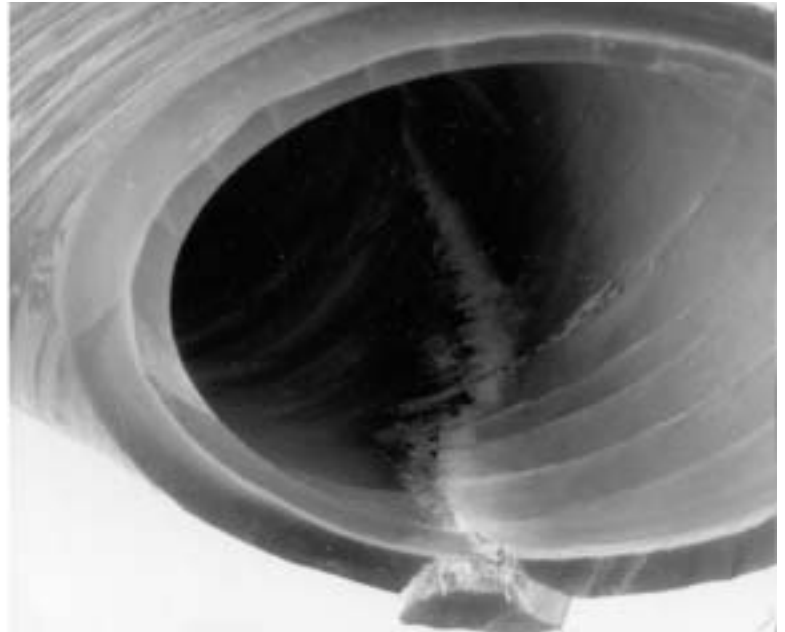
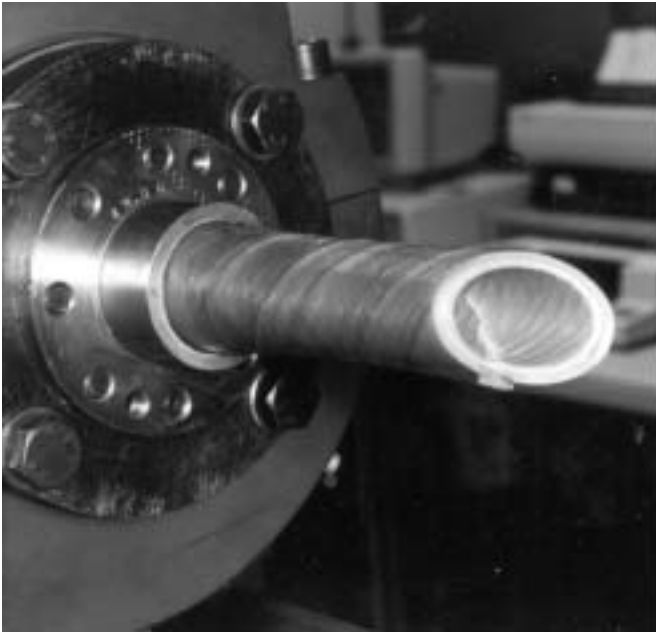


Bild 2: Versagensverhalten von FVK bei unterschiedlichen Werkstoffbeanspruchungen.

Nicht-tolerierbarer Zwischenfaserbruch in der Außenschicht durch Querkdruck-Beanspruchung

te durch Matrixbrüche, die nicht zwangsläufig zum Versagen des Bauteils führen, untersucht und modelliert, so dass zukünftig eine noch exaktere Abbildung der Realität möglich wird.

Am IfL wird in Kooperation mit dem ITA und dem IKV ein Projekt bearbeitet, in dem das IfL die strukturmechanischen Grundlagen zur Dimensionierung von 3D-versteiften Flächen-tragwerken erarbeitet. Schwerpunkt-mäßig wird das Aufbringen von Versteifungen durch Nähen untersucht. Nähen bietet hier den Vorteil, dass die Zerstörung des FVK infolge von Delaminationen – also durch das Lösen von Faserschichten, die durch die Kunststoffmatrix miteinander verbunden sind – wirkungsvoll verhindert werden kann. Weiterhin werden am IfL Berechnungsverfahren für die Auslegung von versteiften Flugzeugrümpfen aus FVK entwickelt, die selbstverständlich auf andere Leichtbaukonstruktionen übertragen werden können. Das Verhalten von FVK bei Crash- und Impact-Belastungen wird sowohl experimentell als auch analytisch-numerisch untersucht.

Auf die Architektur der Verstärkungsfasern kommt es an

Sind die erforderlichen Faserorientierungen im Bauteil ermittelt, gilt es geeignete Fertigungsverfahren auszuwählen. Moderne textile Verfahren, die am ITA intensiv erforscht werden, bieten dabei aufgrund ihres hohen Automatisierungsgrades ein großes Potenzial für eine wirtschaftliche Herstellung der geforderten Faserarchitekturen. Die klassischen Verfahren wie Weben und Flechten müssen jedoch auf das zu verarbeitende Material – meist spröde Hochleistungsfasern – angepasst werden.

Darüber hinaus sind mittlerweile hochkomplexe neue Fertigungsverfahren wie das 3D-Flechten verfügbar, die eine sehr große Freiheit bei der Gestaltung der Faserhalbzeuge ermöglichen. Das 3D-Flechtverfahren des ITA ermöglicht neben einer lastgerechten Faserorientierung die Herstellung komplexer Preforms. Dies sind endkonturnahe Faser-Vorformlinge, die aus Gründen der Wirtschaftlichkeit zunehmend an Bedeutung gewinnen. Bei der Herstellung flächiger 2D-Faserhalbzeuge können bei den so genannten Multiaxial-Gelegen (MAG) heute bereits bis zu acht Lagen mit unterschiedlichen Faserorientierungen in

einem Schritt realisiert werden. Zur Kombination von 2D- und 3D-Halbzeugen zu großen, komplexen Preforms eignen sich verschiedene Nähverfahren. Dabei werden vermehrt neue einseitige Nähtechniken eingesetzt. Das ITA verfügt hier über einen selbst entwickelten Nähkopf. Am ITA können somit Garne zu 2D- und 3D-Textilien verarbeitet werden, die anschließend konfektioniert und als belastungsge-rechte Preforms für die anschließende Imprägnierung mit der Kunststoffmatrix bereitgestellt werden.

Verarbeitungs- und Maschinenteknik – Potenziale neuer Verfahren nutzen

Mit ein Grund für den zunehmenden Einsatz von FVK ist sicherlich auch die stetige Optimierung und Entwicklung neuer innovativer Fertigungsverfahren und Maschinentekniken zur Verarbeitung der textilen Halbzeuge zum letztendlichen FVK-Produkt. Auch hier verfügt die RWTH Aachen über eine breite Kompetenz.

So sind am IKV nahezu alle gängigen FVK-Verarbeitungsverfahren von der Wickel-, Pultrusions- und Autoklaventechnik über die verschiedenen Flüssig-imprägnierverfahren bis hin zu

Umformtechniken für thermoplastische FVK sowie der Press-technik Gegenstand der Forschung. Neben der Generierung innovativer Neuerungen wird dabei das Wissen um diese Technologien in öffentlich geförderten Projekten und direkten Kooperationen mit der Industrie stetig ausgebaut. Hierbei wird auch der Kontakt zu den anderen Aachener Instituten gesucht und genutzt. So werden derzeit geeignete Strategien zur Harz-imprägnierung und letztendlichen Formgebung der vom IfL dimensionierten und vom ITA gefertigten komplexen Preforms aus MAG mit aufgenähten Versteifungselementen entwickelt. In einem weiteren aktuellen Projekt wird die Nutzung der Ultraschallmesstechnik zur Prozessüberwachung bei solchen Flüssigimprägnierverfahren analysiert. Hierdurch kann sowohl der Härtingsprozess der Harzmatrix als auch die Imprägnierung der Verstärkungsfasern während der Injektion des zunächst dünnflüssigen Harzes erfasst werden – ein wichtiger Schritt in Richtung Fertigungs-optimierung und Qualitätssicherung bei diesen nicht nur für die Automobilindustrie interessanten Fertigungsverfahren.

Sinnvoll ergänzt wird diese Kompetenz im Bereich FVK-Verarbeitungstechnik durch die Forschung am Fraunhofer IPT. Kerngebiete sind die Bauteilentwicklung und -fertigung, die Entwicklung und Optimierung von Fertigungs- und Automatisierungsprozessen, die Spezialmaschinenentwicklung sowie die spanende Bearbeitung von Faserverbundwerkstoffen. Aktuelle Forschungsschwerpunkte umfassen die Maschinen- und Prozessentwicklung zur Verarbeitung thermoplastischer FVK (Bild 3) für Anwendungen aus der Offshore-Industrie, dem Automobilbau sowie der Medizintechnik. Innerhalb dieser Schwerpunkte wurden in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern beispielsweise eine Wickelanlage zur Herstellung von Leichtbau-Pipelines von bis zu 3.000 Metern Länge sowie eine Pultrusionsanlage zur Produktion von Operationsnadeln mit nur wenigen Mikrometern Durchmesser entwickelt.

Gemeinsam zum Erfolg

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass an der RWTH Aachen ein geballtes Know-how in Sachen Faserverbundtechnologie vorliegt. Mehr noch hat sich durch die fachübergreifende Zusammenarbeit der einzelnen Institute ein enges und kraftvolles Kompetenznetzwerk etabliert. Historisch betrachtet geht diese Entwicklung bereits auf die Mitte der achtziger Jahre zurück, als an der RWTH der Sonderforschungsbereich SFB 332 eingerichtet wurde, der über 14 Jahre von der DFG gefördert wurde. Diese interdisziplinäre Kooperation hat die wissenschaftliche Zusammenarbeit der Faserverbundtechnologien in Aachen nachhaltig geprägt.

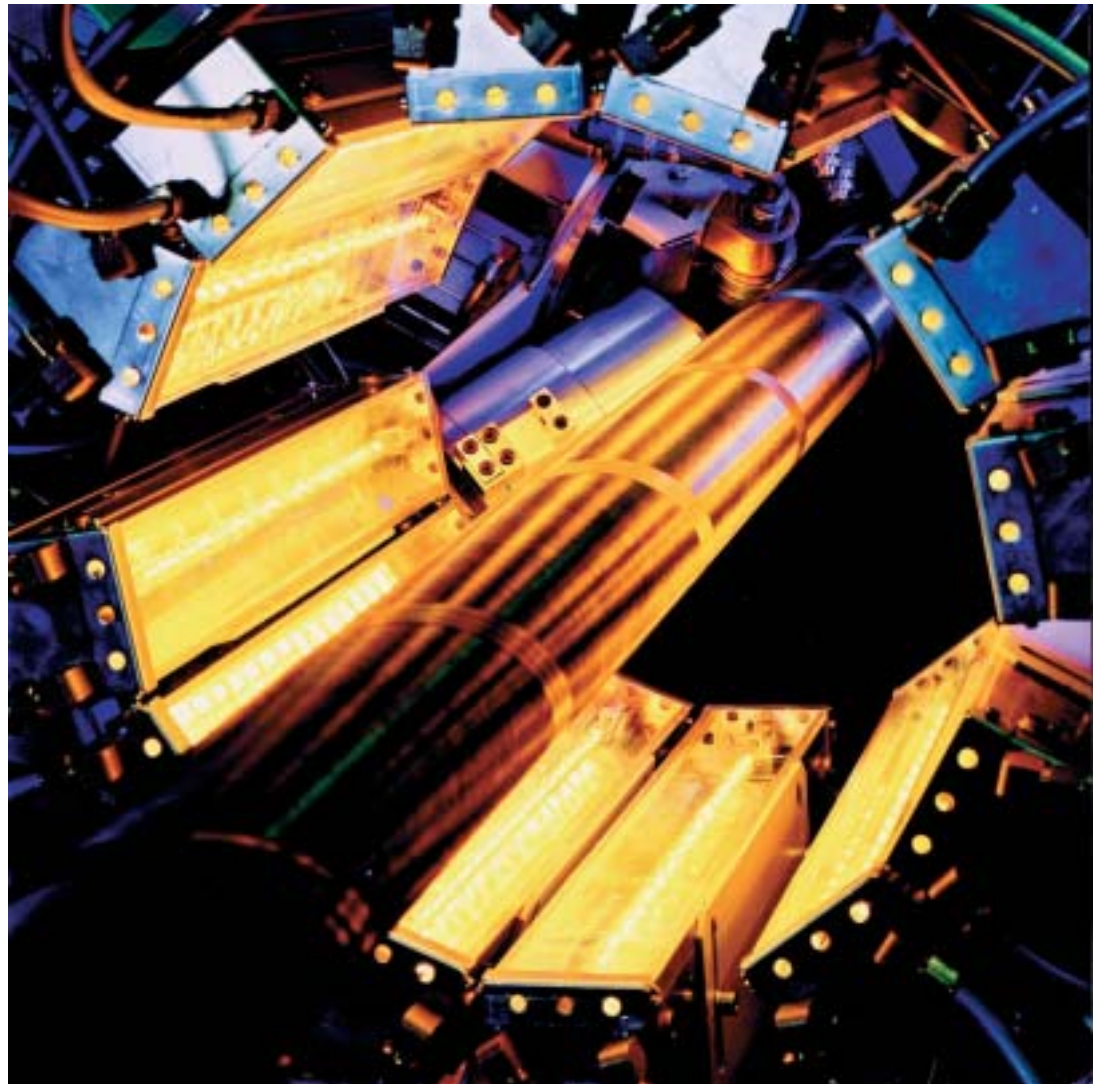


Bild 3: Herstellung von FVK-Pipelines mit einer neuartigen Wickeltechnik.

Um diese Tradition auch über den SFB 332 hinaus erfolgreich fortzusetzen, wurde als Teil des Werkstoff-Forums die Initiative ACEs ins Leben gerufen. Somit wird die führende Position der RWTH noch stärker im Markt transparent. Der Nutzen dieses Kompetenznetzwerks für die industrielle Praxis liegt klar auf der Hand: ACEs offeriert neben einer durchgängigen Technologieberatung durch gebündelte Fachkenntnis die Erarbeitung ganzheitlicher Systemlösungen von der Rohstoffauswahl und Konstruktion über die konzeptionelle Technologieentwicklung und Prozessgestaltung bis hin zur praktischen Umsetzung eines Entwicklungsvorhabens. ●

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries ist Inhaber des Lehrstuhls für Textilmaschinenbau und Leiter des Instituts für Textiltechnik (ITA).
Dr.-Ing. Ingo Kleba ist Abteilungsleiter im Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV).
Dipl.-Ing. Markus Linke ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Leichtbau (IfL).
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Günther Reimerdes ist Inhaber des Lehrstuhls und Leiter des Instituts für Leichtbau (IfL).
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmachtenberg ist Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoff-Werkstofftechnik.

Dipl.-Ing. Florian Schmidt ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Werkzeugmaschinen und im Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik (IPT).
Dipl.-Ing. Bernd Veihelmann ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Textiltechnik (ITA).
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Weck ist Inhaber des Lehrstuhls und Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen sowie Mitglied des Direktoriums des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie (IPT).

Die richtige Oberfläche – Der Schlüssel zum Erfolg

Experimentelle Entwicklung und Simulation von innovativen Beschichtungsprozessen

Egal ob es sich um menschliche Haut, um die Schuppen eines Fisches oder die Rinde eines Baumes handelt: Die Oberfläche eines Organismus' übernimmt in der Natur besondere Aufgaben. Dazu gehören der Schutz vor äußeren Einflüssen, Funktionen des Stoffwechsels oder auch die Abschreckung von Feinden durch ein gefährlich erscheinendes Äußeres.

Die Natur hat über Jahrmillionen die Struktur der äußeren Hülle perfektioniert. Heute eifert der Mensch diesem Vorbild in der Werkstoffkunde nach. Wir sprechen dabei von der „technischen Oberfläche“, die durch den Mensch gestaltet wird. Ziel ist stets die Erfüllung besonderer Aufgaben durch die Oberfläche. Mit der immer stärker voranschreitenden Technisierung ergeben sich neue Aufgabenfelder und Möglichkeiten. Eines der bekanntesten frühen Anwendungsgebiete für Oberflächentechnologie ist der Korrosionsschutz von Eisenwerkstoffen.

Der technologische Fortschritt stellt auf vielen Gebieten stetig steigende Anforderungen an Werkstoffe und insbesondere an die Bauteiloberflächen. Hierzu gehören zum Beispiel neben dem klassischen Korrosions- und Verschleißschutz die elektrische Isolation oder der Hitzeschutz. Diese Anforderungen können häufig nur durch Verbundwerkstoff- oder Werkstoffverbundlösungen erfüllt werden. Die Erforschung neuer Werkstoffe und vor allem die Entwicklung innovativer Verfahren zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften durch moderne Beschichtungstechnologien gewinnen zunehmend an Bedeutung. Diese Entwicklungen werden durch die Techniken des Modellierens und Simulierens unterstützt. Heute existieren eine Vielzahl von Beschichtungsverfahren, von denen das Lackieren das mit Abstand bekannteste ist. Daneben haben sich weitere Verfahren etablieren können, mit denen der Horizont der Oberflächentechnik deutlich erweitert wurde. Mit ihnen können sowohl Metall- als auch Keramikschichten auf nahezu alle Substratmaterialien aufgebracht werden.

Diesen technischen Schwerpunkten widmet sich das Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften der RWTH

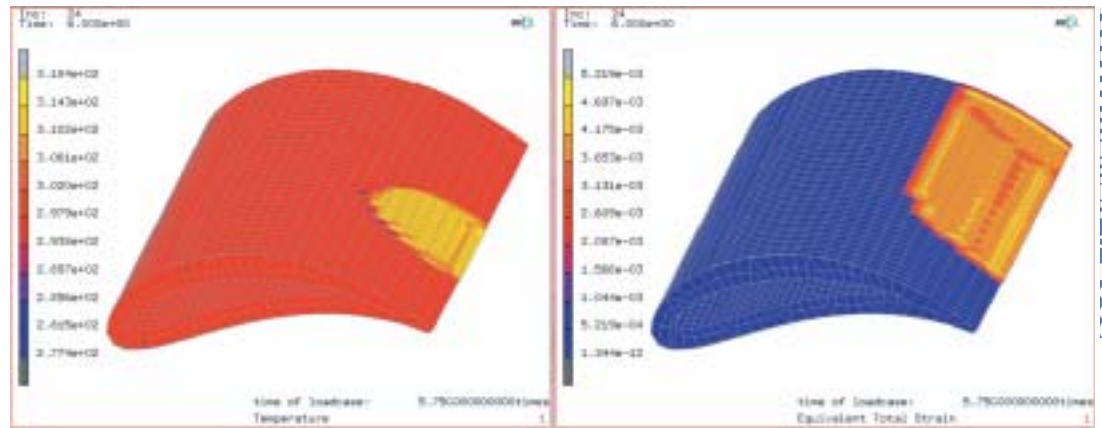


Bild 1: Simulation des Beschichtens beim Thermischen Spritzen.

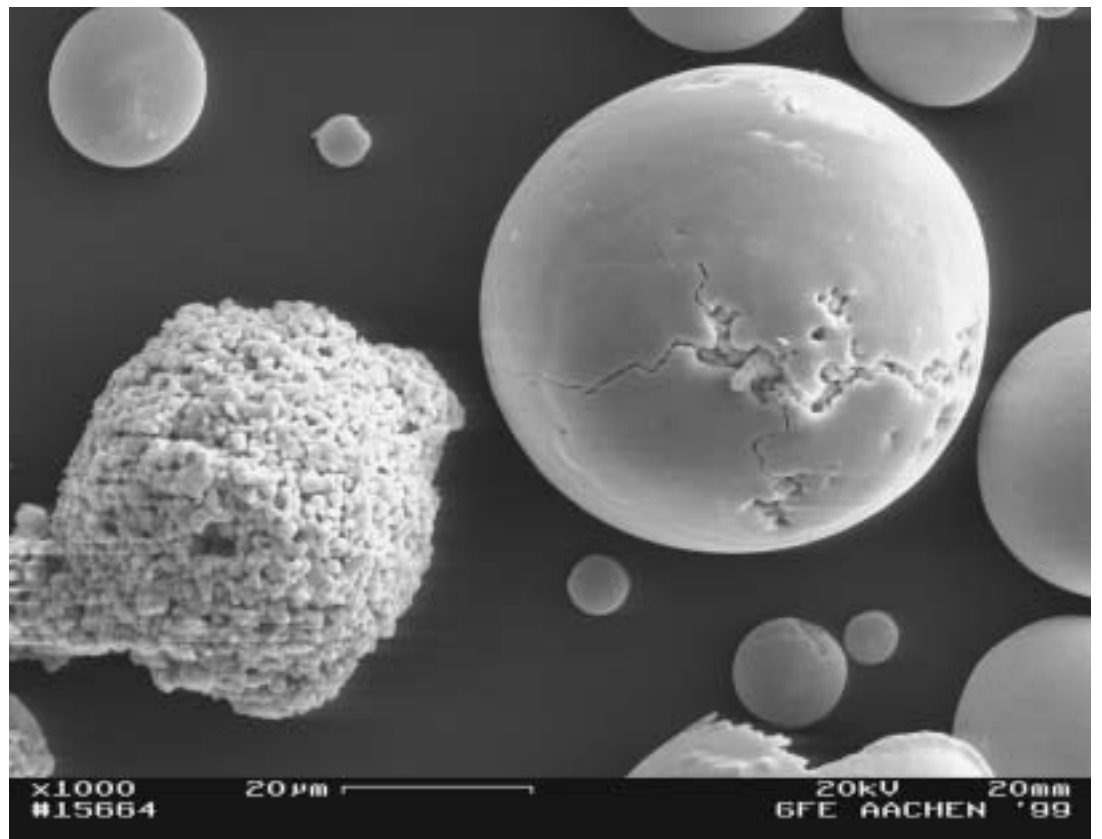


Bild 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme eines pulverförmigen Zusatzwerkstoffs für das Thermische Spritzen.

Aachen mit den Technologien „Thermisches Spritzen“ und „Physical Vapour Deposition“ (PVD). Bei letzterem handelt es sich um eine Dünnschichttechnologie. Die experimentellen Arbeiten der beiden Forschungsgruppen laufen parallel und in enger Zusammenarbeit mit den theoretischen Berechnungen der Gruppe „Modellierung und Simulation“. Die Gruppe „Löttechnologie“ beschäftigt sich neben dem Fügen von Werkstoff-

fen auch mit der Panzerung von Oberflächen.

Wie funktioniert die Beschichtung einer Oberfläche mittels Thermischen Spritzens und PVD grundsätzlich? Das Vorgehen ist bei beiden Verfahren zunächst identisch. Nach dem Reinigen und der Vorbereitung der zu beschichtenden Fläche (zum Beispiel durch Sandstrahlen oder durch Vorbehandlung mit Laserstrahl) wird ein Schichtwerkstoff aufgebracht. Beim Thermischen



Thermisches Spritzen einer Hochtemperatur-Oxidationsschutzschicht für die Gasturbinenanwendung.

