

Inhalt

Forschung 2000	4
Zukunft mit Wissenschaft	5
Forschung für die Menschen – Zukunft für den Wirtschaftsstandort	6
Die Rolle der Forschung für die Entwicklung der TUHH	10
10 Strategische Forschungsfelder	15
Information als Wirtschaftsgut	16
Unternehmensorganisation	18
Produktions- und Prozessintegrierter Umweltschutz	22
Nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen	24
Neue Energiesysteme und Energiemanagement	28
Nachhaltige Stadtstrukturen	32
Transport- und Verkehrssysteme	36
Neue Kommunikationstechniken	40
Materialien und Mikrosysteme mit neuen Funktionen	42
Biotechnologie und Medizintechnologie	46
TUHH-Technologie GmbH	50
Existenzgründungsförderung	52
Gründer und Gründerrat	53
Mikroelektronikanwendungszentrum	55
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht	56
Luftfahrtforschung	58
Zentrum für Biomechanik	60
Sonderforschungsbereiche	62
Forschergruppe	66
Graduiertenkollegs	68
Anschriften und Autoren / Impressum	70

Forschung 2000



Die Technische Universität Hamburg-Harburg ist als Forschungsuniversität gegründet worden. Diesen Charakter hat sie sich bis heute bewahrt. Den Gründungsprinzipien Forschungspriorität sowie Interdisziplinarität, Regionalität, Innovation und Internationalität folgend hat die TUHH sich eine innovative, von der üblichen Gliederung einer Universität abweichende Struktur gegeben: die Matrixstruktur.

Forschung und Lehre sind strukturell – nicht personell – entkoppelt. Forschung findet in den sechs Forschungsschwerpunkten statt. Die in einem Forschungsschwerpunkt integrierten wissenschaftlichen Arbeitsbereiche als kleinste Einheiten der TUHH arbeiten hier interdisziplinär zusammen und bieten die Lehrkapazitäten ihrer Professorinnen und Professoren in den Studiendekanaten der TUHH an.

1980 sind die ersten Professoren an der TUHH angetreten, Forschung und Entwicklung zur Erhaltung und Schaffung technologisch hochwertiger Arbeitsplätze in zukunftsweisenden Feldern und Branchen zu betreiben. Die Stärkung der wissenschaftlichen Kompetenz in der Region war das Ziel. Rückblickend auf 20 Jahre Forschung an der TUHH kann festgestellt werden, dass die Ziele erreicht worden sind. Bisher sind drei Sonderforschungsbereiche, zwei Forschergruppen sowie zwei Graduiertenkollegs der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingeworben worden. Diese Beispiele zeigen die Verankerung der TUHH in der Grundlagenforschung als ihr erstes Standbein.

Anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung sind das andere Standbein der TUHH. Zahlreiche Projekte z.B. mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, Industrie, Stiftungen zeigen die erfolgreiche Kooperation mit Industrie und Wirtschaft sowie Institutionen aus dem öffentlichen Bereich. Hinzu kommt effektiver Technologietransfer über „Köpfe“ und die Gründung technologieorientierter Firmen.

Die TUHH will diese hervorragende Ausgangsposition nutzen, um auch in den kommenden Jahren ihre Aufgaben zielgerecht erfüllen zu können. Zu diesem Zweck hat sie zehn strategische Forschungsfelder definiert. Sie beschreiben den interdisziplinären Rahmen, in dem sich die Forschung an der TUHH thematisch entwickeln soll.

Mit diesem *SPEKTRUM special* werden zwei Ziele verfolgt: der kompakte Rückblick und der umfassende Blick nach vorn. Die Perspektiven der TUHH sind glänzend. Ich möchte unterstreichen, dass die TUHH sich als innovative, nach vorn gerichtete Hochschule versteht, die Prioritäten setzt auf die Entwicklung zukunftsweisender Forschungsfelder und den Auf- und Ausbau von Technologietransfer und Netzwerken.