Foto: Peter Winandy

Spritzen wird dieser in Partikelform auf die zu beschichtende Oberfläche aufgespritzt. Beim PVD-Verfahren wird der Schichtwerkstoff hingegen aufgedampft. Auf dem zu beschichtenden Bauteil angekommen, erstarrt oder kondensiert das Material und bildet die neue funktionelle Oberfläche.

Mit dem Thermischen Spritzen lassen sich relativ große Schichtstärken von etwa 50 Mikrometern bis zu mehreren Millimetern realisieren. Der Schichtaufbau ist durch eine lamellenartige Struktur gekennzeichnet. Generell ist auch die Herstellung ganzer Bauteile möglich. Bei diesem Verfahren sind der Werkstoffauswahl nahezu keine Grenzen gesetzt. Die wichtigsten Verfahren des Thermischen Spritzens sind grob nach der Art des Aufschmelzens des Beschichtungswerkstoffs in Flamm-, Lichtbogen- und Plasmaspritzen eingeteilt.

Die neueste Verfahrensentwicklung ist das Kaltgasspritzen. Hierbei wird der Beschichtungswerkstoff nicht mehr in einer Flamme, einem Lichtbogen oder in Plasma aufgeschmolzen, sondern nur noch durch einen sehr schnellen und kalten Überschallgasstrahl beschleunigt. Der Vor-

teil dieses Verfahrens liegt in der geringen Erwärmung des zu beschichtenden Bauteils und des Schichtwerkstoffs, der bei hohen Temperaturen häufig zu unerwünschter Oxidation neigt.

Generell lassen sich Kunststoffe, Metalle und Keramiken zu Schichten verarbeiten und sie können auch beschichtet werden. Anwendungen für das Thermische Spritzen finden sich heute nahezu überall: Von der manuellen Vor-Ort-Korrosionsschutzbeschichtung von Stahlelementen in der Bauindustrie bis hin zur automatisierten Beschichtung von Humanimplantaten mit Hilfe des Plasmaspritzverfahrens. Zu häufigen Anwendungsfällen zählen Walzenbeschichtungen für die Folien- und Papierherstellung. Weiterhin konnte sich das Thermische Spritzen im Bereich der Automobilindustrie, in der Luftfahrt und in der Energietechnik etablieren.

In den letzten Jahren zählt verstärkt die Nanotechnologie und die Prozessdiagnostik zu den Forschungsschwerpunkten am Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften. Mit Hilfe der Prozessdiagnostik lassen sich thermische Spritzprozesse grundlegend charakterisieren. Mit Hilfe dieser Methoden

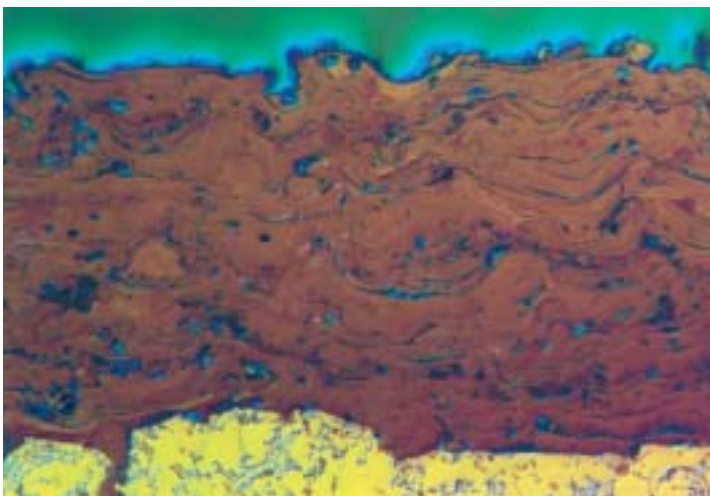


Bild 3: Querschliff einer circa 100 µm dicken thermisch gespritzten Schicht.



Einstellen des Spritzabstandes zwischen Brenner und Substrat.

Foto: Peter Winandy

werden Prozessregelungen entwickelt, wodurch zukünftig deutlich verbesserte Qualitätskontrollen während des Beschichtungsvorgangs ermöglicht werden.

Die PVD-Dünnschichttechnologie wird heute meistens bei Werkzeugbeschichtungen angewendet. Hierbei werden die Schichtausgangswerkstoffe in die Gasphase oder in den Plasmazustand überführt. Das so zerstäubte Material kondensiert auf dem zu beschichtenden Bauteil und wächst dort als Schicht auf. Bei vielen Fertigungsoperationen wie dem Fräsen und Bohren sind PVD-Beschichtungen zum industriellen Standard geworden. Diese Beschichtungen werden seit kurzem auch in Baumärkten angeboten. Selbst in diesem etablierten Bereich ist kein Ende der Weiterentwicklung absehbar. Neue Werkstoffe wie Diamant und Bor-Nitrid kommen zur Anwendung und auch die Fertigungsverfahren werden weiter entwickelt. Titan-Nickel (TiN) war die erste für die Stahlbearbeitung verwendete Schicht. Dieser Werkstoff stieß bald in vielen Bereichen an seine Grenzen. So konnten mit Titan-Aluminium-Nickel-Schichten auf Grund höherer Oxidationsbe-

ständigkeit, Warmfestigkeit und Verschleißbeständigkeit deutlich leistungsfähigere Werkzeuge hergestellt werden.

Auch die Bereitstellung von Energie unter ökologisch und ökonomisch sinnvollen Bedingungen erfordert ein Höchstmaß an Einsatz modernster Beschichtungstechnologie. Dazu gehören Wärmedämmschichten für stationäre Gasturbinen und auch für Flugtriebwerke. Um einen möglichst hohen Wirkungsgrad und damit eine optimale Ausnutzung der fossilen Energie zu erreichen, ist eine möglichst hohe Brenngastemperatur notwendig. Wärmedämmschichten schützen hierbei metallische Komponenten in den Turbinen vor den extrem hohen Temperaturen.

Mit der steigenden Rechenleistung von Computern wird die Simulation von technischen Prozessen zunehmend an Bedeutung gewinnen. Die Vielzahl der möglichen Kombinationen aus Verfahren, Werkstoffen und zu erreichenden Bauteileigenschaften wird auch zukünftig vermehrt den Einsatz von Simulation erfordern, um den experimentellen Aufwand bei der Schichtentwicklung zu minimieren. Die Entwicklung leistungs-

starker Modellierungsmethoden gehören somit am Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften zu den Schwerpunkten der kommenden Forschungsaktivitäten. Hierbei kommen zum Beispiel molekulardynamische Methoden zur Beschreibung des Schichtwachstums bei PVD-Prozessen zum Einsatz. Das Ziel ist die Simulation von Schichtstrukturen auf molekularer Ebene zur Beschreibung der Schichteigenschaften. ●

45

Autoren:

Univ.-Prof. Dr. techn. Erich Lugscheider ist Professor für das Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften. Dipl.-Ing. Klaus Seemann ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften.

Kernspintomograph im Taschenformat

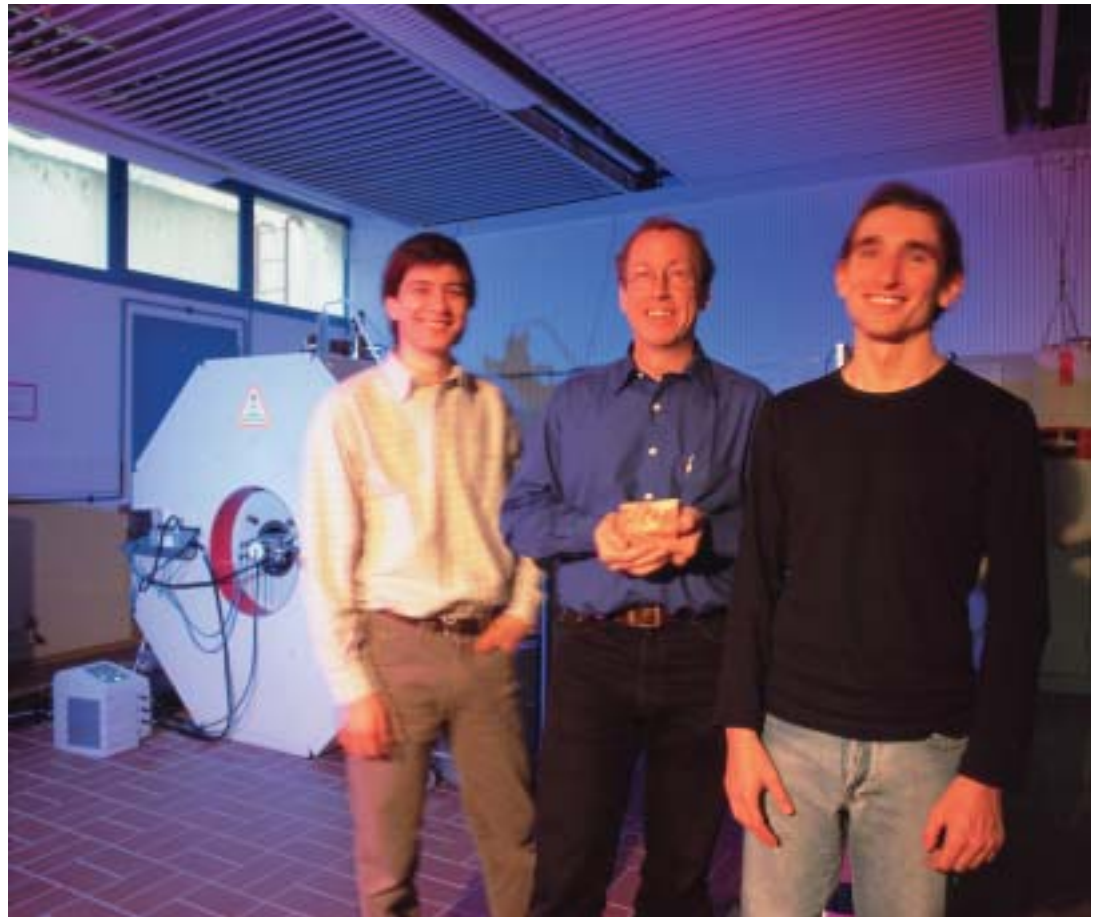
Zerstörungsfreies Prüfen mit Magnetischer Resonanz

1/2003 RWTH THEMEN

Zerstörungsfreies Prüfen ist ein Thema mit vielen Anwendungen. Ein historisches Kunstwerk oder ein Lebewesen wird man grundsätzlich ohne Probenentnahme prüfen wollen. Das gleiche gilt für teure oder sicherheitsrelevante Produkte. Aus der Medizin sind hierzu geeignete Verfahren bekannt, unter anderem die Kernspintomographie. Hiermit kann man nicht nur beliebig orientierte Schnittbilder durch den Körper aufnehmen, sondern auch quasi schon einfache Gedanken lesen und Einblicke in die Funktion des Gehirns erlangen. Für die Untersuchung wird der Mensch in der Öffnung eines supraleitenden Magneten positioniert und mit Hochfrequenzwellen abgetastet. Diese Apparatur lässt sich für viele Anwendungen in Medizin und Materialforschung auch zu einem mobilen Gerät verkleinern. Die Verfügbarkeit eines mobilen Kernspintomographen im Taschenformat eröffnet interessante neue Anwendungen für die zerstörungsfreie Prüfung und Qualitätskontrolle im Bereich der weichen Materie.

Kernspinresonanz (NMR)

Kernspinresonanz – NMR (Nuclear Magnetic Resonance) – bezeichnet den Funkverkehr mit Radiowellen zwischen Messgerät, dem NMR-Spektrometer und Atomkernen, die einem starken Magnetfeld ausgesetzt sind. Dieses Verfahren ist in der chemischen Analytik zur Strukturaufklärung fest etabliert. Kurt Wüthrich erhielt im Jahre 2002 für seine NMR-Arbeiten zur Strukturaufklärung biologischer Makromoleküle den Nobelpreis für Chemie. Moderne NMR-Spektrometer verwenden aus Gründen der Messempfindlichkeit teure supraleitende Magnete mit sehr starken und homogenen Feldern. Bei der NMR-Bildgebung werden zum Erhalt der Ortsinformation magnetische Zusatzfelder gepulst. Neben der Zahl der Protonen bestimmt insbesondere die so genannte NMR-Relaxationszeit T_2 den Kontrast im Kernspintomogramm. Diese stoffspezifische Zeitkonstante wird in charakteristischer Art und Weise von den Bewegungen der Moleküle bestimmt. So bewegt sich ein Molekül in der Flüssigkeit viel freier und schneller als ein Molekül im



Festkörper oder ein Segment einer makromolekularen Kette im dreidimensionalen Netzwerk eines Gummimaterials. Dementsprechend ist die T_2 -Zeit für Moleküle in der Flüssigkeit länger und der Bildbereich heller als der für Moleküle im festeren Material. In erster Näherung wird T_2 mit zunehmender Härte eines Materials kürzer.

Die Ausrüstung für NMR besteht aus einem Magneten und einer Sende- und Empfangseinheit für Radiowellen. Für die Spektroskopie und die Bildgebung ist die Ausstattung gewöhnlich ortsfest und teuer, dafür aber hochempfindlich und vielseitig in den Anwendungsmöglichkeiten. Hierbei umschließt der Magnet den zu messenden Objektbereich. Bei Spezialisierung auf die Messung von Relaxationszeiten können tragbare Permanentmagnete und PC-Spektrometer eingesetzt werden. Eine in der Produktkontrolle von Autoreifen erprobte NMR-Sonde ist die an der RWTH Aachen entwickelte NMR-MOUSE® (MOBILE Universal Surface Explorer). Die NMR-

MOUSE® besteht aus einem Permanentmagneten und einer Sende- und Empfangsantenne für NMR-Frequenzen im Bereich von 20 Megahertz. Die Sonde wird auf das Objekt aufgelegt, so dass das Magnetfeld in das Objekt von einer Seite eindringt. Was Mitte der neunziger Jahre im spielerischen Versuch entstanden ist, hat sich schnell als nützlich für praktische Anwendungen und hochinteressant für die wissenschaftliche Grundlagenforschung herausgestellt. Inzwischen sind eine Vielzahl von Messmethoden und Anwendungen für die NMR-MOUSE® bekannt.

Von der Gummivulkanisation zu Klebungen zu Wasser im antiken Fresko

Gummi besteht aus makromolekularen Ketten, die bei der Vulkanisation mit Schwefel zu einem dreidimensionalen Netzwerk verknüpft werden. Eine Gummirezeptur besteht aus vielen Komponenten, ähnlich einem Backrezept für Brot. Je nach Rezeptur und Vulkanisationsbedingungen

Professor Bernhard Blümich mit seinen Assistenten Frederico Casanova und Ivan Perlo.

Foto: Peter Winandy

wird ein anderes Material erzielt. Der Hersteller versucht Rezeptur und Verarbeitung für die jeweilige Anwendung zu optimieren, um so zum Beispiel ein Hochleistungsprodukt wie einen scheinbar einfachen Autoreifen zu fertigen, der mehr als 50.000 Kilometer Fahrkomfort und -sicherheit gewährt. Mit der NMR-MOUSE® kann durch Messen der T_2 -Relaxation das Vulkanisationsergebnis am fertigen Objekt in wählbarer Tiefe zerstörungsfrei geprüft und die gleichbleibende Qualität des Fertigungsprozesses überwacht werden. Recht eindrucksvoll kann man die Änderung der T_2 -Zeit mit dem Aushärten eines feuchtigkeitshärtenden Polyurethan-Dickschichtklebers verfolgen. Solche Kleber werden zum Verbinden der Windschutzscheibe mit der Karosserie im PKW-Bereich eingesetzt. Die Messung an Prüfkörpern aus Glas, Gummi und Metall ergab, dass der Kleber erst nach 30 Tagen voll ausgehärtet war, im Vergleich zu den Herstellerangaben, die die Belastbarkeit der Klebung nach einer Aushärtezeit von fünf Tagen angeben.

Ein weiteres Beispiel ist die zerstörungsfreie Messung an alten Büchern und Fresken. Hier gibt die NMR Information über den Erhaltungszustand des Papiers sowie den Feuchtegehalt und die Verteilung der mit Wasser gefüllten Poren im Baumaterial. Die Verteilung der T_2 -Zeiten wassergetränkter Baustoffe ist häufig ähnlich der sonst durch Einpressen von giftigem Quecksilber gemessenen Porengrößenverteilung. Dies wurde unter anderem an einem alten, nassen römischen Fresko in der Nähe des Colosseums in Rom demonstriert. Ohne das kostbare Fresko zu berühren wurde mit der davor gehaltenen NMR-MOUSE® der Zerfall des NMR-Signals gemessen und anschließend in eine Verteilung von T_2 -Zeiten zerlegt. Diese Verteilungen zeigen einen hohen Feuchtegehalt in den großen Poren für das Fresko, weniger Feuchte in den großen Poren der das Fresko tragenden Ziegelwand und noch weniger Wasser im Ziegel einer benachbarten Wand.



Kernspintomograph im Taschenformat

Ziel einer DFG-Forscherguppe an der RWTH ist es, das Potenzial der NMR-Bildgebung mit der NMR-MOUSE® in Medizin und Materialforschung zu ergründen. Über weitere Spulen zur Erzeugung gepulster Zusatzfelder können mit der NMR-MOUSE® auch Bilder wie in der Kernspintomographie erzeugt werden. Noch sind die Auflösung und die Empfindlichkeit der großen Kernspintomographen nicht erreicht, doch die Messzeit für die Bilder konnte bereits um zwei Größenordnungen auf wenige Minuten verringert werden. In der Materialforschung sind die Anforderungen an Auflösung und Messzeit weniger kritisch als in der Medizin, so dass die mobile NMR-Technologie zuerst in Produkt und Prozesskontrolle, zum Beispiel am Extruder, und in der Fertigung von Elastomerprodukten erfolgt. Gemessen an der rasanten Entwicklung der medizinischen Kernspintomographie werden aber bald auch die ersten medi-

zinisch signifikanten Untersuchungen an Sehnen und Gelenken erfolgen.

Autor:

Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Dr. h.c. Bernhard Blümich ist Inhaber des Lehrstuhls für Makromolekulare Chemie im Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie und Leiter des Zentrums für Magnetische Resonanz (MARC).

Der zurzeit weltweit kleinste Kernspintomograph für die Materialforschung und Werkstoffprüfung in Medizin und Fahrzeugtechnik. Im Hintergrund ein klassischer Tomograph mit etwa fünf Tonnen Gewicht.

Foto: Peter Winandy

Bakterienkulturen in keramischen Trägerstrukturen

Neue Verfahren und Materialien
ermöglichen optimierte Sauerstoffversorgung

Seit vielen Jahren werden Mikroorganismen zur Produktion von Medikamenten, Vitaminen und Nahrungsergänzungsmitteln eingesetzt. Die mit Hilfe der Biotechnologie entwickelten Verfahren arbeiten dabei oft schonender als die klassische Chemie, da die biologische Fermentation unter physiologischen Bedingungen durchgeführt wird, also bei moderaten Temperaturen und Drücken und ohne Verwendung von Lösungsmitteln. Die Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen durch Mikroorganismen in das gewünschte Produkt ist zudem ein ökonomischer und ökologischer Vorteil.

Es stehen eine große Anzahl von Kultivierungsverfahren zur Verfügung. Grundsätzlich unterscheidet man diese Techniken nach dem „Aufenthaltort“ der Mikroorganismen. Entweder leben die Mikroorganismen frei suspendiert in der Nährlösung und müssen kontinuierlich mechanisch (Filtration, Sedimentation) im Bioreaktor zurückgehalten werden. Oder die Mikroorganismen wachsen auf einer festen Trägerstruktur und verbleiben dauerhaft ohne Abtrennung im Bioreaktor.

Die so genannte Immobilisierung (Fixierung) von Mikroorganismen auf einer festen Trägerstruktur bietet sehr interessante Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und Vereinfachung von Bioprozessen. Durch das Zurückhalten der lebenden und produzierenden Mikroorganismen im Bioreaktor lassen sich kontinuierliche Prozesse mit hoher Raum-Zeit-Ausbeute verwirklichen. Der sonst sehr aufwändige Trennprozess des gewonnenen Produktes von der Nährlösung und den Organismen wird deutlich vereinfacht.

Verschiedene Immobilisierungstechniken haben sich in den letzten Jahren bei Enzympräparationen, bei anaeroben (nicht atmenden) Mikroorganismen und bei Bakterienkulturen mit geringem Sauerstoffbedarf etabliert und werden heute industriell eingesetzt. Alle bisherigen Immobilisierungsversuche von aeroben (atmenden) Mikroorganismen mit zum Teil hohem Sauerstoffbedarf führten jedoch zu keinen nennenswerten Leistungssteigerungen.



Bild 1: Bioreaktor.

Das größte bisher noch ungelöste Problem bei Bioprozessen mit immobilisierten aeroben Mikroorganismen ist der Sauerstofftransfer von der Luft in die Flüssigkeit. Um eine optimale Versorgung der Mikroorganismen zu gewährleisten, muss dieser Stoffübergang so hoch und schnell wie möglich sein. Je besser der Stoffübergang, umso mehr Mikroorganismen können in dem System leben. Die Produktivität des Biosystems steigt mit der Erhöhung der Sauerstoffversorgung. Es ist bereits bei konventionellen Bioprozessen mit frei suspendierten Mikroorganismen schwierig für einen ausreichenden Sauerstofftransfer zu sorgen. Bei Reaktoren mit zusätzlich immobilisierten Mikroorganismen ist der Sauerstoffbedarf pro Reaktorvolumen noch höher und folglich noch schwieriger zu decken. Um überhaupt nennenswerte immobilisierte Mengen an produzierenden Mikroorganismen zu erreichen, müssen möglichst große besiedelbare Oberflächen zur Verfügung gestellt werden und der Sauerstoffeintrag in das Nährmedium muss erhöht werden.

Im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts befasst sich das Institut für Prozess- und Anwendungstechnik Keramik (IPAK) zusammen mit dem Institut für Bioverfahrenstechnik (BioVT) mit der Entwicklung einer hinsichtlich der Sauerstoffversorgung optimierten keramischen Trägerstruktur für die Immobilisierung von aeroben Mikroorganismen. Diese Trägerstruktur wird in einem Bioreaktor kontinuierlich von Nährlösung und Luftblasen durchströmt (Bild 1).

Das gewählte Strömungskonzept durch die Trägerstruktur ist dem Aufbau von biologischem Körpergewebe nachempfunden. Im menschlichen Körper werden die Organe und Muskeln mit einer Struktur von großen zu- und abführenden Adern mit den dazwischen liegenden, sich fein verästelnden Adergefäßen tottraumfrei über das Blut versorgt. Anders als in Lebewesen, bei denen der Sauerstoff in der Lunge in das Blut übergeht und vom Hämoglobin zum Ort des Verbrauchs transportiert wird, soll in diesem Projekt die Luft in Blasenform mit

Untersuchen der Sauerstoffversorgung von Mikroorganismen in einem Bioreaktor. Ziel ist unter anderem die Produktion von Vitaminen durch Mikroorganismen.

Foto: Peter Winandy



durch die Keramikmonolithen geleitet werden.

Die verwendeten Trägerstrukturen sind Keramikmonolithen mit definierter Kanal- und Porenstruktur (Bild 2), die in ähnlicher Form bereits im Automobilbau als Katalysatoren und Dieselrußfilter zum Einsatz kommen. Die Makro- und Mikrokanäle sorgen für eine gleichmäßige und tottraumarme Durchströmung der Monolithen. Das sich zwischen den Kanälen befindliche Wandmaterial ist porös und dient als Nistplatz für die immobilisierten Mikroorganismen (Bild 3). Die Abstände zwischen den Kanälen, also die Dicken der zwischen ihnen liegenden porösen Wände, sind klein gehalten, um eine möglichst vollständige Versorgung der Mikroorganismen mit Sauerstoff durch Diffusion zu erreichen.

Die Blasendurchströmung soll in zwei unterschiedlichen Ansätzen erfolgen. Beim so genannten „bubble train flow“ bilden sich aus Blasen mit einem Durchmesser größer als der Kanaldurchmesser beim Eintritt in den Kanal zylinderförmige Blasen aus. Es ergibt sich ein sehr dünner Flüssigkeitsfilm zwischen der zylindrischen Blase und der Kanalwand. Das zweite geplante Konzept zur Blasenerzeugung beruht auf der Verteilung sehr feiner Mikroblasen. Durch die so erzeugte sehr große Stoffaustauschfläche soll eine optimale Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen im System erreicht werden. Mit diesen Ansätzen soll die immobilisierte Biomassemenge aktiv atmender aerober Mikroorganismen deutlich über das bekannte Maß hinaus gesteigert werden, um diese Technik möglichst auch wirtschaftlich interessant zu machen. ●

Bild 2: Kanalstruktur eines Keramikmonolithen.

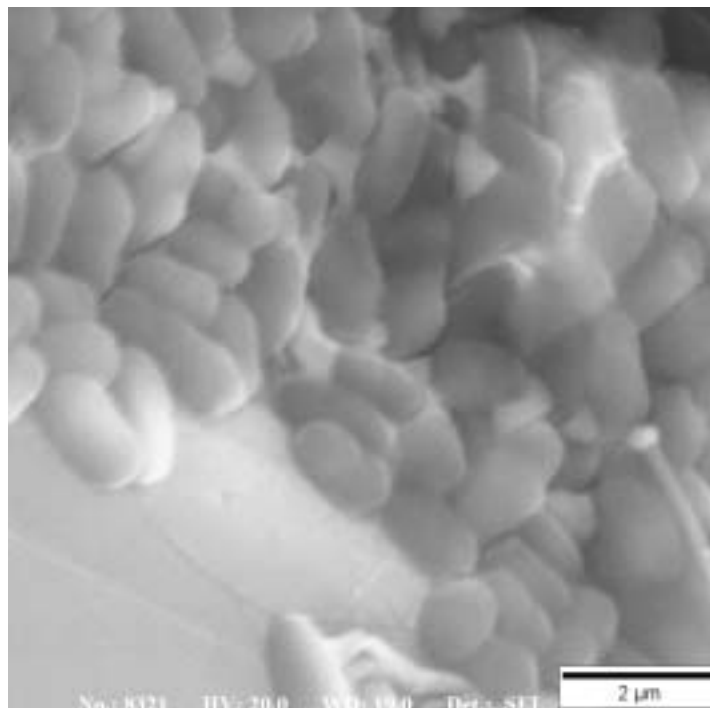
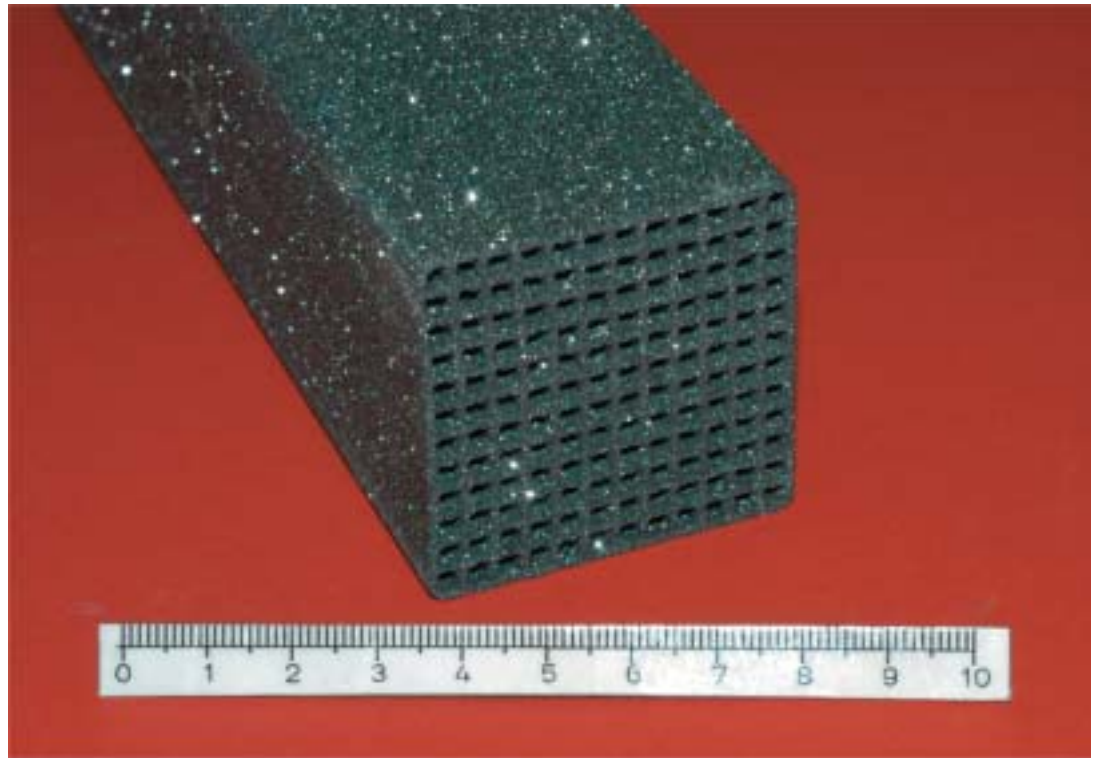


Bild 3: Mikroorganismen auf Siliziumkarbid.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Büchs ist Inhaber des Lehrstuhls und Direktor des Instituts für Bioverfahrenstechnik.
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst R. Maier ist Inhaber des Lehrstuhls und Direktor des Instituts für Keramische Komponenten im Maschinenbau und Direktor des Instituts für Prozess- und Anwendungstechnik Keramik.
Dipl.-Ing. Karen Otten ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Prozess- und Anwendungstechnik Keramik.
Dipl.-Wirt.Ing. Juri Seletzky ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Bioverfahrenstechnik.



*Vermessen von porösen kera-
mischen Trägerstrukturen in
Scheiben- und Kanalbauweise
als Nistplätze für Mikroorganis-
men.*

Foto: Peter Winandy

Rüstzeug für die Materialien von morgen

Simulation lautet ein Zauberwort der Werkstoff-Forscher

Der Schlüssel zu einer gesteigerten Leistungsfähigkeit von Produkten liegt oftmals im Werkstoff. Vom Endkunden wird dieser zwar kaum wahrgenommen, für die Eigenschaften eines Artikels ist das Material aber von großer Bedeutung. Oft werden für den Einsatzfall speziell konzipierte Werkstoffe gewählt, über die nur begrenztes Erfahrungswissen verfügbar ist. An dieser Stelle setzt die Werkstoffsimulation an, mit der eine Vorhersage des Materialverhaltens durch Berechnung möglich wird. Insbesondere wenn der Verarbeitungsprozess und die Produkteigenschaften in Wechselwirkung treten, ist das Kompetenzzentrum für Prozesssimulation (SimPRO) der RWTH Aachen gefragt.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert dieses Zentrum zusammen mit dem Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen. Die Arbeiten des im Jahre 2000 eröffneten Kompetenzzentrums beschäftigen sich mit der Simulation verschiedenster Arbeitsprozesse an den Werkstoffen Metall, Kunststoff, Keramik (Urform-, Umform- und Mikrostruktursimulation) und den nötigen Folgeverfahren wie Schweißen, Schneiden, Sintern, Fügen, Oberflächenbehandlung und Beschichten.

Hervorgegangen ist das Kompetenzzentrum SimPRO aus dem Werkstoff-Forum der RWTH, einem Zusammenschluss von rund fünfzig Professoren, die sich in den Arbeitsgemeinschaften Metalle, Polymere, Glas/Keramik, elektronische Materialien und Verbundwerkstoffe engagieren. Dabei ist SimPRO ein hervorragendes Beispiel für die konsequente Weiterentwicklung der langjährigen, intensiven Tätigkeiten der RWTH auf dem weiten Gebiet der Materialwissenschaften. Um die Vielfalt der Fragestellungen im Bereich der Simulation verschiedenster Prozesse abdecken zu können, wurden die Forschungskapazitäten und das Know-how von neun Instituten der Hochschule im Kom-

petenzzentrum SimPRO gebündelt: ACCESS e.V. (Gieß- und Erstarrungssimulation), Institut für Bildsamer Formgebung - IBF (Schmieden, Umformen), Institut für Eisenhüttenkunde - IEHK (Wärmebehandlung, Phasenumwandlung), Institut für Kunststoffverarbeitung - IKV (Spritzgießen, Extrusion, Pressen von Faserverbundbauteilen), Institut für Keramische Komponenten im Maschinenbau - IKKM (Sintern, Fügen), Lehrstuhl für Lasertechnik - LLT (Schneiden, Fügen), Institut für Metallkunde und Metallphysik - IMM (Materialentwicklung), Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren - ISF (Schweißen) und das Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften - WW (Beschichtung, Oberflächentechnologie).

Das Ziel des Kompetenzzentrums ist die bedarfsorientierte Weiterentwicklung und Nutzung von Materialmodellen und Simulationstechniken. Diese erfolgen vor dem Hintergrund einer durchgängigen Simulation der Prozessabläufe und Eigenschaftsänderungen vom Ausgangswerkstoff bis zum hergestellten Bauteil. Dazu sind umfangreiche Kooperationen mit der Rohstoffindustrie und mit Verarbeitern, wie sie an der RWTH als exzellenter Standort für die Materialwissenschaften und die Werkstofftechnik vorliegen, bei der Prozesssimulation unabdingbar. Des Weiteren bietet SimPRO Beratung von Unternehmen in der Werkstoff- und Produktentwicklung an, führt Seminare und Workshops durch und ist auch an der Ausbildung von zukünftigen Anwendern, nämlich den Studierenden aus verschiedenen Bereichen der Materialwissenschaften und der Werkstofftechnik, beteiligt. Schließlich stehen eine umfassende Ausstattung in der Prozess- und Messtechnik sowie leistungsstarke Rechenanlagen zur Verifikation der Simulation, zur Ermittlung notwendiger Werkstoffdaten und zur Lösung komplexer Fragestellungen zur Verfügung. Als zentrale Anlaufstelle für die Industrie wurde eine SimPRO-Geschäftsstelle am Institut für Kunststoffverarbeitung eingerichtet.

Nicht nur für die Spitzenforschung sind die Erkenntnisse aus der Prozesssimulation wichtig und wesentlich, auch etablierte Verfahren der industriellen Fertigung besitzen Verbesserungspotenziale, die durch die Simulation erst nutzbar gemacht werden. So werden beispielsweise Getränkedosen von der Verpackungsindustrie in extrem großen Stückzahlen hergestellt, und zwar überwiegend im Tief- und Streckziehverfahren. Dabei werden ebene Blechbahnen mit Hilfe von Stempeln umgeformt. Ein Teil des Blechs ist Verschnitt und wandert zunächst in die Wertstofftonne. Um diesen Prozess zu optimieren, lässt sich die Simulation einsetzen. Dabei gestaltet es sich als trickreich, den Arbeitsschritt der Umformung zu simulieren, da das Blech tückisch ist und mit Anisotropien aufwartet. Anisotropie steht hier für unterschiedliche Materialeigenschaften je nach Bearbeitungsrichtung: Abhängig von der jeweiligen Legierung besitzt das Blech parallel zur Walzrichtung eine hohe Zugfestigkeit. Quer zur Walzrichtung ist diese beträchtlich geringer, bei anderen Legierungen kann aber diese Situation genau umgekehrt sein. Dieser Sachverhalt verlangt Beachtung bei seiner Nachstellung in mathematischen Modellen. Den Werkstoffforschern ist es jedoch gelungen, ein Computermodell zu entwickeln, das diese Anisotropien besonders gut vorhersagen und in weiteren Berechnungsschritten berücksichtigen kann.

Nach der fünfjährigen Laufzeit des Kompetenzzentrums für Prozesssimulation ist Ende 2004 eine Ausgründung aus der RWTH angestrebt. Ob die Nachhaltigkeit des Zentrums durch den Verkauf von benutzerfreundlicher Simulationssoftware oder durch das Angebot von Dienstleistungen gesichert wird, ist letztlich noch nicht absehbar. Aber Spin-Off-Unternehmen sind sicherlich Fernziele. ●

Autoren:

Dipl.-Ing. Andreas Franz ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Kompetenzzentrum für Prozesssimulation (SimPRO).

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Walter Michaeli ist Inhaber des Lehrstuhls und Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung sowie Vorsitzender des Kompetenzzentrums für Prozesssimulation (SimPRO).

Weitere Informationen zu SimPRO unter:
www.rwth-aachen.de/simpro

Metallische Schäume und Schwämme als Werkstoffe der Zukunft?

Forschungsaktivitäten der AG-Werkstoffverbunde des Werkstoff-Forums

Die Natur macht es uns vor

Ob Kork, Balsaholz, Koralle, Knochen, Schwamm, Pflanzenhalm oder Blatt – die Natur ist nicht massiv. Betrachtet man sie etwas näher, so erkennt man ihren porösen Aufbau. Auch Lebensmittel wie Cornflakes, Chips, Mousse au Chocolat oder Brot und Kuchen besitzen eine zelluläre Struktur. Der zelluläre Aufbau verbindet hohe Festigkeiten mit geringem Gewicht, was ideal für den Leichtbau ist.

Von der Natur lernen

Seit wenigen Jahrzehnten beginnt auch der Mensch, poröse Werkstoffe herzustellen und zu verwenden – Styropor oder PU-Schäume in Sandwichstrukturen zur Isolierung. Der Einsatz poröser Keramiken kam mit der Einführung des Katalysators. Aber:

Wo bleiben die metallischen Schäume und Schwämme?

Weltweit wird rege an der Herstellung von metallischen zellulären Werkstoffen geforscht. Diese werden untergliedert in offenporige Schwämme und geschlossenporige Schäume. Sie dienen als Crashabsorber, Filterelement, Wärmetauscher oder Material für den Leichtbau, jedoch es bleiben noch viele offene Fragen. Durch das kontrollierte Aufschäumen lassen sich gezielt verschiedene Dichten einstellen: Aluminiumschäume mit Dichten von 0,3 - 0,8 g/cm³ schwimmen sogar.

Alle zellulären Werkstoffe werden an der RWTH erforscht

Noch besitzen die Metallschäume nicht den Entwicklungsstand der Kunststoff- oder keramischen Schäume und Schwämme. Dass dies nicht so bleibt, daran arbeiten gleich mehrere Forschungsinstitute der RWTH Aachen. In der Arbeitsgruppe „Werkstoffverbunde“ des Werkstoff-Forums gibt es eine institutsübergreifende Zusammenarbeit auf dem Gebiet der zellulären Werkstoffe. Die Erfahrungen mit und das Know-how über Polymerschäume, welche aus der Palette der modernen Werkstoffe nicht mehr wegzudenken sind, werden vom **Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV)** eingebracht. Vor allem in den Bereichen des Spritzgießens, der Extrusion und der Polyurethanverarbeitung finden intensi-

ve Forschungsaktivitäten statt. Schwerpunkte sind dabei die Entwicklung spezieller Aggregate zur Injektion physikalischer Treibfluide während des Verarbeitungsprozesses, die Analyse der Verarbeitungsprozesse und die Charakterisierung der Verarbeitungseigenschaften unter anderem mit Ultraschallprüfungen. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Qualitätssicherung. Hierzu wird am IKV ein Bildverarbeitungssystem zur Analyse der hergestellten Schaumstrukturen entwickelt, welches Aussagen über die Größenverteilung der in der Schaumstruktur enthaltenen Blasen erlaubt.

Das **Institut für Keramische Komponenten im Maschinenbau (IKKM)** befasst sich in einem seiner Schwerpunkte mit den Grundlagen und Herstellungsverfahren von keramischen Strukturen mit geschlossenen und offenen Poren oder auch Funktionshohlräumen. Der eigenentwickelte Werkstoff Ökopor wird zum Beispiel als Schalldämpfer in Flugzeugmotoren eingesetzt, ist aber auf Grund seiner Bioverträglichkeit und der Möglichkeit durch gradierte Porenverteilungen knochenähnliche Strukturen nachzubilden auch als Implantatwerkstoff und als Nistplatz für Vitamin C erzeugende Bakterien in der Entwicklung. Ein anderes Herstellungsverfahren nutzt vorhandene Polymerschwämme, die mit einer keramischen Masse beschichtet und anschließend ausgebrannt werden. Diese nun keramischen Schwämme können als Filter für hohe Temperaturen und aggressive Medien zum Beispiel in Stahlschmelzen eingesetzt werden. Diese und weitere Beispiele (Dieselrußfilter, Membranen, Feuerfestwerkstoffe für die Metallurgie) zeigen die Vielseitigkeit keramischer zellulärer Werkstoffe. Die Prozesstechnik für die Serienfertigung großer Filter von 40 mal 40 Zentimeter Kantenlänge ist am Institut für Gesteinshüttenkunde (GHI) entwickelt worden. Hier werden auch umweltfreundliche Verfahren ohne Polymerzersetzung erprobt.

Metallschäume und -schwämme: Werkstoffe des neuen Jahrhunderts?

Die Entwicklung von Metallschäumen wurde in den letzten Jahren massiv vorangetrieben. Die Zielrichtungen der verschiedenen Forschungsvorhaben lassen sich unterteilen in Herstellungsverfahren, Entwicklung von Verbundstrukturen sowie in Oberflächenmodifikation und Funktionalisierung dieser neuen Werkstoffe.

Neue Herstellungsverfahren
Am **Institut für Eisenhüttenkunde (IEHK)** der RWTH Aachen wird offenporiger Metallschaum in einem neuen Verfahren dargestellt. Das Schlicker-Reaktions-Schaum-Sinter(SRSS)-Verfahren ermöglicht die Herstellung offenporiger Metallschäume aus verschiedenen Eisen- und Stahlpulvern sowie hochschmelzenden Metallen und Legierungen. Vorteile des Verfahrens sind die einfache und umweltfreundliche Prozessführung. Bei dem Prozess wird aus einem Metallpulver und einem Lösungsmittel ein so genannter

ES GEHT UM IHRE ZUKUNFT!



**PRAKTIKANTEN
ABSOLVENTEN
DIPLOMANDEN**

P+Z Engineering GmbH

P+Z Engineering GmbH
Anton-Ditt-Bogen 3
80939 München
Tel: +49 (0) 89 / 3 18 57 - 350
Fax: +49 (0) 89 / 3 18 57 - 355
e-mail: h.mayer@paz.de
<https://www.paz.de>

Die P+Z Engineering GmbH ist eines der führenden deutschen Ingenieursdienstleistungsunternehmen des Fahrzeug- und Maschinenbaus sowie in der Luft- und Raumfahrttechnik. Ganz gleich, ob Sie als Hochschulabsolvent, Praktikant, Diplomand oder Ingenieur zu uns kommen – wir bieten Ihnen in jedem Bereich des Automotive-Engineering und Aerospace-Design ideale Ein- und Aufstiegschancen. Fordern Sie unsere Broschüre an, oder noch besser, bewerben Sie sich bei **P+Z Engineering GmbH, Anton-Ditt-Bogen 3, 80939 München**. Erste Fragen beantwortet Ihnen Herr Mayer gerne unter 089 / 3 18 57 - 350.

Die P+Z Engineering GmbH ist ein Unternehmen der PCL Group – mit Standorten in München, Stuttgart, Köln, Donaueschingen, Coventry (UK) und Taipeh (Taiwan).

Schlicker, der mit konzentrierter Phosphorsäure versetzt wird. In der Suspension entstehen bei der chemischen Reaktion zwischen Metallpartikeln und Säure Wasserstoffgasbläschen, die ein Aufschäumen des Schlickers bewirken, und es bildet sich ein Metallphosphat, welches zum „Einfrieren“ der Schaumstruktur führt. Nach dem Trocknen des Grünlings bei Raumtemperatur wird dieser zu einem offenenporigen Metallschaum gesintert. Mit dem SRSS-Prozess ist die Herstellung von Verbundwerkstoffen wie einem Stahlrohr in Schaum oder einem Schaum-Stahlblechverbund und von Schaumbauteilen realisierbar. Zusätzlich werden am IEHK die mechanischen Eigenschaften verschiedener metallischer Schäume bei hohen Temperaturen untersucht.

Eine potenzielle Anwendung für poröse metallische Werkstoffe findet sich in der Energieerzeugung: Im Niederdruckteil der Dampfturbine kondensieren Wassertropfen aus dem übersättigten Dampf aus. Diese Wassertropfen führen zu Erosionsschäden an den Laufschaufeln, wodurch das Profil der Laufschaufel zerstört wird. Dies führt zu Wirkungsgradverlusten der Niederdruckdampfturbine und damit des gesamten Kraftwerkes. Daher wird am **Institut für Werkstoffkunde IWK** ein pulvermetallurgisches Verfahren zur Herstellung eines Schichtwerkstoffes mit offener Porosität entwickelt, mit dem eine flächige Absaugung der Wassertropfen möglich sein soll. Dieses Verfahren soll später auf Nickelbasiswerkstoffe übertragen werden, um in Hochtemperaturbauteilen eine flächige Kühlung zu ermöglichen.

Am **Gießereinstitut (GI)** werden im Feingussverfahren offenporöse Metallschwämme sehr hoher Porosität hergestellt. Derartige Feingusschwämme werden mittlerweile auch kommerziell für Wärmetauscher, Filter oder Flammdurchschlagsicherungen angeboten. Die Palette dieser gießtechnisch herstellbaren Metallschwämme reicht von Aluminiumbasis über Kupfer und Zink bis hin zu hochschmelzenden Legierungen. Durch Eingießen oder gleichzeitiges Gießen von Massivbauteilen lassen sich mittels der Fein-

gusstechnik des Gießereinstituts auch Verbundstrukturen herstellen. Realisiert wurden bisher Wärmetauscher.