Prof. Dr.-Ing. Christian Nedeß
Präsident der TUHH



Zukunft mit Wissenschaft

Die Idee, die Forschung an der TUHH in einem *SPEKTRUM special* darzustellen, entstammt zwei unterschiedlichen Handlungsansätzen. Zum einen gilt es, 20 Jahre Forschung und Entwicklung an der Technischen Universität Hamburg zu würdigen. 1980 wurde mit der Berufung der ersten Professoren der Forschungsbetrieb aufgenommen. Dies wäre für sich schon ein Grund, einmal Bilanz zu ziehen.

Eine rückwärts gerichtete Betrachtungsweise erschien der TUHH als junger und dynamischer Technische Universität jedoch sehr statisch, so dass die Idee geboren wurde, die Entwicklung der Forschung eher zukunftsorientiert darzustellen. Eine Verknüpfung mit den von der TUHH im Dezember 1999 beschlossenen und definierten zehn strategischen Forschungsfeldern war zielführend. Diese Forschungsfelder sind als strategische Orientierung zu verstehen, die es erlauben, auch künftig neue Entwicklungen und Ideen in grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung aufzugreifen.

Die Erarbeitung dieser Forschungsfelder wurde ausgelöst durch das Ziel, Forschung und Entwicklung an der TUHH – auch vor dem Hintergrund des bevorstehenden Generationswechsels in der Professorenschaft – neu zu positionieren. Zusammen mit den Forschungsschwerpunkten der TUHH hat eine Strategiekommission in mehreren Diskussionsrunden die notwendige Arbeit geleistet. Ergebnis sind die zehn strategischen Forschungsfelder, die das Rückgrat dieser Broschüre bilden. Jedes dieser strategischen Forschungsfelder wird in einem Grundsatzartikel knapp umschrieben.

Forschungskooperationen mit wichtigen externen Partnern, Zusammenschlüsse von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Sonderforschungsbereichen, Forschergruppen und Graduiertenkollegs sowie Zentren ergänzen die Darstellung ebenso wie die Beschreibung der Aktivitäten der TUHH im Bereich Technologietransfer und Unternehmensgründungen.

Die genannten Kooperationen stellen jedoch nur einen Ausschnitt der Forschungszusammenarbeit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der TUHH dar. Die notwendige Fokussierung in diesem *SPEKTRUM special* hat es nicht erlaubt, interne Forschungs- und Entwicklungsverbände in Gänze vorzustellen. In der TUHH gibt es Kompetenzzentren, in denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf einem bestimmten Fachgebiet zusammenarbeiten. Beispielsweise ist im „Europäischen Zentrum für Transport und Logistik (ECTL)“ die Expertise der TUHH im Bereich Verkehr und Logistik gebündelt. Im „environmental technology center (etc)“ haben sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der TUHH sowie der GKSS zusammengeschlossen, um neue Beiträge zur Lösung umwelttechnischer Fragestellungen zu liefern. Im Bereich Biotechnologie hat sich die Forschungsgruppe „Technische Mikrobiologie und Mikrosystemtechnik (TMM)“ gebildet. Vorbereitet wird zur Zeit ein „Centrum für Maritime Technologien (CMT)“, in dem die schiffs- und meerestechnischen Ressourcen der TUHH gebündelt werden.

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl weiterer Forschungskooperationen mit Industrie, Wirtschaft und Gesellschaft. Eine Gesamtdarstellung dieser Projekte mit Kooperationspartnern und Ergebnissen würde den Rahmen dieses Heftes sprengen. Hier kann auf den Forschungsbericht der TUHH verwiesen werden, der eine Reihe von Detailinformationen bereitstellt und Wegweiser ist für alle an Forschung und Forschungskooperationen Interessierten.

Dieses Heft stellt zukunftsbezogen die Aktivitäten der TUHH dar. Neben der Funktion als Beschreibung der eigenen Handlungsleitlinien soll es ferner Interesse und Neugier an ingenieurwissenschaftlichen und technologischen Fragestellungen wecken. Potentielle Kooperationspartner möchten wir hiermit ermutigen, eine Zusammenarbeit mit der TUHH anzustreben. Schließlich sind die Wirkungen der TUHH auf die Metropolregion – auf die Wirtschaft und die Gesellschaft – besonders hervorzuheben; auch hier bietet die Broschüre Ansatzpunkte für die Ausweitung des regen Dialogs.