Verbundstrukturen mit Metallschäumen, -schwämmen und Metallgeweben

Am **Institut für Bildsame Formgebung IBF** werden Verbundstrukturen – so genannte Gitterbleche – entwickelt, welche Kernlagen aus Drahtgewebe oder Streckmetall besitzen und daher ebenfalls als zellular betrachtet werden können. Die Kernlagen werden durch Schweißen oder Kleben mit den Deckblechen gefügt und eignen sich aufgrund der hohen Biegesteifigkeit und des geringen Eigengewichts besonders für Leichtbaustrukturen. Darüber hinaus werden geschweißte Gitterbleche mit einer Drahtgewebezwischenlage gegenwärtig für den Einsatz als Kühlkomponenten in Dampfturbinen entwickelt. Hier soll durch die Hohlräume im Inneren der Struktur ein Kühlmedium geleitet werden, das über feine Bohrungen an der Blechoberfläche ausströmt und so – analog zur menschlichen Haut – für eine Effusionskühlung (Schwitzkühlung) sorgt.

Eine innovative Methode, das Flächenträgheitsmoment mit wenig Masse zu erhöhen, ist der Einsatz struktureller Polymerschäume zur Optimierung von Automobilkarossen. Das **Lehr- und Forschungsgebiet Klebtechnik (LKT)** entwickelt mit Klebstoffherstellern und der Automobilindustrie Möglichkeiten, strukturelle Schäume in crash-relevanten Zonen des Automobils einzusetzen: Hohle Stahlprofile der Karosserie werden mit geschäumten Epoxidharzen ausgekleidet. Der ungeschäumte Klebstoff wird in dem Bauteil platziert, bindet beim Aufschäumen im Ofen adhäsiv an dieses an und härtet aus. Dieser strukturelle Verbund trägt innerhalb der Träger, Schwellen und Säulen des Automobils erheblich zur Steifigkeit und Festigkeit bei und kann zudem das Bauteilverhalten bei einem Crash bedeutend beeinflussen. Des weiteren wurden am LKT lösbare Schraubverbindungen sowie Klebeverbindungen für Metallschaum-Deckblech-Verbunde erfolgreich entwickelt.



Am **Institut für Eisenhüttenkunde IEHK** wurden Sandwichverbunde aus Stahldeckblechen und Aluminiumschaumkern entwickelt und umfangreich charakterisiert. Schäumbares Aluminiumhalbzeug wird hierbei mit Stahlblechen walzplattiert und nachfolgend in einem Ofen aufgeschäumt. Vor dem Aufschäumen können die Blechverbunde umgeformt werden, so dass die Möglichkeit besteht, dreidimensional geformte Bauteile zu erzeugen. Die erzeugbaren Strukturen zeichnen sich durch eine hohe massenspezifische Biegesteifigkeit aus.

Am **Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren ISF** wurden erfolgreich Verfahren entwickelt, um Aluminiumschäume und Sandwichstrukturen aus Aluminiumschäumen und Aluminiumdeckblechen mit verschiedenen Schweißverfahren zu fügen. Es wurden hier insbesondere mit dem Metall-Inertgasschweiß(MIG)-Verfahren gute Ergebnisse erzielt, die die Grundlage für eine entsprechende Dissertation bildeten.

Im **Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften WW** werden mittels thermischer Spritzverfahren Deckschichten auf verschiedene Metallschwämme aufgebracht und damit gezielt deren Eigenschaften verbessert –



Lichtbogenspritzen einer Stahlschicht auf schäumbares Aluminium-Halbzeug im easyFoam-Prozess. Im Vordergrund Vorratsspulen für die Spritzdrähte aus kupferummanteltem Stahl.

Foto: Peter Winandy

so das Verschleißverhalten, die Oberflächenqualität oder die Festigkeit des neuen Verbundes. Die aufgespritzten Schichten können metallischer oder keramischer Natur sein und eine lasttragende Funktion übernehmen. Solche Verbunde mit Kernlagen aus Metallschaum eignen sich besonders für Leichtbauanwendungen. So will man der Natur ein Stück näher kommen, ähnlich dem Aufbau eines Knochens: Außen fest und dicht – innen leicht und porös.

Oberflächenmodifizierte Metallschäume

Aluminiumschäume, welche nur ungenügende Verschleißeigenschaften besitzen, können durch Beschichtungen mittels Laserabscheideverfahren (Pulsed Laser Deposition) an ihrer Oberfläche veredelt werden. Ferner können am **Lehrstuhl für Lasertechnik LLT** die Oberflächen mittels Laserbearbeitung maßgeschneidert strukturiert und funktionalisiert werden, indem Verschlüsse geöffnet oder Mikrometer große Materialbereiche abgetragen werden. Oberflächenmodifizierungen und Charakterisierungen von Oberflächen zellulärer Metalle oder Keramiken, welche als Implantate in den menschlichen

Körper eingesetzt werden sollen, werden am **Lehrstuhl für Textilchemie und Makromolekulare Chemie im Deutschen Wollforschungsinstitut DWI** durchgeführt.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr. techn. Erich Lugscheider ist Sprecher der AG „Werkstoffverbunde“ und Professor für das Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften.

Dipl.-Ing. Matthias Maurer ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften.

Die Autoren danken den Mitgliedern der Arbeitsgruppe „Werkstoffverbunde“ des Werkstoff-Forums für ihre Unterstützung.

Kleben von Mikrobauteilen

Applikation von Klebstoffen in der Mikrosystemtechnik

Die Bedeutung der Mikrosystemtechnik ist in den vergangenen Jahrzehnten vor allem durch die rasante Entwicklung im Bereich der Computertechnologie geprägt worden. Die dort etablierten Fertigungsverfahren ermöglichen die Herstellung großer Stückzahlen monolithisch aufgebauter Mikrosysteme auf Siliziumbasis.

Daneben gewinnen in jüngster Zeit, bedingt durch die fortschreitende Miniaturisierung von mechanischen, elektrischen und optischen Komponenten, auch hybrid aufgebaute Mikrosysteme zunehmend an Bedeutung. Diese vereinen die genannten Komponenten beziehungsweise Funktionen zu einem Gesamtsystem.

Neben Sensoren und Aktoren für Kraftfahrzeuge gelangen vermehrt auch Anwendungen aus den Bereichen Informations-, Bio- und Medizintechnik zur Anwendungsreife. Ein interessantes Bauteil aus der Medizintechnik ist in diesem Zusammenhang die am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT) entwickelte minimalinvasive Punktionsnadel (Bild 1).

Von zentraler Bedeutung bei der Herstellung hybrider Mikrosysteme ist die Montage der unterschiedlichen Komponenten zu einem funktionalen Gesamtsystem mittels leistungsfähiger Füge-technologien. Das Kleben von Mikrobauteilen ist ein Verfahren mit zahlreichen Vorteilen. Der apparative Aufwand ist vergleichsweise gering, und das Verfahren eignet sich sowohl zur Einzelteilfertigung als auch zur Massenproduktion. Auch werden die zu fügenden Bauteile keiner übermäßigen thermischen Belastung ausgesetzt und im Betrieb auftretende Spannungsspitzen können durch die plastische Verformbarkeit der Klebschicht ausgeglichen werden. Da die Fügeaufgaben bei der Montage von hybrid aufgebauten Mikrosystemen eine große Palette anwendungsrelevanter Werkstoffe und Füge-geometrien umfassen, wirkt sich die gute Eignung des Verfahrens hierfür besonders vorteilhaft aus. Schließlich lassen sich neben der Gewährleistung der strukturellen Festigkeit auch Funktionen direkt in die Klebschicht integrieren. Diese umfassen das Leiten beziehungsweise Trennen von



Einrichten der Mikrodosieranlage für Polymere zum Kleben eines Mikromischer-Bauteils für die Biotechnologie.

Foto: Peter Winandy

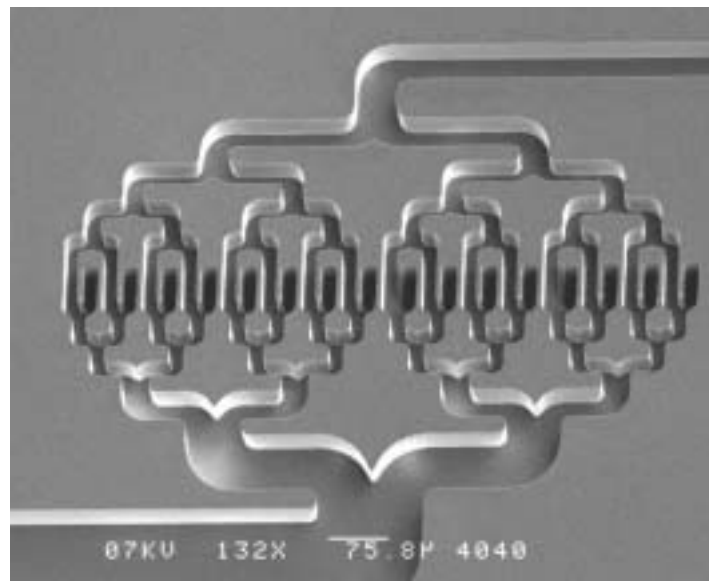


Bild 1: Minimalinvasive Punktionsnadel.

Elektrizität, Wärme, Licht und Fluiden oder ganz allgemein das Kapseln von Bauteilen zum Schutz gegen Beschädigungen.

Bei der Übertragung der Technologie vom Makro- in den Mikrobereich erhöht sich auf-

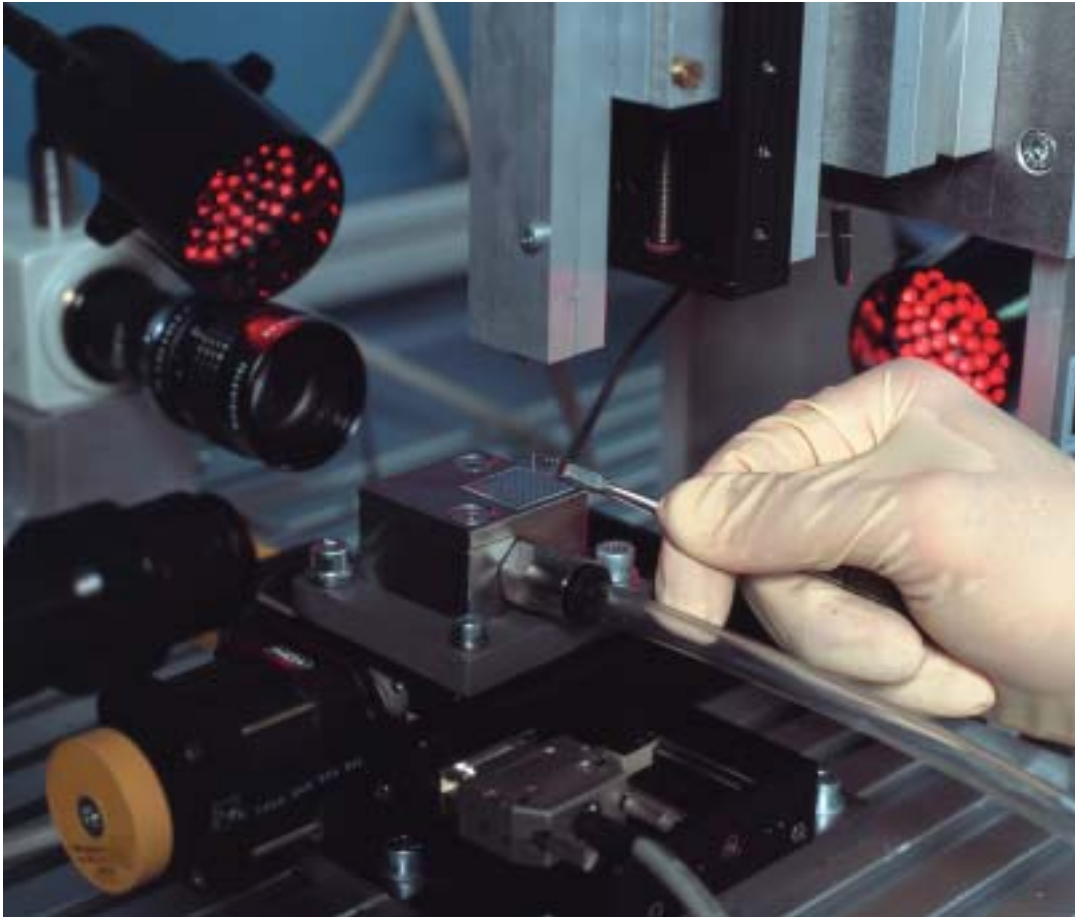
grund der kleinen Dimensionen die Komplexität des Dosier- und Applizierprozesses der Klebstoffe erheblich. Unter Dosieren versteht man in diesem Zusammenhang die Bereitstellung eines definierten Klebstoffvolumens unter Applizieren dessen Auftrags auf die Fügestelle. Für die Klebstoffapplikation von Volumina größer als 100 Nanoliter werden

heutzutage vorwiegend Dosierer eingesetzt, die Druck-Zeit-gesteuert arbeiten oder über die Drehzahl einer Dosierschnecke Klebstoff fördern (Auger-Dosierer). Unterhalb von 100 Nanolitern arbeiten diese Dosierer in der Regel nicht ausreichend reproduzierbar.

Aus diesem Grund wurde am Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren (ISF) eine modular aufgebaute Mikro-dosieranlage entwickelt, in die sich verschiedene Vorrichtungen zum Dosieren von Klebstoffen im Mikrobereich integrieren lassen. Eine besonders leistungsfähige Vorrichtung ist der ebenfalls am ISF konstruierte und gefertigte Kolbendosierer, der den Klebstoff durch Verfahren eines elektrisch angetriebenen Kolbens fördert.

Einlegen der oberen Mikromischerplatte aus Pyrex als Teil des geklebten Dreischicht-Verbundes aus Pyrex-Silizium-Pyrex.

Foto: Peter Winandy



von Kapillare, Klebstoff und Substratoberfläche in einem Diagramm auftragen.

Der Verlauf der so ermittelten Applizierkennlinien lässt sich numerisch beschreiben und in die modular aufgebaute Steuerungssoftware der Mikrodosieranlage implementieren. Dies ermöglicht die gezielte Variation des applizierten Klebstoffvolumens und dessen Steuerung innerhalb enger Grenzen.

Ziel der weiteren Arbeiten ist es, die komplexen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Einflussparametern auf den Applizierprozess mithilfe von geeigneten mathematischen Methoden zu beschreiben, um die Anzahl der benötigten Kennlinien zu reduzieren.

Die beschriebenen Forschungsarbeiten stellen einen Ausschnitt der Untersuchungen des Teilprojekts „Mikrokleben“ dar, das im Rahmen des von der DFG geförderten Sonderforschungsbereiches 440 bearbeitet wird.

RWTHTHEMEN 1/2003

Dieses Dosierprinzip besitzt den Vorteil, dass das verdrängte Volumen vom Fließverhalten des geförderten Fluids unabhängig ist. Umgebungstemperatur, Fördergeschwindigkeit oder Gegendruck haben keine Auswirkungen auf den Dosierprozess. Für die durchgeführten Untersuchungen wurden Mikroliterspritzen mit einem Volumen von zehn bis 50 Mikrolitern als Dosierer verwendet, deren Kolben mit einer schrittmotorbetriebenen Linearführung verfahren wurden. Die Genauigkeit der Linearführung beträgt 0,1 Mikrometer und ermöglicht so das Verdrängen von minimal 150 Picolitern Klebstoff. Als Auftragswerkzeug werden Kapillaren aus Glas, Edelstahl oder Kunststoff im Durchmesserbereich von 20 bis 700 Mikrometern verwendet. Diese müssen, je nach Anforderungen an den Dosierprozess, gegebenenfalls noch modifiziert werden, etwa durch Beschichten der Kapillarenmantelfläche mit Polymeren.

Der Applikationsvorgang lässt sich in drei wesentliche Phasen gliedern (Bild 2).

Im Dosierer wird eine definierte Menge Klebstoff ver-



Bild 2: Berührender Klebstoffauftrag mit Kapillare.

drängt, die an der Kapillarenöffnung austritt und dort einen hängenden Tropfen (Meniskus) bildet. Anschließend wird die Kapillare abgesenkt, bis der hängende Tropfen die Fügeteiloberfläche berührt. Die hierbei entstehende fluide Verbindung weist die Form eines Katenoids auf. Durch das nachfolgende Anheben der Kapillare reißt das Katenoid und eine bestimmte Klebstoffmenge wird so auf das Bauteil übertragen, während ein Teil des Klebstoffs an der Kapillare verbleibt. Größe und Form

der applizierten Menisken hängen entscheidend von den Eigenschaften der Kapillare, des Klebstoffs und der Substratoberfläche ab.

Das Verhältnis zwischen dem an der Kapillare bereitgestellten Dosiervolumen und dem auf das Substrat übertragenen Appliziervolumen lässt sich mittels so genannter Applizierkennlinien beschreiben. Hierzu werden die Radien und Durchmesser der Klebstofftropfen mithilfe einer in die Anlage integrierten CCD-Kamera vermessen. Aus den Messwerten lässt sich das bereitgestellte und das aufgetragene Tropfenvolumen berechnen und für die Kombination

Autoren:

Dr.-Ing. Anette Brandenburg ist Akademischer Oberrat am Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren.

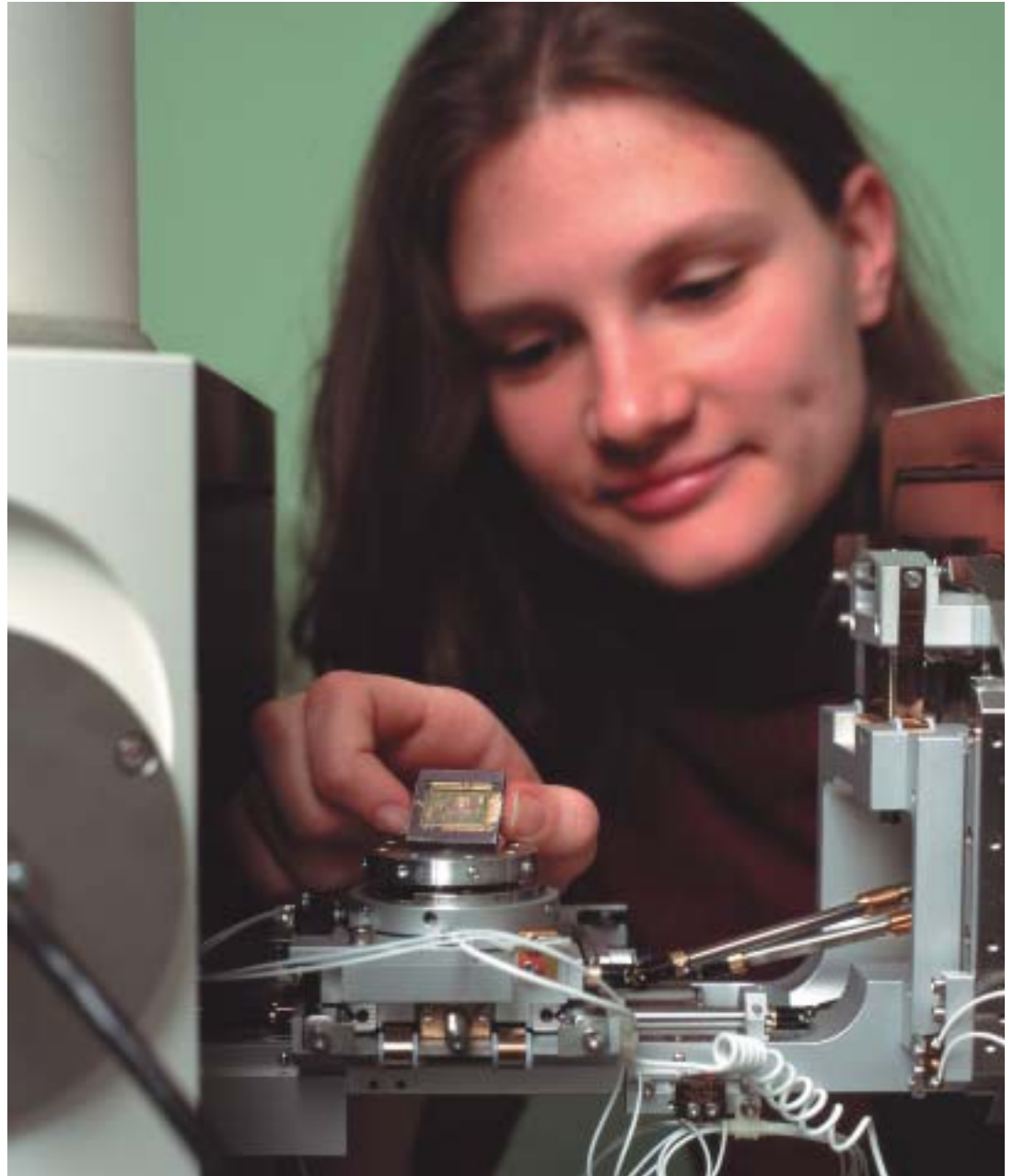
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Diltthey ist Professor für das Fach Schweißtechnische Fertigungsverfahren und Direktor des Instituts für Schweißtechnische Fertigungsverfahren.

Dipl.-Ing. Markus Schleser ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren.

Obgleich metallische Werkstoffe bereits seit Jahrtausenden bekannt sind und zu Gebrauchsgegenständen verarbeitet werden, gründet sich das moderne Verständnis von Werkstoffen im wesentlichen nur auf die Entwicklungen des vergangenen Jahrhunderts. Eine der wichtigsten Entdeckungen der modernen Werkstoffwissenschaften war die fundamentale Erkenntnis, dass die makroskopischen Eigenschaften von Werkstoffen durch ihre Mikrostruktur bestimmt werden, also durch die räumliche Verteilung der chemischen Elemente und der Kristalldefekte. Diese Mikrostruktur ist im Zuge der Herstellungskette eines Bauteils Änderungen unterworfen, so zum Beispiel bei der Herstellung eines längsnahtgeschweißten Rohres. Mit jedem Verarbeitungsschritt ändert sich also die Mikrostruktur in charakteristischer Weise und mit ihr das Eigenschaftsspektrum des Werkstoffs.

Daher ist eine Beschreibung von Werkstoffeigenschaften auf der Basis makroskopischer Zustandsgrößen wie Dimension, Gestalt oder chemische Zusammensetzung prinzipiell ausgeschlossen. Vielmehr wird die Mikrostruktur eines Werkstoffs auf einer Größenskala definiert, die mehrere Zehnerpotenzen unterhalb der Bauteildimensionen liegt, nämlich vom atomistischen bis zum mesoskopischen Bereich. Andererseits ist es durch gezielte Veränderung der Mikrostruktur mittels Steuerung des Herstellungsverfahrens möglich, die Eigenschaften eines Werkstoffs bei unveränderter chemischer Zusammensetzung in weiten Grenzen zu ändern. Dieser Zusammenhang definiert das werkstofftechnische Problemfeld, das begrenzt wird von den Eckpfeilern Mikrostrukturoptimierung, Eigenschaftsprognose und Kostenminimierung.

Ziel des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereiches (SFB) 370 ist die modellhafte Beschreibung dieser Zusammenhänge und ihre durchgängige Anwendung auf die Herstellungsgeschichte eines Produktes. Die Struktur des SFB hinsichtlich seiner Gliederung in Projektbereiche und Teilprojekte orientiert sich daher an dieser



Beschicken der Probenkammer eines Feldemissions-Rasterelektronenmikroskops mit einem Intel Pentium Computerchip.

Foto: Peter Winandy

Produktionskette. Ein zweites gleichwertiges Anliegen des SFB besteht in der dimensionsübergreifenden Beschreibung von Werkstoffeigenschaften mittels Anbindung von physikalischen Modellen an die makroskopische Ebene, auf der sie ingenieurwissenschaftlich genutzt werden können. Die Zusammenarbeit von verschiedenen Instituten mit unterschiedlicher Einordnung zwischen Grundlagenwissenschaften und anwendungsorientierten Ingenieurwissenschaften in den Teilprojekten reflektiert diese Zielsetzung.

Entwicklung des Sonderforschungsbereiches

Der Sonderforschungsbereich 370 „Integrative Werkstoffmodellierung“ wurde bereits im Jahre 1994 eingerichtet und vor kurzem bis Ende 2005 weiter bewilligt. Nach der Konsolidierung des SFB in der ersten Antragsphase und der Entwicklung modularer Programmsysteme in der zweiten Bewilligungsperiode wurden im dritten Antragszeitraum Modelle und Module miteinander verknüpft und die Durchgängigkeit der Herstellungskette in der Simulation realisiert. Dazu war es notwendig,

„Integrative Werkstoffmodellierung“

die Verbindung verschiedener Modellebenen herzustellen und die gegenseitige Beeinflussung physikalischer Vorgänge zu erfassen, denn in dieser komplexen nichtlinearen und daher subtil empfindlichen Wechselwirkung liegt ja die Erscheinungsvielfalt der Mikrostrukturen begründet und damit die eigentliche Schwierigkeit der Werkstoffmodellierung. In seiner kommenden vierten Antragsphase wird sich der SFB mit der Prognose kritischer Eigenschaften ausgewählter Bauteile befassen.

Neben der Modellierung wurden besondere Anstrengungen unternommen, die Computersimulationen experimentell zu validieren. Diese experimentelle Validierung der Modellprognosen steht gleichrangig neben der Modellierung selbst, da die Güte der Übereinstimmung mit dem Experiment der einzige Indikator für die Qualität eines Modells ist.

Struktur des Sonderforschungsbereiches

Werkstoffmodellierung ist weltweit ein aktuelles Thema und Gegenstand der Forschung. Es ist jedoch typisch für dieses Forschungsgebiet, dass (theoretische) Methodenentwicklung und experimentelle Ermittlung von Werkstoffdaten getrennt verlaufen. Dadurch können generelle Trends beschrieben oder Einzelergebnisse angepasst werden, aber die Prognosefähigkeit für industrielle Prozesse bleibt ungeklärt. Zur Herstellung und Charakterisierung der im SFB bearbeiteten Bauteile bringen die an diesem SFB beteiligten Institute ihre Infrastruktur und Kapazität von bestehenden großtechnischen Anlagen und Experimentiereinrichtungen in die Forschungsarbeiten ein. Dazu gehören Anlagen zum Vergießen von Metallen, zum Beschichten, zum Spritzguss von Kunststoff, Walz- und Schmiedeaaggregate zum Umformen sowie Glühöfen für die Wärmebehandlung. Für die mechanische Prüfung stehen modernste Einrichtungen zur Verfügung. Da das Gefüge eine zentrale durchgehende Bedeutung für die Modellierung hat, ist eine sorgfältige und möglichst genaue Charakterisierung des Gefüges (Korngröße, Umwandlungsgrad, Morphologie, Textur,

Versetzungsichte) von vorrangiger Wichtigkeit für den gesamten SFB. Deswegen wurde für den gesamten SFB eine zentrale Einheit für Mikrostrukturuntersuchungen als eigener Projektbereich eingerichtet.

Hauptarbeitsgerät praktisch aller Arbeitsgruppen ist der Computer. Der Umfang der numerischen Rechnungen für den SFB macht eine Ausstattung mit den leistungsfähigsten Computern unverzichtbar.

Arbeitsweise des Sonderforschungsbereiches

Die Organisation der Arbeitsvorgänge und Projekte ist an typische Prozessfolgen angelehnt, die ausgehend vom Rohstoff schließlich das Bauteil mit seinen gewünschten Eigenschaften liefert (Bild 1). Dabei sind grundsätzlich drei Prozessstufen zu unterscheiden, nämlich einmal die Herstellung der festen Phase, entweder aus dem flüssigen oder dem gasförmigen Zustand, zweitens die Nachbehandlung des erzeugten Werkstoffs zur Veränderung seiner Form oder seines Zustands, und schließlich die Fertigung des Bauteils mit entsprechenden Anforderungen an seine Eigenschaften. Je nach Bauteil oder Verfahren kann zwischen diesen Prozessstufen eine periodische Abfolge stattfinden (bei Umformung und Wärmebehandlung), können ganze Prozessformen übersprungen werden (zum Beispiel endabmessungsnahes Gießen) oder alle drei Prozessstufen in einem Vorgang vorkommen (etwa beim Schweißen). Aus dieser Verflechtung ergeben sich zwangsläufig die drei Projektbereiche, in die der SFB gegliedert ist.

Er wäre kein ingenieurwissenschaftlicher SFB, wenn er sich nicht mit konkreten Bauteilen befassen würde. Vier Bauteile aus Aluminium, Stahl, Superlegierungen und Kunststoff werden im Rahmen des SFB hergestellt, untersucht und modelliert.

Als Beispiel sei ein tiefgezogener Napf aus einem gewalzten und geglühten Aluminiumblech einer typischen Tiefziehlegerung für Dosenband genannt. In einer Kokille wird ein Aluminium-Barren vergossen, nach der Homogenisierung warmgewalzt, aufgewickelt und abgekühlt, kaltgewalzt und geglüht. Nach

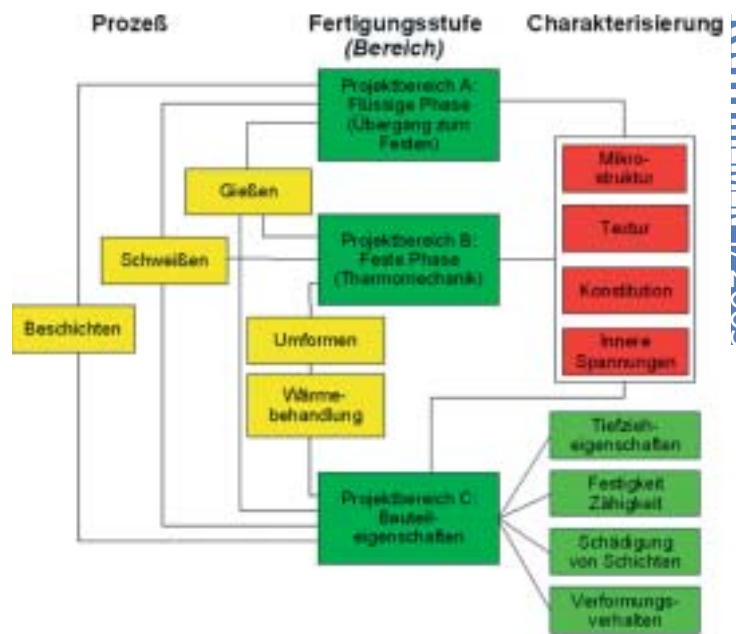


Bild 1: Struktur des SFB und der Partner.

www.united.de

MIT POTENZIAL

INTELLIGENT SUBSTITUIEREN

- ausgereifte Sintertechnik
- fast unbegrenzte Formenvielfalt
- hoher wirtschaftlicher Nutzen

Schildern Sie uns Ihre Aufgabenstellung.

www.maschinenlager.de
+49 (0)211 / 70 07-03

MASCHINENLAGER

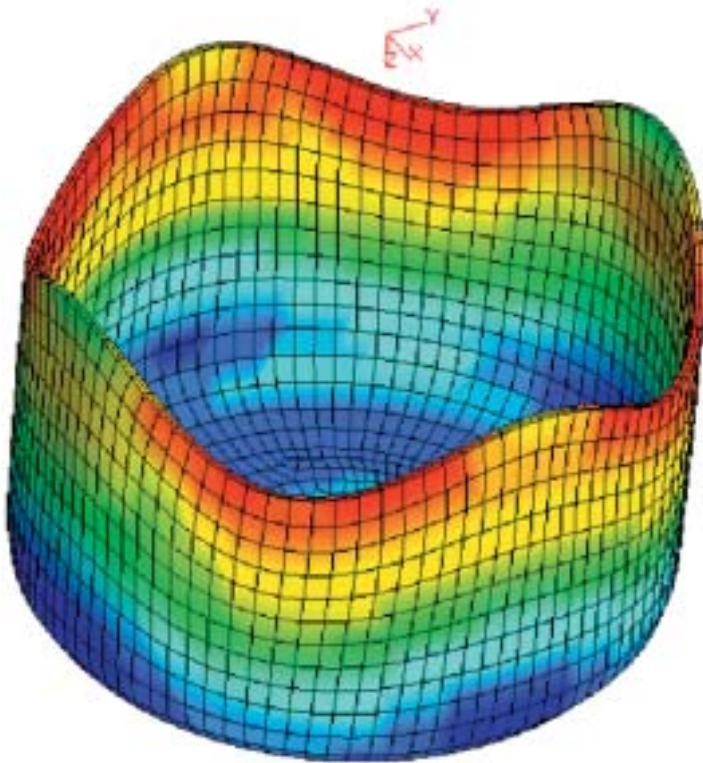


Bild 2: Durch FEM-Simulation ermitteltes Zipfelfprofil eines tiefgezogenen Aluminium-Napfes.

jedem Prozessschritt wird das Gefüge umfassend charakterisiert. Dem geglühten Blech wird eine Ronde entnommen, aus der ein Näpfchen tiefgezogen wird. Die relevanten Kennwerte werden aus der Prozesskette berechnet und parallel experimentell ermittelt. Das Ziel der Berechnung ist das Zipfelfprofil, das mit einer mikrostruktur- und texturgestützten FEM-Simulation (nach der Finite-Elemente-Methode) ermittelt werden kann (Bild 2).

Dass die beschriebene Thematik ingenieurwissenschaftlich zeitgemäß und richtungsweisend ist, wird dadurch belegt, dass mittlerweile die europäischen Stahl- und Aluminiumindustrien diese Themenstellung aufgegriffen und analog zum SFB so genannte „Through-Process Modelling“ Programme aufgelegt haben. Dabei wurden die konzeptionellen Ansätze des SFB, nämlich modularer Aufbau durchgängiger Mehrebenenmodelle im wesentlichen für kommerzielle Werkstoffe übernommen. Die häufigen Anfragen aus

der Industrie an die am SFB beteiligten Partner und die beratende Mitgliedschaft im SFB von Vertretern namhafter Werkstoffindustrien in Deutschland belegen die Relevanz der Problematik und das Interesse für die modernen Modellierungs- und Simulationsmethoden, die im Rahmen des SFB entwickelt wurden.

Autoren:

Dr.-Ing. Martin Deilmann ist Oberingenieur am Institut für Metallkunde und Metallphysik. Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Günter Gottstein ist Inhaber des Lehrstuhls und Direktor des Instituts für Metallkunde und Metallphysik.

Im Temperaturbereich zwischen Solidus- und Liquidustemperatur – also zwischen Festzustand und Verflüssigung – erreichen Metallegierungen bei geeigneter Mikrostruktur Fließeigenschaften, die die Formgebung komplexer Bauteile mit hohen Festigkeitsanforderungen erlauben. Das hier besonders geeignete Thixoforming ist ein Verfahren, das zwischen dem konventionellen Druckguss und dem konventionellen Gesechsmieden eingeordnet werden kann. Es kombiniert die Vorteile beider Verfahren. Die Legierung wird dabei auf die Verarbeitungstemperatur erwärmt, bei der ein Flüssigphasenanteil zwischen 40 und 60 Prozent vorliegt. In diesem Zustand verhält sich das Material thixotrop, vorausgesetzt die festen Partikel sind feinkörnig und rund. Wird thixotropes Material geschert, entfestigt es, was für die Formgebung genutzt werden kann. Bisher untersuchte Verfahrensvarianten des Thixoforming sind Thixogießen, Thixoschmieden und Thixostrangpressen. Viele Beispiele für Thixo-Bauteile sind im Fahrzeugbau zu finden, da diese Technologie für die Automobilindustrie aus zwei Blickwinkeln interessant ist.

Zum Einen spielt der Aspekt Leichtbau hier eine sehr wichtige Rolle. Die thixotropen Fließeigenschaften ermöglichen eine gute Formfüllung auch bei komplexen Formen, ohne dabei die typischen Druckgussfehler wie Porosität oder Einschlüsse in Kauf nehmen zu müssen, die die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigen. Eine belastungsoptimierte Konstruktion der Bauteile, die durch das Thixoforming möglich wird, hilft Gewicht einzusparen.

Der andere Aspekt ist die Verkürzung der Prozesskette. Das Thixoforming ist ein Präzisionsverfahren. Im Gegensatz zum konventionellen Schmieden kann das Bauteil in einem einzigen Formgebungsschritt hergestellt werden. Weitere Beispiele aus dem Fahrzeugbau sind Querlenker aus der Aluminiumlegierung A356, von denen jährlich 200.000 Stück durch Thixogießen hergestellt werden, oder Karosseriebauteile (A- und B-Säule) aus der gleichen Legierung, deren jährliche Stückzahl 500.000 beträgt.

Prozessfenster

Bei der Serienfertigung gilt es, ein sehr enges Prozessfenster zu beherrschen. Vor allem die Temperaturempfindlichkeit des Prozesses ist gravierend, da sich die Eigenschaften des teilerstarten Materials bei unterschiedlichen Temperaturen sehr stark verändern.

Ein Ziel des Sonderforschungsbereichs (SFB) 289 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) „Formgebung metallischer Werkstoffe im teilerstarten Zustand und deren Eigenschaften“ ist es, das Prozessfenster für die gesamte Prozesskette zu ermitteln. Diese besteht aus den Schritten Vormaterialherstellung, Wiedererwärmung, Formgebung und Wärmebehandlung. Am Ende der Arbeiten zum Prozessfenster soll die Möglichkeit stehen, Bauteile in einer Kleinserie mit sicher reproduzierbaren guten mechanischen Eigenschaften herzustellen.

Wichtige Werkzeuge zur Ermittlung des Prozessfensters sind rheologische Grundversuche das Fließverhalten betreffend, thermochemische- und Strömungssimulationen sowie die quantitative Gefügecharakterisierung.

fest und flüssig

Neue Entwicklungen beim Thixoforming

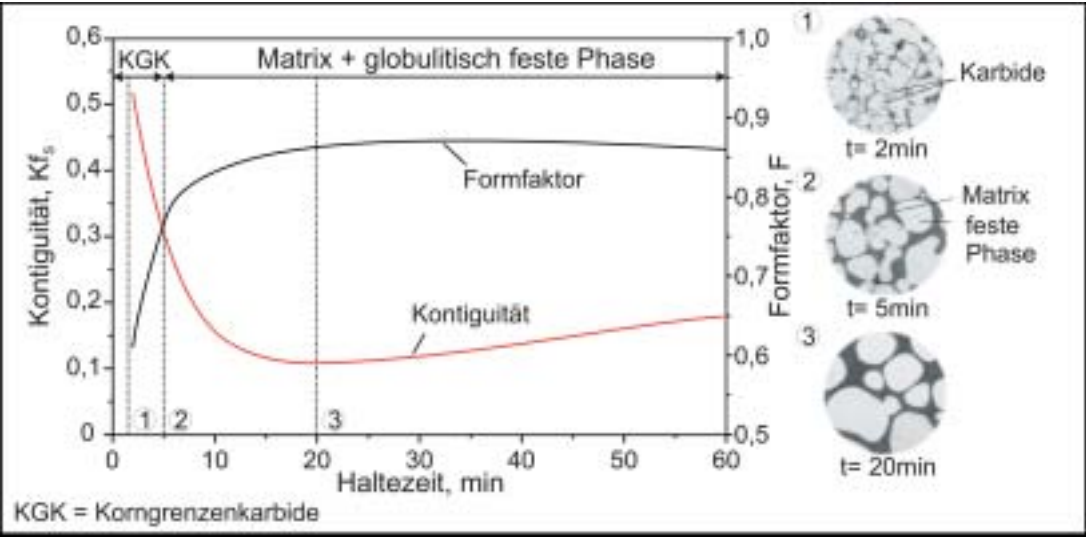


Bild 1: Verlauf des Formfaktors und der Kontiguität als Funktion der Haltezeit im isothermen Abschreckversuch.

terisierung. Hier werden zum Beispiel Gefügeparameter wie Kontiguität (Maß für den Zusammenhang der festen Körner), Formfaktor und Matrixcharakter ermittelt, die auch die Thixoformbarkeit eines Werkstoffs mit bestimmen. In Bild 1 ist beispielhaft für einen Stahl der Verlauf des Formfaktors, der Kontiguität und die korrespondierende Gefügekongstitution für unterschiedliche Haltezeiten dargestellt. Die unterschiedlichen Arbeitspunkte werden im Sonderforschungsbereich innerhalb von vernetzten Projektbereichen bearbeitet.

Thixoforming von Stahllegierungen

Ein Schwerpunkt der Arbeiten ist die Formgebung teilerstarrender Stahllegierungen. Im industriellen Maßstab werden zu diesem Zeitpunkt noch keine Stahllegierungen für das Thixoforming verwendet. Das Potenzial dieses Verfahrens liegt vor allem bei den schwer gießbaren Stahllegierungen.

Thixoforming von Stahl stellt höchste thermische und mechanische Ansprüche an die Werkzeugwerkstoffe. Der Temperaturbereich, in dem zum Beispiel die Legierung 100Cr6 für das Thixoforming geeignet ist, beginnt bei 1440 Grad Celsius. Es werden sowohl vollkeramische

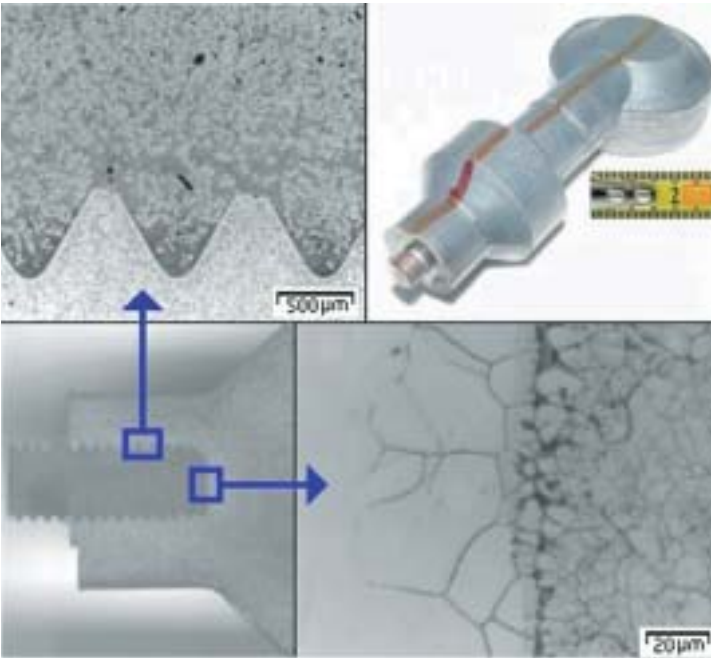


Bild 2: Thixofügen zweier Stahllegierungen.

als auch durch Bedampfen beschichtete metallische Werkzeuge auf ihre Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit getestet.

New Rheocasting

Ein neues Verfahren, bei dem der Prozessschritt Wiedererwärmung eingespart werden kann, ist das „New Rheocasting“. Die Schmelze wird dabei in einen gekühlten Tiegel definiert abgegossen und auf die Zieltemperatur zwischen Solidus- und Liquidustemperatur abgekühlt. Dabei

entsteht eine feinkörnige Phase. Das teilerstarrende Material wird dann nach einer kurzen Homogenisierungsphase dem Schmiede- oder dem Gießprozess zugeführt. Die wirtschaftlichen Vorteile dieser Verfahrensvariante liegen auf der Hand, da kein Thixo-Vormaterial hergestellt werden muss. Zudem können Grat, Pressrest und Anguss erneut dem Prozess zugeführt werden (In-house-Recycling).

Thixofügen

Die Kombination von Formgebungs- und Fügeprozessen ermöglicht die Herstellung von multifunktionalen Bauteilen in einem Schritt. Es wurden im SFB

erste Versuche zum Fügen zweier Stahlsorten durchgeführt. Dabei wurde eine Gewindestange in den Hohlraum (Kavität) eingesetzt, die während des Formgebungsprozesses von teilflüssigem Material umflossen wurde. Durch das Aufschrumpfen des erkaltenden Werkstoffs auf die Gewindestange und durch Verschweißvorgänge an den Grenzflächen kann ein dauerhafter Werkstoffverbund erzeugt werden (Bild 2).

Prototypeninitiative

Die neun Mitgliedsinstitute des Sonderforschungsbereichs 289 bieten ihr technisches Know-how zur Durchführung von Versuchen zur Prototypenherstellung an, damit Interessenten aus der Industrie die technologischen Vorteile auf ihr Produktspektrum übertragen und einsetzen können. Ein erster Arbeitskreis zum Thixoforming von Stahl hat bereits mit einem solchen Projekt begonnen.

- Die Mitgliedsinstitute des Sonderforschungsbereichs 289 sind:
- GHI Lehrstuhl für Keramik und Feuerfeste Werkstoffe
 - GI Gießerei-Institut
 - IBF Institut für Bildsame Formgebung
 - IEHK Institut für Eisenhüttenkunde
 - IME Institut für Metallhüttenkunde und Elektrometallurgie
 - IRT Institut für Regelungstechnik
 - IVT Lehr- und Forschungsgebiet für Mechanische Verfahrenstechnik
 - MCh Lehrstuhl für Werkstoffchemie
 - WW Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffwissenschaften

Autoren:

Dipl.-Ing. Maike Horst ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Bildsame Formgebung (IBF).
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Dr.-Ing. E.h. Reiner Kopp ist Inhaber des Lehrstuhls und Direktor des Instituts für Bildsame Formgebung (IBF).