Nicht zuletzt sollen auch junge Menschen für die faszinierenden Aufgaben und technologischen Herausforderungen der technischen Wissenschaften begeistert werden. Denn eins ist klar: technische Innovationen als Ergebnis exzellenter Forschung müssen weiterhin stattfinden in Kooperation zwischen Industrie und Wissenschaft. Und hierzu bedarf es hervorragender und für technische Fragestellungen begeisterungsfähiger Köpfe.

Die TUHH steht allen Interessierten offen; sprechen Sie mit uns, besuchen Sie uns in Hamburg-Harburg.

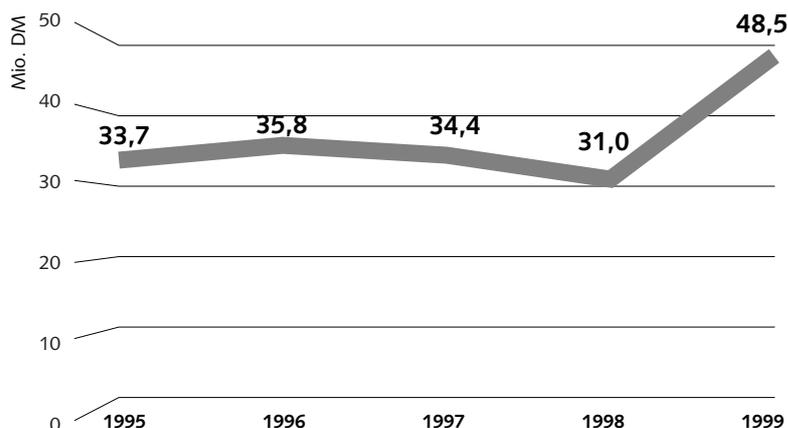
Prof. Dr.-Ing. Joachim Werther,
Vizepräsident Forschung

Forschung für die Menschen – Zukunft für den Wirtschaftsstandort

Hochschulen fällt im Zeitalter der Globalisierung von Märkten eine besondere Rolle zu, denn Wirtschaftsstandorte wie Hamburg, das sich traditionell als Tor zur Welt versteht, sind – mehr noch als der Standort Deutschland – auf die intelligente Nutzung des Rohstoffs „Geist“ als entscheidenden Produktionsfaktor angewiesen. Wissenschaftliche Forschung und Entwicklung und zukunftssträchtige Lehrprogramme sind entscheidende Größen für Innovation.

Investitionen in Wissenschaft und Forschung sind Investitionen in die Zukunft. Vom nachwachsenden Rohstoff „Geist“ hängt künftig in zunehmenden Maße wirtschaftliches Wachstum ab: von der ständigen Erneuerung des Wissens und von der Entwicklung neuer Produkte, Verfahren und Technologien. Die Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH) ist diesen Zielen verpflichtet und erforscht und entwickelt gemäß ihrem Auftrag Technik für die Menschen.

An der TUHH, die vom Land Hamburg ein Globalbudget für ihre Aufgaben in Forschung und Lehre in Höhe von 104 Mio. DM im Jahr 2000 erhält, fließen ca. 60% in die Forschung. In den Forschungsschwerpunkten der TUHH wird dieses eingesetzte Kapital in Forschungsprojekten veredelt. Die Anfertigung von mehr als 70 Promotionsarbeiten pro Jahr stellt ein Ergebnis der Forschungsaktivitäten der Wissenschaftler dar. Den erfolgreichen Einsatz der Forschungsmittel belegen vor allem auch die von Dritten bewilligten zusätzlichen finanziellen Ressourcen für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Im Verlauf der vergangenen Jahre konnte diese Ziffer kontinuierlich gesteigert werden auf 48 Mio. DM im Jahr 1999 (vgl. Abb.1). Die Herkunft dieser Drittmittel zeigt Abb.2. Im Bereich der grundlagenorientierten Forschung ist die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) der herausragende Mittelgeber mit nahezu 15 Mio. DM im Jahre 1999. Diese Zahl ist ein Indikator für die Qualität und die Wettbewerbsfähigkeit der Forschung der TUHH und zeigt die Ver-