*Blick auf die hydraulische
Schneidepresse mit dem
Thixoschneidewerkzeug.*

Foto: Peter Winandy

ADI – ein hochwertiger Gusseisenwerkstoff mit Leichtbaupotenzial

Spezielle Eigenschaften stellen hohe Anforderungen an die Zerspantechnik

Stofflicher Leichtbau stellt aktuell eindeutig eine der wesentlichen Herausforderungen in vielen Industriezweigen dar. Insbesondere im Automobilbau spielt dieser eine entscheidende Rolle bei der Auswahl geeigneter Werkstoffe und wird sowohl von kundenspezifischen als auch von legislativen Aspekten beeinflusst. Ein wesentlicher Aspekt darunter ist die Verringerung der Schadstoffemissionen und der laufenden Fahrzeugkosten durch einen verringerten Kraftstoffverbrauch aufgrund eines verringerten Gewichts.

Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass neben dem Leichtbaupotenzial eines Werkstoffs noch weitere Eigenschaften erfüllt werden müssen. Dazu zählen Recyclingfreundlichkeit, geringe Kosten, geringe Geräuschbelästigung im Einsatz und natürlich auch eine gute Bearbeitbarkeit. Traditionelle Konstruktionswerkstoffe werden in diesem Zusammenhang zunehmend durch neue Materialien ersetzt, wobei nicht nur Werkstoffe mit geringer Dichte, sondern auch Werkstoffe mit hoher spezifischer Festigkeit zum Einsatz kommen. Aus dem Werkstoffspektrum der im Automobilbau augenblicklich diskutierten hochfesten Gusswerkstoffe wie zum Beispiel GGV (Gusseisen mit Vermiculargraphit), hochfesten Leichtmetalllegierungen wie Titanaluminiden sowie Metall-Keramik Verbundwerkstoffen wie den Metal Matrix Composites (MMC) wird besonders dem hochfesten ADI-Gusseisen eine immer bedeutendere Rolle für viele Anwendungen eingeräumt.¹

Dieses ADI-Gusseisen (englisch Austempered Ductile Iron, deutsch austenitisch-ferritisches Gusseisen oder neuerdings auch ausferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit) besitzt durch ein so genanntes Zwischenstufenvergüten eine für Eisengusswerkstoffe ungewöhnliche Kombination aus hoher Zugfestigkeit (je nach Sorte 800 - 1400 N/mm²) und hoher Bruchdehnung (bis weit über 10 Prozent). Außerdem zeichnet es sich durch eine bessere Verschleißfestigkeit und Dämpfung gegenüber Stahl gleicher Härte sowie durch gute Recyclebarkeit und verhältnismäßig geringe Kosten aus.²



*Bild 1: Typische Anwendungen für hochfestes ADI-Gusseisen.
Foto: WZL*

Charakteristisch für den ADI-Werkstoff und Grund für seine exzellenten mechanischen Eigenschaften ist das besondere feinstrukturierte austenitisch-ferritische Grundgefüge. Der Austenit ist darin allein durch den für Gusswerkstoffe typischen hohen Kohlenstoffanteil stabilisiert und frei von Karbiden, die bei einem Stahl gleicher Wärmebehandlung vorliegen. Es sind daher auch keine weiteren wesentlichen Legierungsbestandteile zur Austenitstabilisierung erforderlich, sondern nur leichte Legierungszugaben für die Durchvergütung. Eine mögliche Umwandlung des Austenits in Martensit bei plastischer Verformung ist ein weiterer Vorteil des Werkstoffs, da wälzbelastete Oberflächen im Einsatz aufhärten oder durch Oberflächenverfestigungsverfahren enorme Dauerfestigkeitssteigerungen erreicht werden können.

Durch seine besonderen Eigenschaften bietet der ADI-Werkstoff die Möglichkeit, sowohl bestehende Sphärogusskomponenten konstruktiv zu verbessern, als auch Bauteile aus Stahl oder Aluminium zu substituieren. Im Fahrzeugbau finden sich dafür Anwendungen insbesondere in den Bereichen Fahrwerk für Querlenker und Radnaben oder im Antriebsstrang für Pleuellagen und im Getriebereich für Pleuellagen in Planetengetrieben. Ein aktuelles anspruchsvolles Anwendungsbeispiel ist eine Trägerplatte aus ADI für die Pleuellagen an der Pleuellage des Volkswagen-10-Zylinder-Dieselmotors für die Fahrzeugtypen Touareg und Phaeton.³

Eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung derartiger Entwicklungen in neue ADI-Anwendungen ist eine gute Zerspanbarkeit. Während Bearbeitungsproblemen bei Kleinserien häufig mit einer getrennten Vorbearbeitung vor der Wärmebehandlung begegnet wird, ist bei Serienanwendungen wie im Automobilbau aus wirtschaftlichen

und logistischen Gründen eine komplette Bearbeitung im vergüteten Zustand erforderlich. Eine Bearbeitung vor der Wärmebehandlung wäre aus zerspanungstechnischer Sicht zwar vorzuziehen, allerdings ist die Volumenzunahme durch die Gefügeumwandlung genau zu bestimmen und bei der Zerspanung zu berücksichtigen. Hohe Toleranz-, Oberflächen- und Gefügeanforderungen an die funktionalen Oberflächen machen aber auch in diesem Fall meist eine spanende Bearbeitung nach der Wärmebehandlung erforderlich. Eine getrennte Bearbeitung vor und nach der Wärmebehandlung ist aus wirtschaftlicher Sicht äußerst ungünstig. Aus diesem Grund geht der Trend zu einer möglichst endkonturnahen Rohteilherstellung und zu einer kompletten spanenden Bearbeitung auch der härtesten ADI-Sorten im vergüteten Zustand.⁴

Um die Bearbeitbarkeit eines neuen Konstruktionswerkstoffs zu gewährleisten, müssen möglichst frühzeitig die Zerspanbarkeitsmechanismen geklärt und gegebenenfalls Werkzeuge in Be-

zug auf Schneidstoff, Beschichtung und Geometrie angepasst werden. Inwieweit Bearbeitungsprobleme den Serieneinsatz eines neuen Werkstoffs herauszögern können, zeigt das Beispiel GGV für Hochleistungsdieselmotoren. Hier stellten die Bearbeitungsoperationen Schrump- und Schlichtfräsen sowie das Aufbohren der Zylinderlaufbahnen Probleme dar, die erst nach geeigneten Werkzeugneuentwicklungen hinreichend gelöst wurden.⁵

Aus diesem Grund werden am Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen für das ADI-Gusseisen sowohl Grundlagenuntersuchungen zur Zerspanung als auch Optimierungen von Fertigungsverfahren durchgeführt. Durch das vielfältige Anwendungsspektrum in den Bereichen Getriebe-, Fahrwerk- und Antriebsstrangkomponenten und die Variationsmöglichkeiten des ADI-Werkstoffs in Bezug auf Festigkeit und Legierungsbestandteile besteht erheblicher Forschungsbedarf, um bereits im Vorserienstadium rechtzeitig möglichen Bearbeitungsproblemen vorzubeugen. In enger Zusammenarbeit mit Gießereierstellern, Werkzeugherstellern und Endanwendern wurden und werden in verschiedenen öffentlich geförderten und bilateralen Projekten entsprechende Untersuchungen durchgeführt.

In bisherigen Arbeiten wurde gezeigt, dass sich das besondere Mikrogefüge und dessen spezielle Eigenschaften stark auf die Zerspanbarkeitsmechanismen auswirken. Hohe Festigkeit, hohe Verschleißfestigkeit und hohe Dehn- und Verformbarkeit sowie das für Gusswerkstoffe typische heterogene Gefüge produzieren höhere statische und dynamische Belastungen sowohl mechanischer als auch thermischer Natur. Auch sind diese Belastungen nahe an der Schneidkante und führen in Abhängigkeit der Geometrie des Werkzeugs teilweise früh zum Versagen. Durchgeführte Optimierungen für die Fertigungsverfahren Fräsen und Bohren hinsichtlich der Werkzeuggeometrie aber auch des Schneidstoffs und der Beschichtung lassen erhebliche Verbesserungen erkennen. Für das Fertigungsverfahren Drehen lässt ein Übergang zu hochharten keramischen



Bild 2: Leichtbaupotenzial des ADI-Gusseisens am Beispiel des Verhältnisses von Dichte zu Streckgrenze (Quelle: Applied Process).

Schneidstoffen erhebliches Potenzial erwarten. Hier sind allerdings Randbedingungen wie Maschinensteifigkeit und Schnittstrategie genau auszulegen. Untersuchungen für die Verfahren Gewinden und Tiefbohren sind geplant.

Literatur:

- ¹ Flegel, H.; Mertens, T.; Behr, T.: Zerspanung zukünftiger Fahrzeugkomponenten. Zerspanseminar 2002, Aachen, Deutschland, 29.-30.10.2002, S. 157-170.
- ² Keough, J. R.: An ADI Market Primer. Part 1. Foundry Management & Technology, 123 (1995) 10, pp. 28-31.
- ³ Röhrig, K.: ADI – Eigenschaften, Bauteilentwicklung und Anwendungen. Gießerei-Praxis, (2002) 8, S. 289-297.
- ⁴ Day, S.; Röhrig, K.: ADI – ein hochwertiger, aber auch anspruchsvoller Gusseisenwerkstoff. konstruieren und gießen, 24 (1999) 4, S. 17-26.
- ⁵ Kassack, J.: Bearbeitung neuer Werkstoffe für Motorenkomponenten. Zerspanseminar 2002, Aachen, Deutschland, 29.-30.10.2002, S. 171-182.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke ist Inhaber des Lehrstuhls für Technologie der Fertigungsverfahren, Direktor am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) und Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT. Dipl.-Ing. Carsten Klöpper ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Technologie der Fertigungsverfahren am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL).

Probeneinbau in die FIB-Workstation. Mit dem Ionenstrahl wird aus der magnetischen Speicherzelle MRAM (Magnetic Random Access Memory) eine Lamelle mit 50 Nanometer Dicke „herausgeschnitten“. Anschließend wird sie elektronenmikroskopisch abgebildet.

Foto: Peter Winandy



Namen



Vier Millionen Lichtpulse pro Sekunde sendet der von Dr. rer.nat. **Albrecht Bartels**, im Rahmen seiner Dissertation am Institut für Halbleitertechnik der RWTH entwickelte Femtosekundenlaser aus. Im Vergleich zu dem neuartigen Laser schafft ein konventionelles System nur 100.000 Pulse in der Sekunde. Dafür erhielt Bartels nun im Rahmen einer Festveranstaltung im Gästehaus der RWTH den Promotionspreis 2002 der VDE-Landesvertretung Nordrhein-Westfalen.

Das Neue an den Femtosekundenlasern ist einerseits die höhere Zahl der Pulse pro Sekunde, die jeweils nur 0,0000000000001 Sekunden lang sind. Andererseits strahlt ein solcher Laser im zeitlichen Durchschnitt nur mit einer Leistung von einem Watt. Allerdings sind die Pulse so unvorstellbar kurz, dass die Leistung im Moment des Auftreffens auf ein Material ein Megawatt beträgt.

Derzeit arbeitet Bartels am National Institute of Standards and Technology in den USA an Anwendungen für seine bahnbrechende Entwicklung.

Der Wissenschaftsrat der Tschechischen Technischen Universität (CTU) Prag hat im letzten Jahr die Ehrenwürde eines „Doktors der technischen Wissenschaften“ an Professor Dr.-Ing. **Vladimir Blazek** vom Institut für Hochfrequenztechnik der RWTH Aachen verliehen. Damit würdigt die Prager Hochschule Professors Blazeks herausragende Fähigkeiten auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik. Sie ehrt ihn für seine Verdienste um die Koordinierung der interdisziplinären Forschung in den biomedizinischen Ingenieurwissenschaften und zeichnet ihn für seine Leistungen als Rektoratsbeauftragter für die Zusammenarbeit der RWTH Aachen mit der CTU Prag aus.

Die Ehrendoktorwürde der Philosophischen Fakultät der RWTH erhielten Prof. Dr. **Hanna Damasio** und ihr Gatte Prof. Dr. **Antonio R. Damasio**.

Die Arbeiten der Damasios bewegen sich auf einem Gebiet, das derzeit in der Geistes- und Kulturwissenschaft viel Aufmerksamkeit findet: dem Bereich des – teilweise rätselhaften – Zusammenhangs von neuronalen und geistigen Prozessen. Außerdem repräsentieren sie in idealer Weise das Wissenschaftsverständnis, dass sich viele Forschungsgegenstände aufgrund ihrer transdisziplinären Natur in den traditionellen Disziplinengrenzen nicht angemessen untersuchen lassen. Die Auszeichnung unterstreicht somit auch die interdisziplinäre Orientierung der Geisteswissenschaften an der RWTH.

Beide haben an der Universität Lissabon ihre akademische Ausbildung erhalten und mit dem Dokortitel in Medizin abgeschlossen. Seit Mitte der siebziger Jahre lehren sie an der University of Iowa, zu der die RWTH seit langen Jahren gute Forschungskontakte unterhält.

Nachrichten

Rektor Prof. Dr. **Burkhard Rauhut** begrüßte anlässlich der Unterzeichnung eines Rahmenvertrages zwischen der General Motors Corporation und der RWTH Aachen den Direktor der Entwicklungsabteilung für Antriebssysteme von General Motors, Dr. **Hazem A. Ezzat**, sowie Dr. **Sherif H. El Tahry**.

Ziel des Rahmenvertrags ist die Einrichtung einer langfristig angelegten Zusammenarbeit bei der gemeinsamen Erforschung von aktuellen Fragestellungen in der Entwicklung von Antriebskonzepten im Automobilbau. Dies soll im Rahmen eines „Collaborative Research Laboratory“ erfolgen, dessen Co-Direktoren die Herren El Tahry (seitens General Motors) und Prof. Dr. **Norbert Peters**, Direktor des Instituts für Technische Mechanik (seitens der RWTH) sind. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit werden an mehreren Instituten der RWTH Forschungsarbeiten durchgeführt, die gemeinsam definiert und von General Motors finanziert werden. Für die nächsten fünf Jahre ist ein Finanzvolumen von 3,75 Millionen Euro vorgesehen. Für die nächsten zwei Jahre wurden bereits sieben Projekte formuliert und abgestimmt, welche die Verbesserung der Verbrennung im Dieselmotor zum Ziel haben. Im Herbst 2001 konstituierte sich das Fraunhofer-Institutszentrum Schloss Birlinghoven (Fraunhofer IZB) aus den dort ansässigen Instituten für Autonome Intelligente Systeme (AIS), Angewandte Informationstechnik (FIT), Medienkommunikation (IMK) und Wissenschaftliches Rechnen (SCAI). Zum Gründungsvorsitzenden des Institutsleiterrats wurde der Leiter des FIT und Inhaber des Lehrstuhls

für Informatik V, Univ.-Prof. Dr. rer.pol. **Matthias Jarke**, gewählt. Anderthalb Jahre nach der Fusion der Institute fällt die Zwischenbilanz sehr positiv aus. So konnten die Drittmittel um 60 Prozent auf über 21 Millionen Euro und die Zahl der Arbeitsplätze um fünf Prozent gesteigert werden. 2002 wurde ein dringend benötigtes Institutsgebäude fertiggestellt und mit dem Bau eines Robotiklabors begonnen. Vier gemeinsame Berufungen wurden bereits mit den ABC-Universitäten RWTH Aachen, Bonn und Köln durchgeführt, weitere sind in der Diskussion. Einen Durchbruch für das Institutszentrum bedeutete im Oktober 2002 die Finanzierungszusage für das auf Internationalisierung und Studienbeschleunigung in der angewandten Informatik fokussierte Pilotvorhaben „Bonn-Aachen International Center for Information Technology“ (B-IT).

Die RWTH Aachen hat auf Antrag ihrer Fakultät für Architektur den Leitenden Baudirektor des Hochbauamtes der Stadt Kassel, Dipl.-Ing. **Hans-Joachim Neukäter**, zum Honorarprofessor ernannt. Neben seiner hauptberuflichen Tätigkeit wird Neukäter künftig an der Aachener Hochschule im Fachgebiet „Konstruktive Elemente im räumlichen Gestalten“ lehren.

Vor Verleihung der Bezeichnung eines Honorarprofessors engagierte sich der Leiter des Kasseler Hochbauamtes bereits seit vielen Jahren als Lehrbeauftragter in Aachen. Darüber hinaus gewann Hans-Joachim Neukäter überregionales Ansehen durch die Betreuung hervorragender Bauvorhaben, durch viele Veröffentlichungen und durch seine Mitarbeit im Hessischen Städtetag.

Die Technische Universität Darmstadt verlieh auf Antrag der Fachbereiche Bauingenieurwesen und Maschinenbau Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. **Norbert Peters**, Direktor des Instituts für Technische Mechanik der RWTH, die Würde eines Ehrendoktors. Peters erhielt die Auszeichnung in Anerkennung „seiner herausragenden wissenschaftlichen Leistungen, insbesondere auf dem Gebiet der Theorie turbulenter Verbrennungsprozesse und deren Anwendung auf technische Systeme“, heißt es in der Urkunde.

Der Aachener Professor ist weltweit einer der produktivsten und herausragenden Wissenschaftler auf dem Gebiet der Verbrennung und genießt in Wissenschaft und Industrie eine hohe Anerkennung. Der wissenschaftlich bekannteste Teil seines Lebenswerks sind seine Theorien zum Flamelet-Konzept der turbulenten Verbrennung, die heute als Grundlage für die Vorausberechnung und Auslegung von Verbrennungsmaschinen dienen.

Seit 15 Jahren arbeiten Wissenschaftler aus aller Welt an einem System, das die Sauerstoffversorgung und den Kohlendioxid-austausch innerhalb des Körpers vollbringt, Lunge und Herz nicht belastet und einfach zu handhaben ist. Prof. Dr.-Ing. **Helmut Reul** vom Institut für Biomedizinische Technologien der RWTH Aachen hat bei der Entwicklung eines solchen „Oxygenators“ die Spitzenposition eingenommen. Er kombiniert eine für die Herzchirurgie entwickelte Mikropumpe mit Hohlfaserbündeln zu einem kompakten Gasaustauschsystem, das durch die Beinvene implantiert werden kann. Dieses Prinzip, das vom Institut und dem Aachener Kompetenzzentrum Medizintechnik (AKM) perfektioniert wird, hat die Jury des Innovationswettbewerbs zur Förderung der Medizintechnik überzeugt und die Aachener Wissenschaftler zu den Gewinnern erklärt.

Der Preis wurde im November 2002 im Rahmen der Düsseldorfer Medizinmesse MEDICA überreicht. Zwei Millionen Euro gingen an die insgesamt elf Gewinnerinnen und Gewinner.

Das Aachener Ärzte- und Forscherteam unter der Leitung von PD Dr. med. **Patrick Schauerte** von der Medizinischen Klinik I des Universitätsklinikums gewann im November 2002 den Innovationspreis zur Förderung der Medizintechnik mit einem neuen Verfahren, das Herzoperationen sicherer machen soll. Dabei werden die Nerven, die das Herz ansteuern, elektrisch so stimuliert, dass der Herzschlag während der Operation beliebig „an- und ausgeschaltet“ werden kann. Miniaturpumpsysteme – und keine riesige Herz-Lungen-Maschine – übernehmen die Aufgabe, das Blut weiter im Körper zirkulieren zu lassen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Methoden wird die Operation am schlagenden Herzen vereinfacht und sowohl das Herz als auch der gesamte Organismus geschont. Auf der Düsseldorfer Medizinmesse MEDICA wurden elf Innovationspreise mit einem Gesamtvolumen von zwei Millionen Euro vergeben.

Im Jahr 2001 machte die Chemikerin Dr. **Song-I Han** bereits Schlagzeilen, als es ihr gelang, die natürlichen internen Prozesse von Tropfen zu visualisieren. Gemeinsam mit Kollegen vom Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie der RWTH Aachen unter Leitung von Univ.-Prof. Dr. **Bernhard Blümich** hat sie damals das Innenleben fallender Tropfen auf Film gebannt. Im letzten Jahr erhielt sie den „Raymond Andrew Prize 2002“ aus den Händen der „Groupement AMPERE“.

Mithilfe der Magnetresonanztomographie, die bisher in der Medizin bei der Untersuchung des menschlichen Körpers angewandt wurde, kann die magnetische Ausrichtung der Atomkerne des Wassers gemessen werden. Damit sind die Strömungsmuster im Wassertropfen darstellbar. Weil der Tropfen aber sehr schnell durch die Messkammer fällt, bleiben für die Aufnahme lediglich zehn Millisekunden. Eine gute Auflösung ist in dieser Kürze kaum möglich. Song-I Han ließ schließlich zehn Stunden lang Tropfen für Tropfen durch die Messeinrichtung fallen, um ein einziges, möglichst gut aufgelöstes Bild zu bekommen. Aber gleicht ein Tropfen dem anderen? Die Antwort überraschte selbst das Forscherteam: Nach zehn Stunden und knapp 34.000 Tropfen ergab sich ein gestochen scharfes Bild. Das Ergebnis: Die Strömungsverhältnisse und Fließmuster im Inneren unzähliger Tropfen sehen alle gleich aus.

Aufgrund seiner langjährigen Verbindung zur RWTH wurde dem Weseler Bauunternehmer Dr.-Ing. **Friedrich Carl Trapp** nun die Ehrenbürgerwürde der Aachener Hochschule verliehen. Er folgt damit seinem 1989 verstorbenen Vater, Dr.-Ing. Ernst Trapp, der ebenfalls Ehrenbürger der RWTH war.

In seiner Begrüßungsansprache betonte der Rektor der RWTH, Univ.-Prof. Dr. **Burkhard Rauhut**, die Bedeutung dieses Titels. Der Ehrenbürger der Universität soll – genau wie sein Pendant in einer Stadt – teilhaben und Zugehörigkeit fühlen.

Seine „freundschaftliche Verbindung zu Aachen“ betonte der Geehrte, in dessen Namen jährlich der renommierte F.C. Trapp-Preis an herausragende Absolventen des Fachbereichs Bauingenieurwesen vergeben wird, in seiner Dankesrede.

Bereits 1981 wurde Trapp Mitglied im Verwaltungsrat von proRWTH, den Freunden und Förderern der Aachener Hochschule. 1995 gründete er die Trapp-Stiftung, um die hochdotierten F.C. Trapp-Preise zu stiften.

Die jährliche Generalversammlung von UNITECH International fand vom 5. bis 6. September 2002 an der RWTH Aachen statt.

Zusammen mit der ETH Zürich, der Ecole Polytechnique Paris, dem Imperial College London, der TU Delft sowie den Polytechnischen Hochschulen von Mailand und Madrid ist die RWTH Aachen Mitglied in diesem Netzwerk von Anbietern hochwertiger universitärer Ingenieurausbildung. Für das Studienjahr 2002/2003 sind 85 Studierende aus acht Ländern eingeschrieben. Die Teilnehmer bekommen die Gelegenheit, praktische Erfahrungen in den Führungsetagen großer Konzerne wie zu gewinnen. Diese Auslandsaufenthalte fördern das Fachwissen, das multikulturelle Verständnis und die soziale Kompetenz.