ankerung im Bereich der Grundlagenforschung. Bei der anwendungsorientierten Forschung, die in der Regel mit Unternehmen aus Industrie und Wirtschaft durchgeführt wird, sticht insbesondere das Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft (BMBF) hervor. Vom BMBF und anderen Bundesministerien konnten 1999 mehr als 18 Mio. DM eingeworben werden; aus Forschungsprojekten mit der Industrie und Wirtschaft entstammen ca. 9 Mio. DM. Eine zur Zeit vergleichsweise noch bescheidene, aber künftig immer mehr an Bedeutung gewinnende Rolle spielt die Forschungsförderung durch die Europäische Union, von der im Jahr 1999 2 Mio. DM bewilligt worden sind.

Die Forschung an der TUHH hat sich einen Spitzenplatz im Vergleich mit anderen Technischen Universitäten erworben. Nach einer Untersuchung der DFG belegt die TUHH bei den Drittmittelbewilligungen pro Wissenschaftlerstelle einen ausgezeichneten 4. Platz. In einem im Frühjahr publizierten Studienführer schneidet z.B. die Elektrotechnik in der Forschung überdurchschnittlich ab (start, Der Studienführer von stern und CHE, 1/2000).

Wissenschaft und Forschung prägen die Innovationskraft einer Region und bestimmen die Stellung im immer schärfer werdenden internationalen Innovations-, Technologie- und Effizienzwettbewerb.

Wenn gefragt wird, wo die technologische Zukunft Hamburgs liegt, kommt der Technischen Universität Hamburg-Harburg eine besondere Rolle zu. Die Technische Universität Hamburg-Harburg als eine junge und moderne Hochschule, hat ausdrücklich den Auftrag, zur technologischen Entwicklung in der Region Norddeutschland beizutragen. Dass sie dieses erfolgreich umsetzt, zeigen die in jüngster Zeit in der Nähe der Technischen Universität in Harburg entstandenen und technologiegetriebenen Großprojekte wie HafenCampus Harburg und Channel Harburg. In enger Nachbarschaft entwickelt sich ein neuer und moderner Technologiestandort im Süden Hamburgs.

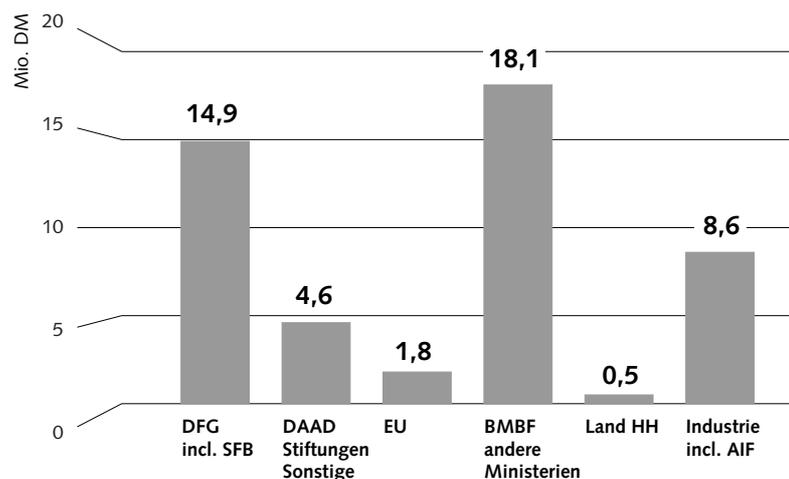


Abb.1 (links)
Drittmittelbewilligungen an der TUHH
und TUHH Technologie GmbH

Abb.2 (rechts)
Drittmittel der TUHH
nach Geldgebern (1999)

Um die Innovationskraft und -fähigkeit zu erhalten, ist es jedoch notwendig, die Forschung nicht ausschließlich auf die Produktion rasch anwendbaren Verfügungswissens auszurichten. Vielmehr muss Zukunftsfähigkeit auch darauf ausgerichtet sein, ein produktives Nebeneinander von anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung und erkenntnisorientierter Grundlagenforschung zu fördern. Um den Herausforderungen der Zukunft zu begegnen, hat die TUHH zehn strategische Forschungsfelder definiert:

- Information als Wirtschaftsgut
- Unternehmensorganisation
- Produktions- und prozessintegrierter Umweltschutz
- Nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen
- Neue Energiesysteme und Energiemanagement
- Nachhaltige Stadtstrukturen
- Transport- und Verkehrssysteme
- Neue Kommunikationstechniken
- Materialien und Mikrosysteme mit neuen Funktionen
- Biotechnologie und Medizintechnologie.

Die zehn Forschungsfelder beschreiben den interdisziplinären Rahmen, in dem sich die Forschung an der TUHH thematisch entwickeln soll. Dieser Rahmen soll als strategische Orientierung verstanden werden, die es erlaubt, auch künftig neue Entwicklungen und Ideen aufzugreifen. Die TUHH ist ferner der Auffassung, dass die an der TUHH praktizierte Technologiebewertung und -gestaltung eine wichtige Querschnittsaufgabe ist, um die eigenen Leistungen zu reflektieren.

Das Forschungsfeld Information als Wirtschaftsgut zum Beispiel trägt der Tatsache Rechnung, dass die Beherrschung von Information mehr und mehr das Wirtschaftsleben der postindustriellen Gesellschaft bestimmt. Entwicklung und Betrieb von innovativen multimedialen Informationsdienstleistungen setzen systemtechnische Lösungen voraus, die über die traditionelle Netzwerk-, Datenbank- und Softwaretechnik entschieden hinausgehen. Gefordert werden die dynamische Bereitstellung, der effiziente Zugriff sowie die flexible und kooperative Nutzung einer breiten Palette von Ressourcen im Netz (Informationen, Prozesse, Geräte etc.) unter Wahrung hoher Qualitätsanforderungen an Ausfallsicherheit, Konsistenz, Authentizität und Vertraulichkeit.