Zu den Themen der Tagung gehörten die Weiterentwicklung dieses einzigartigen Austauschprogramms für Studierende auch in Zeiten wirtschaftlicher Umstrukturierungen und Schwierigkeiten. In der Vergangenheit zeigte es sich, dass die Absolventen des Programms eindeutige Vorteile auf dem eingeschränkten Arbeitsmarkt hatten. Dies bestärkt UNITECH, bei der Auswahl weiterer Partner auch in Zukunft auf eine hohe Qualität zu achten. In Workshops wurden aktuelle Wirtschaftsthemen und organisatorische Fragen erörtert. Die Generalversammlung dient auch dem intensiven Austausch von Lehrenden, Studierenden und Vertretern der Wirtschaft.

Im letzten Jahr wurden im Rahmen eines Festbanketts im Krönungssaal des Aachener Rathauses erstmals Diplome an diejenigen Absolventen verliehen, die sowohl ihr normales Studium als auch das UNITECH-Austauschprogramm absolviert haben.

Namen



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. **Manfred Weck**, als langjähriger Inhaber des Lehrstuhls für Werkzeugmaschinen am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen einer der profiliertesten deutschen Hochschullehrer des Maschinenbaus, wurde im November 2002 65 Jahre alt. Mit Erreichen der Altersgrenze scheidet Weck im Laufe des Jahres 2003 aus dem Hochschuldienst aus.

Seine berufliche Laufbahn begann der 1937 in Solingen geborene Wissenschaftler mit einer Werkzeugmacherlehre. Nach dem anschließenden Maschinenbau-Studium an der Staatlichen Ingenieurschule für Maschinenwesen Iserlohn und an der RWTH, seinen Assistenten-Jahren und der Promotion am WZL bei Prof. Herwart Opitz führte ihn sein Weg zunächst in die Industrie, wo er als technischer Leiter tätig war.

1973 wurde er auf den Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen des Werkzeugmaschinenlabors berufen und zum Direktor des Instituts ernannt, dem er in den Jahren 1980 bis 2002 mehrfach als Geschäftsführender Direktor vorstand. Mit der Gründung des Aachener Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT im Jahre 1980 wurde Weck zum Mitglied des Direktoriums und Leiter der Abteilung Produktionsmaschinen ernannt.

Seinem Selbstverständnis folgend übernahm Prof. Weck Verantwortung auch in der akademischen Selbstverwaltung seiner Hochschule. So leitete er in den Jahren 1991 und 1992 als Dekan die Geschicke der Fakultät für Maschinenwesen.

Die weltweite Wertschätzung und Bedeutung des Aachener Wissenschaftlers findet ihren Niederschlag in zahlreichen Ehrungen und Auszeichnungen. Auf die Borchers-Medaille der RWTH Aachen folgte 1974 die Taylor-Medaille der Internationalen Forschungs-Vereinigung der Fertigungstechnik (CIRP). Die TU Hannover verlieh Weck 1992 die Ehrendoktorwürde. 1995 erhielt er den Jakob Wallenberg-Preis der Königlichen Schwedischen Akademie der Ingenieurwissenschaften. Erst kürzlich verlieh ihm der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) die Herwart-Opitz-Medaille. 1983 wurde Weck zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften des Landes Nordrhein-Westfalen berufen, seit 1993 ist er Mitglied der Academie Scientiarum et Artium Europaea, Innsbruck, und 1994 wurde er zum Mitglied der Koninklijke Academie Voor Wetenschappen, Letteren En Schone Kunsten des Königreiches Belgien berufen. 1998 erhielt Weck den Ernst-Blickle-Preis der SEW-Eurodrive-Stiftung für seine außergewöhnlichen Leistungen als Fachmann der Produktions- und Antriebstechnik.

Im letzten Jahr wurde an Dr. **Young-Sup Huh** die Würde eines Senators Ehren halber verliehen. Damit werden seine außerordentlichen und vorbildlichen Verdienste als Alumnus der Hochschule um die Förderung der deutsch-koreanischen Zusammenarbeit gewürdigt.

Huh wurde am 9. Oktober 1941 in Korea geboren. Nach Abschluss der Highschool 1960 erwarb er 1964 an der Seoul National University den Bachelor of Science an der Metallurgischen Fakultät. Direkt danach kam er an die RWTH Aachen, wo er nach seiner Diplomprüfung 1968 beim Altreaktor Univ.-Prof. Dr. Ottmar Knacke eine Doktorarbeit mit dem Titel „Untersuchung von Reibungsquozienten zwischen Metall und Graphit bei hoher Geschwindigkeit“ begann. 1970 musste er die Arbeiten an der Dissertation einstellen, da er zum Wehrdienst nach Korea einberufen wurde. Am Ende seiner Dienstzeit ging Huh nicht nach Deutschland zurück, sondern trat als Abteilungsleiter in die Korea Green Cross Corp., einem führenden Pharmahersteller, ein. 1980 wurde er Präsident und Chief Executive Officer (CEO), 1992 schließlich Chairman und CEO. In dieser Zeit wurde die Korea Green Cross Corp. in vielen Bereichen zum Marktführer in Korea. So wurde zum Beispiel ein Hepatitis B-Impfstoff entwickelt, der heute der weltweit am häufigsten injizierte ist.

Aus Sicht der RWTH Aachen ist neben diesen beruflichen Aktivitäten Huhs auch sein Engagement bei der Vertiefung deutsch-koreanischer Zusammenarbeit und Freundschaft besonders hervorzuheben. Huh gehört zu den Gründungsmitgliedern der „Koreanischen Alumnivereinigung der RWTH Aachen“, deren Vorsitz er 1999 übernahm. Mit etwa 250 Alumni in Korea, von denen 160 Mitglieder der „Koreanischen Alumnivereinigung der RWTH Aachen“ sind, stellt Korea für die Hochschule eine wichtige Brücke für Ostasien dar. Zudem übernahm Huh im Jahr 2000 die Präsidentschaft der Koreanisch-Deutschen Gesellschaft.

Nachrichten



Internet wird zum Medium der Produktentwicklung

Initiative „ProVerStand“ schafft Kommunikationsplattform für Unternehmen

Die Entwicklung und Produktion von Waren wird immer häufiger von Teams gesteuert, die regional oder global verteilt agieren und kommunizieren. Dadurch ergeben sich neue Anforderungen an die Kommunikationswerkzeuge. Das Zauberwort heißt „Collaborative Product Commerce“, kurz CPC. Dabei handelt es sich um Software-Systeme, die ihrem Nutzer über das Internet den Zugriff auf sämtliche mit der Produktentstehung verknüpften Informationen ermöglichen, unabhängig von Zeit und Ort. Diese Systeme führen Daten aus den verschiedensten Quellen zusammen und machen sie räumlich getrennten Projektpartnern gemeinsam zugänglich. In dem noch jungen Feld der CPC-Plattformen gaben bis vor kurzem kleine Software-Schmieden den Takt vor. Jetzt drängen auch große Software-Häuser in den zukunftssträchtigen Markt.

Die Hochschulen Nordrhein-Westfalens wollen diese rasante Entwicklung für die Forschung und Entwicklung nutzen. Deshalb wurde jüngst an der RWTH Aachen die Initiative „Produktentwicklung über verteilte Standorte“ gegründet. Die Federführung von ProVerStand, so die Kurzform, haben Professor Jörg Feldhusen und seine Mitarbeiter Inka Baumgart, Nils Macke und Erwin-Zahari Nurcahya vom Institut für Allgemeine Konstruktionstechnik des Maschinenbaus (IKT) übernommen. Im April 2002 beantragten sie beim Land Fördermittel in Höhe von 3,8 Millionen Euro, um den Rechnerverbund NRW mit CPC-tauglicher Hard- und Software auszurüsten. 13 Hochschuleinrichtungen des Landes unterstützten den Antrag. Ende 2002 gaben die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Wissenschaftsrat grünes Licht: Die beantragten Fördermittel wurden in vollem Umfang bewilligt.

Die Gutachter überzeugte vor allem die Wahl der Software: Jörg Feldhusen und seine Mitarbeiter hatten sich für Windchill entschieden, ein Produkt des weltweit tätigen Software-Entwicklers PTC. Windchill wird auf zentralen Servern installiert und kann über das Internet von nahezu jedem Ort mit den gebräuchlichen Browsern aufgerufen werden. Zudem unterstützt es den für die Forschung an Hochschulen so wichtigen „Open source“-Gedanken: Mit einer eigenen Entwicklungsumgebung können jederzeit neue Software-Module und Benutzeroberflächen für die individuelle Nutzung des Systems geschaffen werden.

An dem erfolgreichen Projektkonzept war das Rechen- und Kommunikationszentrum (RZ) der RWTH maßgeblich beteiligt. Derzeit richtet es einen zentralen Windchill-Server ein, der mit Oracle-Datenbanken vernetzt wird. Auf diese soll ab dem Sommer 2003 über den Rechnerverbund NRW landesweit zugegriffen werden können. Für die Pflege und Wartung des Systems wird dann ebenfalls das Aachener Rechen- und Kommunikationszentrum sorgen.

Nach Auskunft von Jörg Feldhusen bilden das IKT, das RZ und Einrichtungen und Institute anderer Hochschulen des Landes derzeit den Kern der ProVerStand-Initiative. Daneben haben sich schon jetzt zwanzig weitere Hochschuleinrichtungen in Nordrhein-Westfalen für eine aktive Beteiligung an landesweiten Projekten entschieden. Zu diesem Zweck werden für die jeweiligen Institute eigene Server installiert. Und schließlich gibt es noch eine dritte Gruppe: Die Unentschlossenen auf den Zuschauerbänken, die vom Team am IKT über die Fortschritte und die neuesten Entwicklungen informiert werden. Langfristig werden sich viele aus dieser Gruppe ProVerStand anschließen.

Schon im kommenden Wintersemester will Jörg Feldhusen das CPC-System in der Lehre einsetzen. Bisher gab es an den Hochschulen nur theoretischen Unterricht über CPC-Plattformen, jetzt wird erstmals ein praktisches Training angeboten. Zwei Studierenden-Teams sollen von verschiedenen Orten aus mit Hilfe von Windchill eine Aufgabe zur Produktentwicklung bearbeiten und dabei eng miteinander kommunizieren. Die beiden Teams werden an der RWTH Aachen und an einer anderen Universität des Landes sitzen. Die eine Gruppe wird die Rolle des Auftraggebers, die andere die des Auftragnehmers spielen.

Ein Vorbild für die zu lösende Aufgabe könnte die Entwicklung eines Autoschiebedaches sein, die ein Autohersteller bei einem Zulieferer in Auftrag gibt. Dabei übermittelt der Hersteller zuerst bestimmte Spezifikationen wie etwa die äußeren Abmessungen und die Belastungen, denen das Dach widerstehen muss. Der Zulieferer entwickelt daraufhin ein Modell des Dachs, das den geforderten Eigenschaften entspricht, und das er über die Kommunikationsplattform seinem Auftraggeber detailliert vorstellt. Ist dieser mit dem Vorschlag zufrieden, kann das Modell realisiert werden.

Was sich im Beispiel einfach anhört, ist in Unternehmen mit historisch gewachsenen Produktionsabläufen nicht immer einfach umzusetzen. Produktionsprozesse müssen definiert, für die Software aufbereitet und schließlich in Teamwork optimiert werden. Für manche Firmen bedeutet dies eine große Herausforderung.

Auch der Betrieb der elektronischen Kommunikationsplattform ist alles andere als eine Routineaufgabe. So muss das System rund um die Uhr verfügbar sein und bis zu 3.000 Zugriffe pro Sekunde ermöglichen. Ein Systemabsturz muss schnellstmöglich behoben, sämtliche Daten müssen gesichert werden. Informationsflüsse zwischen den Projektpartnern verschiedener Unternehmen müssen durch genau definierte Zugriffsberechtigungen sicher abgegrenzt werden, damit Kernkompetenzen der Partner nicht preisgegeben werden. Bei diesen Fragen sieht das Team vom IKT konkreten Forschungsbedarf. Die Initiative ProVerStand will auch hier aktiv werden.

Autor:

Dr. Forstwiss. Thomas Früh ist Mitarbeiter des Dezernats Presse- und Öffentlichkeitsarbeit.

Einrichten der Mikrodosieranlage für Polymere zum Kleben eines Mikromischer-Bauteils für die Biotechnologie.

Foto: Peter Winandy



Das „Jahr des Hochschulsports“

Der Hochschulsport ist aus dem Leben unserer Hochschulen nicht wegzudenken. Er ist wichtig für das kulturelle und soziale Leben“, dies verdeutlichte Dr. Michael Vesper, Minister des Landes Nordrhein-Westfalen für Städtebau, Wohnen, Kultur und Sport beim offiziellen Anpfiff des deutschlandweit ersten „Jahr des Hochschulsports“. Der Minister vermutete im Vorfeld der Hochschulsportgala in der Sporthalle am Königshügel, dass das „Jahr des Hochschulsports“ über Jahre Maßstäbe setzen werde, durchaus auch für andere Länder. Die Gala war in diesem Jahr allerdings mehr als nur die Präsentation des facettenreichen Sportangebots an der RWTH. Sie war auch der Startschuss zu einem Marathon aus mehr als 50 Veranstaltungen rund um die Körperertüchtigung an den Universitäten und Fachhochschulen des ganzen Landes. Die Palette reichte von Wettkämpfen und Turnieren bis hin zu Vorträgen und Tagungen. Das Hochschulsportzentrum Aachen agiert das ganze Jahr über als Koordinations- und Organisationszentrum und richtet unter anderem die Hochschulturniere im Beachvolleyball und Reiten aus. Das Team rund um Nico Sperle, dem Leiter des Aachener Hochschulsportzentrums, leistete schon im Vorfeld hervorragende Organisationsarbeit.

„denkSPORTbewegt“ – unter diesem Motto steht das Sportjahr. Dies bedeutet nicht nur die aktive Teilnahme am sportlichen Wettstreit, sondern beinhaltet auch die theoretische Auseinandersetzung mit dem Thema. Deshalb wird erstmals – zum Abschluss des Jahres – der „NRW-Hochschulsport-Förderpreis für den wissenschaftlichen Nachwuchs“ vergeben. Bei diesem mit insgesamt 6.000 Euro dotierten Preis kann der akademische Nachwuchs aller Fachrichtungen seine deutschsprachigen, bisher unveröffentlichten, wissenschaftlichen Arbeiten zum Thema Hochschulsport ins Rennen schicken. Die besten Umsetzungen werden zum Ende des Jahres ausgezeichnet und veröffentlicht.

Allein in Aachen nehmen rund 10.000 Studierende und Hochschulangehörige wöchentlich Angebote in 87 Sportarten wahr. Gut die Hälfte der Veranstaltungen finden in und auf Sportanlagen der Hochschule statt. Diese Zahlen verdeutlichen die Wichtigkeit der Offerten an angehende Akademiker und Mitarbeiter. Heute hält man sich zum Beispiel beim Spinbiking, einem vom Musik untermalten Ausdauertraining auf Indoorfahrrädern, mit Savate, einer französischen Kampfsportart, bei der Füße und Hände eingesetzt werden oder mit Baba-Roll, dem Rollstuhlbasketball, fit.

Exotische Sportarten wurden auch bei der Gala in der restlos ausverkauften Halle am Königshügel vorgestellt. „**The Black and White Slaves**“ aus Aachen zeigten Capoeira, eine Mischung aus brasilianischer Kampfkunst und athletischem Tanz, während die „**Las Payas**“ von der RWTH und der FH Aachen beim Flamenco iberische Gefühle in den Aachener Winter brachten. Aber auch aus den anderen Universitäten des Landes waren mit Gruppen zur Gala in die westlichste Hochschule der Bundesrepublik angereist. Das Ballettstudio der Universität Bonn zeigte klassischen Tanz und die Breakdance Gruppe der Deutschen Sporthochschule Köln zeigten ihr Programm „**Reflex**“. Die „**Turnnados**“ von der Universität Münster oder die „**Turnarounds**“ aus Bielefeld erinnerten eher an zirzensische Akrobatik als an Turnvater Jahn. Insgesamt 21 Gruppen und Sportarten sorgten für ein dreistündiges Programm.

Trotz seiner Begeisterung musste Minister Vesper eine schwierige finanzielle Lage des Landes einräumen. Dessen ungeachtet hat das Land die Mittel in diesem Jahr ausgeweitet und 300.000 Euro zur Unterstützung des Hochschulsports zur Verfügung gestellt. Allerdings konnte der Minister eine Sicherung des Status Quo nicht garantieren. Für ihn, der sich mit Fußball und Jogging fit hält, sind die Mittel jedoch eine gute Investition: „Aus dem Hochschulsport sind auch viele Spitzensportlerinnen und Spitzensportler hervorgegangen.“ Damit könne sich NRW als Sportland profilieren.

Der Rektor der RWTH, Professor Dr. Burkhard Rauhut, unterstrich vor allem den integrativen Charakter, den der Sport für neue und auch ausländische Studierende hat – er erleichtere die Kontaktaufnahme. Aber auch als Ausgleich zum sitzenden Studierendennalltag und als Imagerträger sei der Sport nicht zu unterschätzen. Es sei erstaunlich, so der ehemalige Ruderer, Handballer und Eishockeyspieler Rauhut, was die Öffentlichkeit





*Bild 1: Die Gruppe „Rollaix“ während ihres Auftritts.
Foto: Uli Weber*

wahrnehme. Professor Dr. Jürgen Schmidt, stellvertretender Vorsitzender der Landesrektorenkonferenz von der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, sieht auch die so genannten „soft skills“ gestärkt. Sport würde Teamfähigkeit und Leistung voraussetzen. Auch der Aufbau eines Wir-Gefühls, einer gemeinsamen Identität, würde aufgebaut.

Lob für die Aachener und ihre Stadt gab es seitens der Landeskonferenz Nordrhein-Westfalens für den Hochschulsport. **„Nicht überall sind die Städte so offen wie in Aachen“**, bescheinigte ihr Vorsitzender Michael Fahlenbock. Oberbürgermeister Dr. Jürgen Linden nahm den Ball gerne auf und bezeichnete den Hochschulsport als unglaubliche Bereicherung. Mit einem kurzen Rückblick in die Geschichte erinnerte er an große Handball- und Basketball-

zeiten in den sechziger und siebziger Jahren, als sogar einige Bundesligaspieler ihr Studium in der Kaiserstadt absolvierten und auch Titel und Pokale für die RWTH errangen. Die Studierenden hätten auch neue Sportarten nach Aachen gebracht und in diesem Zusammenhang verwies der Oberbürgermeister auf die Rugby- und Baseballmannschaften, die ihre Keimzellen im Hochschulsport hatten. Der Hochschulsport würde nicht nur neue und ausländische Studierende leichter integrieren, sondern auch die Studierenden mit der Bevölkerung zusammen bringen. ●

Autor:

Björn Gürtler M.A., ist Mitarbeiter des Dezernats Presse- und Öffentlichkeitsarbeit.





Prüfen von Schwingungsdämpfern bei Schienenfahrzeugen mit dem mobilen Kernspintomographie-Verfahren zum Vermeiden von Kondenswasseransammlungen und Korrosionsbildung.

Foto: Peter Winandy

Antikes Denken als Grundlage zum Verstehen der Moderne

Festschrift für Matthias Gatzemeier

Bü

1/2003 RWTHTHEMEN

Im Februar 2002 feierte Matthias Gatzemeier, Emeritus des Lehrstuhls für Praktische Philosophie der RWTH, seinen 65. Geburtstag. Freunden, Studierenden und Kollegen war es ein Herzensanliegen, ihm aus diesem Anlass eine Festschrift zu widmen. Der Band ist Anfang dieses Jahres erschienen.

Gatzemeier wurde 1937 im niedersächsischen Haselünne geboren. Nach dem Abitur im Jahre 1957 am Gymnasium der Maristen in Fürstzell bei Passau studierte er zunächst an der privaten Hochschule der Maristen ebendort Theologie und Philosophie, wechselte aber bereits 1958 an die Universität Münster zum Studium der Klassischen Philologie, Alter Geschichte und Pädagogik. Nach seiner Promotion 1967 nahm Gatzemeier eine Stelle als Wissenschaftlicher Assistent bei Friedrich Kambartel in Konstanz an, wo er sich 1973 mit der Schrift „**Theologie als Wissenschaft?**“ habilitierte. Nach einer Professurvertretung in Hamburg und einem Lehrauftrag in Marburg wurde er 1975 zum Professor für das Lehrgebiet „Praktische Philosophie“ am Philosophischen Institut der RWTH Aachen ernannt.

Seine oft interdisziplinär angelegten Lehrveranstaltungen bescherten Gatzemeier einen großen Kreis von Studierenden. Er war stets darauf bedacht, dass seine Studierenden seine Thesen nicht kritiklos annehmen, sondern er ermunterte dazu, sie kritisch zu hinterfragen. Neben seiner Lehrtätigkeit engagierte er sich in den Gremien der Hochschule und verband seine Erkenntnisse auf dem Gebiet der Praktischen Philosophie mit aktuellen gesellschaftlichen Fragen. So wirkte er beim Aufbau des Dokumentationszentrums „**Ethik der Wissenschaften/ Technikphilosophie**“ mit und ist Mitglied in Tierschutzkommissionen des Landes und des Bundes.

In der vorliegenden Festschrift „Antike und Gegenwart“ beleuchten Schülerinnen und Schüler Gatzemeiers und auch Weggefährten aus anderen Lehrstühlen der RWTH mit ihren Beiträgen die beiden Schwerpunkte seiner Lehr- und Forschungstätigkeit, die er nie isoliert betrachtete. Eine puristische Beschäftigung mit der antiken Philosophie lehnt Gatzemeier ebenso ab wie eine Auseinandersetzung mit aktuellen Themen, die das Denken der Antike außer Acht lässt. Die Fruchtbarkeit der Verbindung von historischer und systematischer Argumentation ist dokumentiert in zahlreichen Aufsätzen Gatzemeiers, die in einer Neuedition in Kürze erscheinen werden. ●

Jürgen Villers (Hg.), *Antike und Gegenwart. Festschrift für Matthias Gatzemeier*, Würzburg (Königshausen u. Neumann), 2003.

Faust schafft auf der Bühne einen Homunkulus, Rabbi Loew erweckt den Golem zum Leben und Dr. Frankenstein gelingt es, seinem Monster Leben einzuhauchen. Der Menschheitstraum vom künstlichen Menschen ist alt. In Überlieferungen, Märchen und in der Literatur sind die Schöpfer künstlicher Kreaturen nahezu immer mit großem Optimismus bei der Sache, hingegen betrachten ihre Mitmenschen dieses Tun mit Furcht und Skepsis.