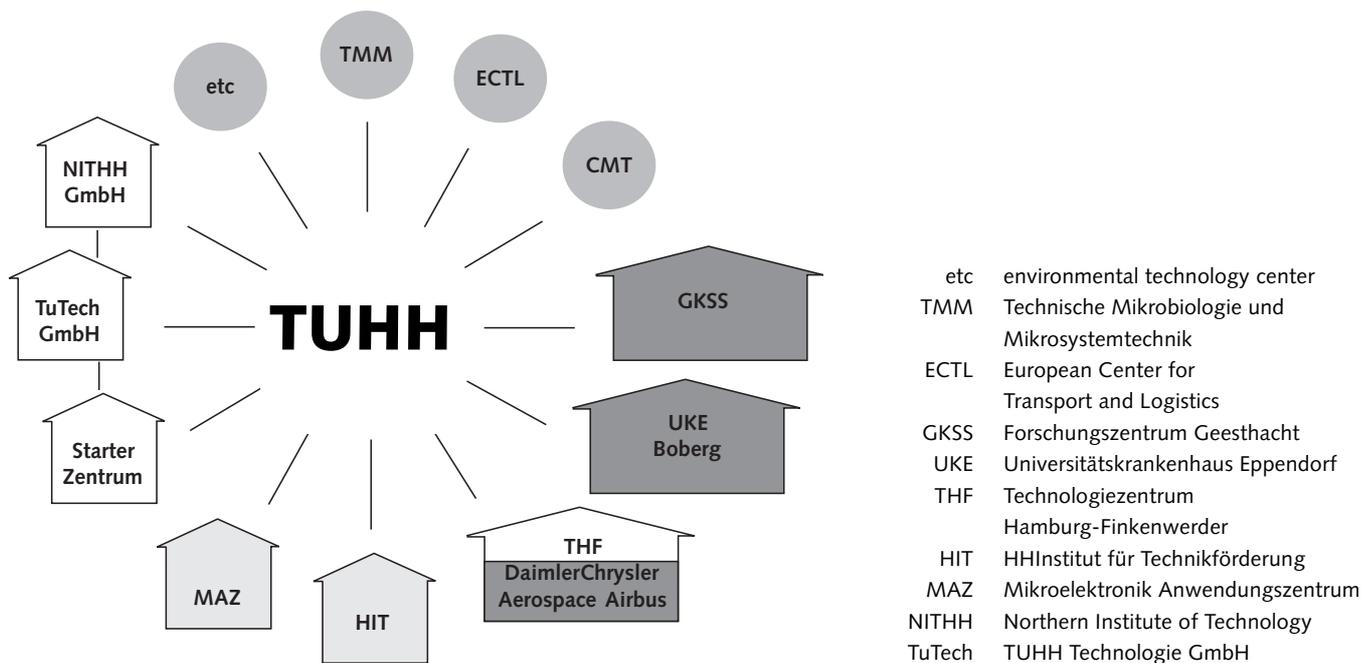


Abb. 3
Entwicklung des
Hamburger Netzwerks
der TUHH

In dieses strategische Forschungsfeld wird gerade eine Stiftungsprofessur mit der Widmung „Sicherheit in technischen Anwendungen“ eingepasst, die sich in der Forschung mit sicheren Netzen befassen wird. Ein anderes Forschungsfeld ist z.B. Biotechnologie und Medizintechnologie, in dem neue Ansätze und Konzepte im Bereich Life Science zusammengefaßt sind.

Forschungsergebnisse müssen transferiert werden, wenn diese vor dem Hintergrund einer sich öffnenden Welt, der zunehmenden Globalisierung der Märkte und der Internationalisierung des Wettbewerbs Wirtschaft und Gesellschaft zum Vorteil gereichen sollen. Dies geschieht am besten über Köpfe; denn Menschen sind die entscheidenden Produktivkräfte der Unternehmen und zugleich ihr größtes Innovationspotenzial.

Für Unternehmen ist es angesichts kurzer Produktzyklen und komplexer Systeme zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit neben dem Zugang zu „human capital“ zunehmend wichtiger, die Kooperationen mit Hochschulen und anderen externen Technologiequellen zu pflegen und zu intensivieren. Die Einrichtung effizienter Technologietransfer-Netzwerke mit nationalen und internationalen Partnern ist wesentlicher Teil einer neuen Innovationskultur in Hamburg. Mit ihrem

Potenzial an wissenschaftlichem Know-how hat die TUHH eine hohe Verantwortung für den Wirtschaftsstandort und seine künftige wirtschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Entwicklung.

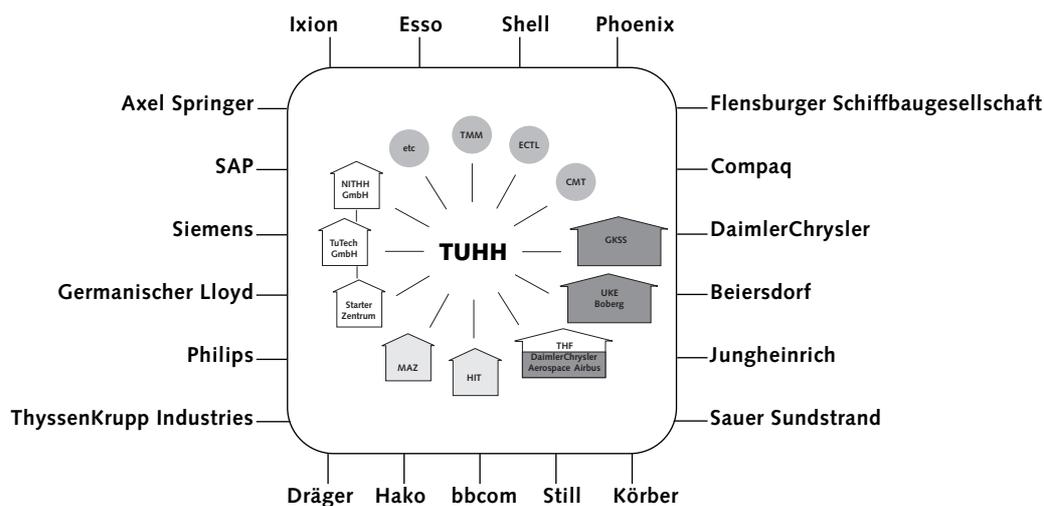
Zur besseren Kooperation und Vernetzung mit ihren Partnern hat die TUHH ihre Ressourcen und ihr Know-how im Bereich der Forschung in Zentren gebündelt. Abb. 3 und 4 zeigen das Kooperationsnetz der TUHH und einen Ausschnitt kooperierender Firmen aus allen wichtigen Wirtschaftsbranchen. Beispielfähig ist die Kooperation im Bereich der Luftfahrtforschung im Technologiezentrum Hamburg-Finkenwerder mit der DaimlerChrysler Aerospace Airbus GmbH. In der Luftfahrtforschung werden z.B. klimatische Probleme und Komponenten der Flugzeugsysteme untersucht. Die Kooperation mit der maritimen Industrie dient u.a. der Entwicklung effizienter Schiffskonstruktionen und Fertigungsverfahren sowie zur Verminderung von Schadstoffemissionen im Schiffsbetrieb. Kooperationen mit dem GKSS-Forschungszentrum Geesthacht und dem Mikroelektronikanwendungszentrum MAZ sind weitere Beispiele erfolgreicher Kooperationen in der Forschung mit anderen Forschungseinrichtungen.

Mit der Tochterfirma „TUHH-Technologie GmbH“ betreibt die TUHH ein sehr

erfolgreiches Instrument, um die Ergebnisse aus den vielen Forschungs- und Entwicklungsprojekten effizient und effektiv zu transferieren. Ein wichtiger Baustein dabei ist die Gründung junger Firmen. Mit dem von der TUHH eingerichteten Gründerrat werden Instrumentarien zur Verfügung gestellt, die jungen Ingenieurinnen und Ingenieuren bei der Durchführung ihres Gründungsvorhabens effizient unterstützen. Allein im Jahre 1999 konnten elf Firmen gegründet werden.

Über die TUHH-Technologie GmbH wird auch die Projektzusammenarbeit im Bereich F&E mit kleinen und mittleren Unternehmen organisiert. Die wissenschaftlichen Arbeitsbereiche der TUHH mit ihren Forschungs- und Entwicklungspotenzialen und ihrem fachspezifischen Know-how stehen der regionalen Wirtschaft für innovative Problemlösungen und neue Systemkonzepte zur Verfügung. Bestimmendes Merkmal der TUHH-Technologie GmbH ist, dass sie direkt auf die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler – den Quellen des Wissens – in der Technischen Universität Hamburg-Harburg zugehen kann.

Um die erworbene Stellung im Bereich Forschung, Entwicklung und Technologietransfer zu erhalten, ist das Ziel klar: neue und innovative Forschungsfelder



sind nur über herausragende „Köpfe“ zu erschließen. Gespiegelt an den zehn strategischen Forschungsfeldern wird es Hauptaufgabe sein, kreative Persönlichkeiten aus Industrie und Wirtschaft zu gewinnen, die Garanten sind für die Fortsetzung der Erfolgsgeschichte TUHH. Exzellente Forschung hat wiederum entscheidenden Einfluß auf die Qualität der Ausbildung.

Darüber hinaus ist es wichtig, sich den künftigen Herausforderungen im Markt der Forschungsförderung zu stellen. Abgesehen von der DFG – die allerdings eine ausreichende Grundausstattung voraussetzt – gehen viele Forschungsförderer dazu über, Forschungsvorhaben zu bewilligen und zu finanzieren, wenn eine Eigenbeteiligung (50 %) erbracht wird. Diesen Zeitgeist aufnehmend ist sicherzustellen, dass der für Technische Universitäten zur Erfüllung ihrer Aufgaben unbedingt notwendige Zugang zu anwendungsorientierten Forschungsprogrammen und -mitteln offen bleibt. Denn nur die Verbindung von anwendungsorientierter Forschung und ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung kann die kompetenten Ingenieurinnen und Ingenieure erbringen, nach denen der Markt verlangt. Sie sind Träger neuer Ideen, neuer Ansätze und tragen wesentlich zur Innovationsfähigkeit von Industrie und Wirtschaft

bei. Anwendungsorientierte Forschung ist ferner einer der Schlüssel, um den immer geforderten personellen und kreativen Austausch zwischen Hochschule und Wirtschaft zu ermöglichen.

Die TUHH wird gemäß ihrem Gründungsauftrag ihre Forschungsstrukturen und -ressourcen – gemessen an den Maßstäben Qualität und Originalität – konsequent zukunftsorientiert ausrichten, um auch weiterhin als Technische Universität eine führende Rolle innehaben zu können in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Technik für die Menschen zu erforschen und zu entwickeln ist das eine; die Umsetzung der Ergebnisse in Innovationen das andere. Die TUHH versteht sich als Motor der Innovation.

(Johannes Harpenau)

Abb. 4
Industrielles Netzwerk der TUHH
(Auswahl)

Die Rolle der Forschung für die Entwicklung der TUHH

Zweifelsohne ist die Geschichte der TUHH eine Erfolgsstory ohne Beispiel; zumindest kenne ich keine Universitätsgründung in der Bundesrepublik, die so schnell und so erfolgreich auf allen Ebenen Tritt gefasst hat wie die TUHH.

Grundlage und Motor dieser Entwicklung waren vorrangig die Leistungen in der Forschung, die von Beginn an Aushängeschild und Markenzeichen der jungen TUHH gewesen, die dies bis heute geliebt und die mit Recht der Stolz der TUHH sind. Aber man sollte nicht übersehen: Ingenieurwissenschaften stehen in der Kaufmannsstadt Hamburg nach wie vor nicht im höchsten Ansehen. Die TUHH wird einen langen Atem brauchen, um eine nachhaltige Änderung zu bewirken. In diesem Punkt scheint das allgemein beklagte Süd-Nord-Gefälle Tradition zu haben, denn bereits im Jahre 1928 hat Max Brauer, Oberbürgermeister des damals preußischen Altona, in seiner Denkschrift „Die Technische Hochschule an der Niederelbe“ hervorgehoben, daß es damals südlich des Mains fast dreimal so viele Ingenieur-Studienplätze gab wie in Norddeutschland. Vermutlich hat diese Relation bis heute Bestand, ebenso wie die wesentlichen Inhalte der Denkschrift unverändert aktuell geblieben sind. Sie endet mit dem Satz: „Ein starkes Mittel, um den von Preußen in seinem Niederelbegebiet begonnenen Aufbau entscheidend weiter zu fördern, sehen wir darin, daß Preußen hier ein geistiges Zentrum hohen Ranges entstehen läßt: eine nach neuesten Erfahrungen und bewährten Grundsätzen zu erbauende und zu führende Technische Hochschule in Altona.“

Bekanntlich schießen die Preußen nicht sehr schnell, und überhaupt scheinen die zuständigen Politiker von der Idee einer neuen TH nicht besonders erbaut gewesen zu sein. Die Preußen ebensowenig wie die Hamburger, denn selbst als Max Brauer nach dem Zweiten Weltkrieg Erster Bürgermeister in (Groß) Hamburg war, ist von einer TU an der Niederelbe nicht mehr die Rede gewesen. Es waren vorwiegend Wissenschaftler der Universität Hamburg, die in den 70er Jahren den Anstoß zur Gründung einer TU gegeben haben. Vor allem wir in Harburg müssen ihnen hoch anrechnen, dass sie die Weitsicht und den Schneid besessen haben, sich für eine neue Technische Universität stark zu machen, denn schließlich musste diese unausweichlich in eine Konkurrenzsituation zu den anderen Hamburger Hochschulen, im besonderen Maße zur Universität Hamburg, geraten, wie wir sie ja seit Jahren erleben. Ich möchte hier nicht darüber urteilen, zu wessen Vor- und Nachteil sich diese Konkurrenz ausgewirkt hat, aber eines steht für mich fest, ohne die TUHH wäre die Hochschullandschaft Hamburgs um ein ganz wesentliches Element ärmer, und ohne sie stünde heute keine Hamburger Hochschule besser da, weder finanziell noch sonst irgendwie (vielmehr wäre aller Wahrscheinlichkeit nach der Hamburger Wissenschaftsetat lediglich um das Budget der TUHH kleiner).

Bevor der Erste Bürgermeister Hans-Ulrich Klose 1978 das Errichtungsgesetz für die TUHH vor die Bürgerschaft bringen konnte, waren ausführliche Erhebungen und Gutachten über anzustrebende Kapazität, Struktur, Forschungsprofil und Studiengänge vorausgegangen. Ein wesentliches