Die Bemühungen von Wissenschaftlern seit dem 18. Jahrhundert menschenähnliche Maschinen zu konstruieren, die dem Menschen in ihren Fertigkeiten und mit ihrer Intelligenz überlegen sind, wurden von Teilen der Öffentlichkeit mit Sorge betrachtet und von großen Literaten wie E. T. A. Hoffmann oder Stanislaw Lem sehr kritisch kommentiert. Der Aufstand der Maschinen, die Bedrohung durch vom Menschen erschaffene Kreaturen ist jedoch bis heute ausgeblieben.

Ist die Schöpfung jetzt unser?

„Der künstliche Mensch“
– Eine Veröffentlichung des Forums
Technik und Gesellschaft

Spätestens seit dem Beginn des neuen Jahrtausends wissen wir aber, dass der Mensch in der Lage ist, zwar nicht Leben zu erschaffen, zumindest jedoch Leben zu reproduzieren und gezielt zu verändern. Die Wissenschaft hat eine Grenze überschritten, die Folgen lassen sich erahnen aber noch lange nicht abschätzen. Es eröffnen sich Wege, die zum Wohl der Menschheit führen, aber auch solche, die uns erschrecken lassen. Was aber auf jeden Fall nach diesem Grenzüberschritt eingetreten ist, ist eine Erschütterung unserer Auffassung von menschlicher Individualität. Zumindest in unseren Köpfen sind wir nicht länger unverwechselbar. Dem eigenen Klon gegenüber zu stehen, ist denkbar. Nicht nur unsere Identität ist erschüttert, auch unsere Vorstellung von Humanität wird sich durch die Erweiterung des

Machbaren verändern. Auch wenn die Anwendungen der modernen Medizin, Medizin- und Biotechnologie auf die Heilung von Krankheiten abzielen, sie müssen jederzeit transparent und nachvollziehbar sein und sich einer ethischen Beurteilung unterziehen lassen.

In dem von Karl R. Kogler und Max Kerner herausgegebenen Band „**Der künstliche Mensch**“ haben Mediziner, Naturwissenschaftler, Informatiker, Philosophen und Sozialwissenschaftler zu einem fächerübergreifenden Dialog zusammen gefunden. In verständlicher Sprache erörtern sie die drängenden Fragen, die sich aus den neuen Technologien ergeben: Sind die Schöpfungen künstlicher Intelligenz und die Eingriffe in die menschliche Erbinformation notwendige Ziele und unabwendbare Konsequenz des wissen-



In der anschaulichen und sehr lebendigen Sprache ihrer Studienjahre schildert Rose Marie Lehnhof ihre Erlebnisse in den Jahren 1933 bis 1945. Im Jahr der Machtergreifung der Nationalsozialisten ist die Autorin zwölf Jahre alt und langsam schleicht sich Bedrohliches in ihr Leben. Die sorglose Zeit am Lyzeum in Eschweiler findet ein Ende, als jüdische Geschäfte boykottiert und jüdische Mitschülerinnen nicht zum Abitur zugelassen werden. Lehnhof selbst erlebt als Enkelin einer jüdischen Großmutter zunehmend die Auswirkungen des nationalsozialistischen Rassenwahns. Sie kann sich aber nach bestandnem Abitur für das Studium der Chemie in Berlin einschreiben – eine Entscheidung gegen ihre Neigung zu Geschichte und Literatur. Sie weicht als „Nichtarierin“ auf ein in der Industrie verwertbares, vielleicht sicheres Studium aus. Doch schon bald gibt es in Berlin Versuche, Lehnhof von der Universität zu relegieren. Zu ihrem Glück öffnet im Jahr 1940 die TH Aachen wieder ihren Lehrbetrieb (wegen der Grenz-nähe wurde die Hochschule 1939 für zwei Semester geschlossen) und sie kehrt zurück ins Rheinland.

In Aachen geht es ruhiger zu als in der Hauptstadt, aber auch hier sind die Nazis nicht untätig. Zu den vom Aachener AStA denunzierten und von der Hochschule vertriebenen Professoren gehört auch der hoch angesehene Chemiker Paul Ernst Levy. Rose Marie Lehnhof beschreibt, wie der Schüler Levy's, der spätere Professor für Organische Chemie Fritz Reinartz, seinen früheren Mentor vor Ausbruch des Krieges ermutigt, Zuflucht bei Verwandten in Brüssel zu suchen und wie er Levy's Hab und Gut über die Grenze nach Belgien schafft. Couragiert schützt Reinartz später auch die Studentin Lehnhof vor rassistischen Anfeindungen. Er ebnet ihr nach seinem Ruf nach Karlsruhe dort den Weg zur erfolgreichen Diplomprüfung und holt sie als Assistentin an sein Institut, wo sie bis Kriegsende unbehelligt bleibt.

Rose Marie Lehnhof schildert Episoden, die zeigen, dass Menschlichkeit auch unter einem Menschen verachtenden Regime lebbar ist. Bei allem Bedrohlichem und Schrecklichem wie dem Verschwinden von Kommilitonen und Dozenten oder dem offenen Angriff des braunen Mobs auf ihre Mutter finden sich in Aachen und später in Karlsruhe Inseln der Solidarität und menschlicher Wärme. ●

Rose Marie Lehnhof, Tausendundein Jahr. Autobiographische Mitteilungen einer Nichtarierin, Bad Honnef (Bock), 2001.

schaftlichen Fortschritts? Wird durch sie eine neue Qualität des Machbaren erzielt? Wie sind die ethischen Grenzen zu ziehen und abzusichern?

Neben den Herausgebern sind seitens der RWTH Aachen auch Bernd Klosterhalfen und Christian Mittermayer vom Institut für Pathologie unter den Autoren vertreten.

Die Publikation geht zurück auf die Projektwochen „Der künstliche Mensch – Visionen des Machbaren“, die das Außen-Institut im Jahr 2000 durchgeführt hat. ●

Karl R. Kegler, Max Kerner (Hg.): Der künstliche Mensch. Körper und Intelligenz im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit, Köln (Böhlau) 2002.

Im nächsten Heft

Tech

gestalten –
Wissen
vermitteln

nik



Diskussions

1/2003 RWTHTHEMEN

Alexander H. Volger aus Bad Münstereifel schreibt zum Beitrag „Elektrosensibilität – eine Herausforderung für die Umweltmedizin“ von Wolfgang Dott, Jiri Silny und Gerhard Andreas Wiesmüller, der in den RWTH THEMEN 2/2002 erschienen ist:

Der Beitrag über Elektrosensibilität ist angesichts der noch wenig erforschten, durchaus auch umstrittenen und schon gar nicht in ein geschlossenes Wissensgebiet übergeführten komplexen Problematik wichtig und zu begrüßen; er soll in seinem wesentlichen Inhalt auch keinesfalls geschmälert werden.

Im einleitenden Absatz wird jedoch die Behauptung aufgestellt, dass der in populärwissenschaftlichen Abhandlungen und so genannten Erfahrungsberichten dargestellte Zusammenhang zwischen elektromagnetischer Einstrahlung zum Beispiel des Mobilfunks und vielerlei Beschwerden dort zwar als gegeben angesehen wird, dass aber die Ursachen und Entstehung derartiger unspezifischer Gesundheits- und Befindlichkeitsstörungen uneinheitlich seien, und dass „**eine Verbindung mit elektromagnetischen Feldern wissenschaftlich nicht einmal ansatzweise belegt**“ sei.

Dies ist schlicht falsch und darf der Tragweite halber nicht unwidersprochen bleiben – daher diese Zuschrift.

Richtig ist vielmehr, dass lange vor der Einführung der derzeitigen Mobilfunktechnik, mindestens seit 1993, eine große Zahl (mehrere Hundert) von spezifischen Berichten über wissenschaftliche Ergebnisse von Forschungen und Untersuchungen zur elektromagnetischen Einstrahlung und der dabei entstehenden biologischen Einzelwirkungen und Wirkungsketten bei Zelle, Tier und Mensch vorliegen. Zu nennen sind DNA-Brüche, Öffnung der Blut-Hirn-Schranke, Melatonin-Blockade, Blutplättchenverklumpung, Infarkte, Schädigung des Immunsystems, Gedächtnisminderung, Tinnitus, Krebsauslösung (unter anderem Hirntumore, Leukämie) und viele mehr, die vielfältige Befindlich-

keits- und Gesundheitsschädigungen bis hin zur Todesfolge auslösen können und ausgelöst haben.

Über diese Berichte existieren eine Reihe von (betont sorgsam selektierenden) Übersichtsstudien (zum Beispiel die ECOLOG-Studie, ein Report der schweizerischen Umweltbehörde) sowie nationale und internationale Datenbanken. Die Übersichtsstudien bestätigen nicht nur die Inhalte, sondern durchaus auch die wissenschaftliche Relevanz der untersuchten Veröffentlichungen, und Zweifel an der Seriosität und Reputation der Wissenschaftler und Institutionen sind auch generell keinesfalls angebracht. Alle möglichen Zusammenhänge sind damit sicher noch nicht geklärt, aber „das Puzzle ist schon sehr weitgehend angefüllt“.

Ergänzend liegt eine Reihe von epidemiologischen Studien vor, die das oben erwähnte Bild in flächendeckend mit Mobilfunk versorgten Feldern eindeutig bestätigen, und in denen unter anderem auch der Einfluss psychogener Ursachen untersucht und statistisch als nicht-korreliert zum Beispiel mit Kreislaufstörungen festgestellt wird. Darüber hinaus existiert eine erdrückend große Anzahl von Berichten über die aufgetretenen Gesundheitsstörungen, Krankheitsverläufe, auch Fehl- beziehungsweise Totgeburten und Todesfälle, Unbewohnbarkeit von Wohnungen, Lebensfeindlichkeit von Stallungen und Weiden infolge der Dauereinwirkung durch die Mobilfunk-Basisstationen und DECT-Schnurlos-Telefone sowie der Wirkungen der Handys, und zwar bei Feldstärken weit unterhalb der Grenzwerte.

Dies sind belegte und bezugte Tatsachen, die nicht lediglich deshalb ignoriert werden dürfen, weil sie nicht mit der derzeit (noch) herrschenden (und leider erkennbar interessen-affinen) „**offiziellen Lehrmeinung**“ übereinstimmen. In der Geschichte der Wissenschaften hat es diese Situation ja schon oft gegeben, und stets wie hier gab es dabei Pressionen, Dokumentenunterdrückung, Beweismanipulationen und Verleumdungen, und stets war es dann doch die etablierte Wissenschaft, die sich später (oder zu spät) hat bewegen müssen.

Das Ganze wird bestärkt durch die beweislogische Axiomatik, gemäß der jegliche Aussage zu einer Unbedenklichkeit eine Annahme zur Generalisierung (Ersatz des Restrisikos zwischen der Feststellung „**Keine Wirkungen bekannt**“ und der Aussage „**Schädigungsfrei**“) impliziert, die nicht erst durch das gänzliche und konsistente Erforschen aller Zusammenhänge, sondern bereits durch einen einzigen begründeten Zweifel falsifiziert wird.

Dazu kommt der Umstand, dass die Festlegung der gesetzlichen Grenzwerte auf lückenhafter Basis beruht (lediglich Berücksichtigung der thermischen Wirkungen, also integrierend energiebezogen, und nicht der dynamischen Wirkungen der niederfrequent gepulsten Hochfrequenz-Strahlung hinsichtlich biochemischer und neurologischer Effekte im lebenden Organismus), dass weder Langzeitwirkungen noch Vorsorgefaktoren einbezogen wurden, und dass damit die ganze Herleitung der Grenzwerte sachlich und logisch unkorrekt ist. Entsprechend ist die offizielle Schutzaussage „**hinsichtlich aller Wirkungen unbedenklich bei Einhaltung der Grenzwerte**“ wissenschaftlich falsch, und die Technik hätte so nicht eingeführt werden dürfen (man vergleiche damit einmal die obwaltende Vorsorge und tatkräftigen Handlungen im sicher auch nicht vollständig erforschten Gebiet BSE).

Der letztere Punkt begründet rechtlich gesehen auch bereits eine so genannte „**plausible Ursachenvermutung**“, bei der es keinesfalls erst der Vervollständigung eines ganzen Wissenskomplexes bedarf, sondern wo dann „**ganz normale Indizien**“ ausreichen, hier also zu einem technischen Anwendungsgebiet mit seinen „**Kollateralschäden**“. Vulgo: Eine nasse Wand in einem Bauwerk ist nass, auch wenn die Wege des Wassers dahin noch nicht vollständig erkundet sind.

Angesichts der vorliegenden Erkenntnisse und Indizien besteht auch weitgehend kein Forschungsbedarf mehr zu den auftretenden Schadenswirkungen, sondern nur ein Willensbedarf hinsichtlich der Tatsachen-Anerkennung der Schädlichkeit und der Heranziehung der Verantwortlichen – es ist dazu unter anderem zu verweisen auf den „**Freiburger Appel**“ und das kürzlich erschienene Buch von Graberger und Kotteder, „**Mobilfunk – ein Freilandversuch am Menschen**“.

Selbstverständlich besteht weiterhin bedeutender Forschungsbedarf zur Entwicklung schädigungsminimaler Technik, möglicherweise auch entsprechender Grenzwerte, und natürlich auch zum vorliegenden Thema der Elektrosensibilität. Dies darf jedoch nicht als Ausweichfeld für die gravierenden und drängenden Probleme des Mobilfunks herhalten mit der Auswirkung, dass es nun nochmals dauert (cui bono?), bis endlich der derzeit stattfindenden „**Genoläsion**“ Einhalt geboten wird. Diese bezahlen nicht nur Tiere und Menschen mit ihrer Unversehrtheit, sondern das bringt vielerorts Wertverluste und kostet steigende Anteile der Gesundheitsbudgets.

Unserer RWTH ist weiterhin zu wünschen, dass sie ihren hoch anerkannten wissenschaftlichen und praktischen Rang erhält und ausbauen kann; und dies steht ganz sicher über der Rücksicht auf wirtschaftliche Interessen Dritter. Wissenschaft und Technik sollen uns dienen, Maßstab ist das Leben.

A. H. Volger

Prof. Dr.-Ing. Alexander H. Volger ist Honorarprofessor der RWTH, von 1977 bis 2001 hatte er einen Lehrauftrag für „**Technik der Datenverarbeitung im Bauwesen**“. Er ist unter anderem seit 1987 öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Systeme und Anwendungen der Informationsverarbeitung, besonders im Gebiet Konstruktion, Fertigung und Bautechnik.

forum

Zum Leserbrief von Andreas Volger nehmen Jiri Silny, Wolfgang Dott und Gerhard Andreas Wiesmüller wie folgt Stellung:

In der Zuschrift wird die Meinung einer zahlenmäßig kleinen, aber sehr umtriebenen Gruppe in der Bevölkerung wiedergegeben, die der Überzeugung ist, die elektromagnetischen Felder des Alltags seien die Ursache für diverse gesundheitliche Beschwerden sowie erste Krankheiten (umgangssprachlich: „Elektrosmog“). Ständig mit manipulierten Informationen versorgt wird diese „Glaubensgemeinschaft“ von eigenen Predigern, die nur ausgewählte Berichte und Abhandlungen heranziehen und ausschließlich diese, eingefärbt und ergänzt um eigene Deutungen, für ihre – entsprechend einseitigen – Schlussfolgerungen benutzen.

So wird als Beweis für die Existenz des „Elektrosmogs“ pauschal auf mehrere Hundert Arbeiten verwiesen, ohne jedoch auch nur einige konkret zu nennen. Die mehreren Tausend vorliegenden Publikationen, die dagegen die behaupteten Effekte, zum Teil in Wiederholung der durchgeführten Versuche, nicht bestätigen konnten, werden einfach tot geschwiegen. Darüber hinaus findet weder eine notwendige physikalische und biologisch-medizinische Differenzierung der Literatur statt, noch werden die Publikationen nach einheitlichen Qualitätskriterien bewertet.

Anstelle wissenschaftlicher Beweisführung und Abwägung wird pauschal von „Genoläsion“ gesprochen, und so grundverschiedene Phänomene wie DNA-Strangbrüche, Öffnung der Blut-Hirn-Schranke, Blutplättchenverklumpung oder Melatonin-Blockade werden gemeinsam als belegte Wirkungen elektromagnetischer Felder präsentiert. Dem Autor ist offensichtlich nicht klar, mit welchen ungeheuren Begriffen er da polemisiert. Es ist außerdem absurd, ätiologisch und pathogenetisch, völlig unterschiedliche Erkrankungen wie Krebs, Infarkte, Fehl- beziehungsweise Totgeburten sowie diverse subjektive Befindlichkeitsstörungen auf eine einzige Ursache, nämlich die Felder des Mobilfunks, zurückzuführen. Obwohl der Verfasser der Zuschrift versucht, seinen Ausführungen einen sachkundigen Anstrich zu geben, ist seine Argumentation – milde ausgedrückt – unwissenschaftlich und tendenziös.

Die suggestive Erinnerung an historische Fälle von Pressionen, Dokumentenunterdrückung, Beweismanipulationen und Verleumdungen lässt die Frage aufkommen, in welcher Welt der Autor lebt. Es ist geradezu naiv, zu glauben, dass man heutzutage weltweit eine komplette wissenschaftliche Gemeinde beeinflussen oder gar „kaufen“ könnte. Der Informationsfluss ist so schnell und die Konkurrenz der Wissenschaftler so groß, dass jeder Fehltritt in die eine oder andere Richtung durch Überprüfungen binnen kürzester Zeit aufgedeckt würde. Viele zuvor bereits berichtete Effekte konnten auf diese Weise im Nachhinein auf unzulässige Versuchsplanung und -durchführung, Anwendung unangemessener oder rudimentärer Methoden – oder auch ganz schlicht auf Datenfälschung – zurück geführt werden.

Deshalb greifen wir bei der Beurteilung des aktuellen Kenntnisstandes grundsätzlich auf die umfangreich vorhandene weltweite wissenschaftliche Literatur zurück. Die Literatur wird nach physikalischen und medizinischen Kriterien in homogene Profile aufgeteilt und zusammenhängend und einheitlich bewertet. Die zugrunde liegende Literatur zu biologisch-medizinischen Untersuchungen, überwiegend aus „peer-reviewed“ wissenschaftlichen Zeitschriften, wird in der WissensBasierten LiteraturDatenBank (WBLDB) des femu (Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit, Aachen) aufbereitet und ist mit inzwischen über 6.200 Titeln jedem Interessierten kostenlos über das Internet (<http://www.femu.rwth-aachen.de>) zur Einsicht zugänglich.

In Kürze wird diese Literaturdatenbank um einen bereits erarbeiteten Zweig mit den Ergebnissen epidemiologischer Studien erweitert. Der laufende Ausbau der WBLDB in englischer Sprache, in der die allermeisten Publikationen verfasst sind, wird ab etwa Mitte Mai 2003 um ein Informationssystem in deutscher Sprache (<http://www.emf-portal.de>) ergänzt. Hier können auch Nichtfachleute, unterstützt von einem Erklärungswörterbuch und weiteren Erläuterungs- und Suchhilfen, auf sämtliche Inhalte der WBLDB zurückgreifen und sich selbst uneingeschränkt und objektiv über den jüngsten Wissenstand bezüglich der Wirkungen elektromagnetischer Felder auf den Organismus informieren.

Selbstverständlich hat jeder Mann das Recht, seine persönliche Meinung über den so genannten „Elektrosmog“ zu äußern, auch wenn er nicht als ausgewiesener Fachwissenschaftler gilt. Schließlich können nur auf diesem Wege Defizite im Wissen (und eventuelle damit verbundene Ängste in der Gesellschaft) erkannt und durch zugeschnittene Forschung und geeignete Kommunikation beseitigt werden. Es ist aber unzulässig, dass wie in diesem Fall derart pseudowissenschaftliche Meinungen unter dem Mantel des Hochschullehrers verbreitet werden. Dies würde dem Ruf der RWTH Aachen nachhaltig schaden. ●

J. Silny, W. Dott,
G. A. Wiesmüller

Prof. Dr.-Ing. habil. med. Jiri Silny ist Leiter des Forschungszentrums für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu). Univ.-Prof. Dr. rer.nat. Wolfgang Dott ist Direktor des Instituts für Umweltmedizin und Dekan der Medizinischen Fakultät. PD Dr. med. Gerhard Andreas Wiesmüller ist Leiter der Umweltmedizinischen Ambulanz (UMA) des Universitätsklinikums.

*Thermisches Spritzen einer
Hochtemperatur-Oxidations-
schuttschicht. Der Kopf des
Brenners wird justiert.*

Foto: Peter Winandy



Bremsen muss gelernt sein. Von klein auf...



So sind wir groß geworden. Denn mehr als 100 Jahre Forschung sind für uns nicht Vergangenheit, sondern der Weg für die Innovationen der Zukunft. Mit über 3.000 Mitarbeitern in Deutschland und mehr als 500 Millionen Euro Umsatz weltweit ist WABCO heute führender Anbieter von Brems- und Steuersystemen in Nutzfahrzeugen.

WABCO-Produkte leisten bei allen bedeutenden Nutzfahrzeugherstellern einen entscheidenden Beitrag zu mehr Sicherheit und Wirtschaftlichkeit auf der Straße. Zu unserer Produktpalette zählt das ABS genauso wie dessen Weiterentwicklung, das elektronische Bremssystem EBS, und eine Vielzahl von Komponenten und Steuerungssystemen.

Dieser sehr hohe Grad von innovativer Forschung, Entwicklung und Produktion – speziell auf dem Gebiet der Mikroelektronik sowie in den Bereichen Systemtechnik, Mechatronik und angewandte Regelungstechnik – braucht ständig junge, engagierte, kreative Köpfe mit interdisziplinärem Know-how, die sich bzw. ihre Ideen verwirklichen wollen, um die Welt ein Stück sicherer zu machen.

WABCO

WABCO

Personaldienste
Am Lindener Hafen 21 · 30453 Hannover
Telefon (05 11) 9 22-18 17 oder -18 75
www.wabco.de

Für diese verantwortungsvollen Aufgaben haben wir Einsatzgebiete z. B. in den Teams:

Konstruktion, Versuch, CAD-Betreuung (Pro/E), System-, Software- und Hardware-entwicklung, Einkauf, Patente- und Schutzrechte, Vertrieb und Produktion.

Haben Sie Lust auf Teamarbeit, Teamgeist, Gestaltungsfreiheit, eigenverantwortliches Arbeiten, auf berufliche und persönliche Entwicklungschancen? Reizen Sie flache Hierarchien, finanzielle und soziale Leistungen eines internationalen Unternehmens?

Helfen Sie mit, die Straßen der Welt ein Stück sicherer zu machen. Wir brauchen Sie als:

- **Diplomingenieure Maschinenbau**
- **Diplomingenieure Elektrotechnik**
- **Diplomingenieure Mechatronik**
- **Diplom-Wirtschaftsingenieure**

Fühlen Sie sich angesprochen? Schreiben Sie uns, rufen Sie uns an. Wir freuen uns, interessierte Damen und Herren kennen zu lernen.



SCHWER- PUNKTE UND TRENDS IN DER WERKSTOFF- TECHNIK

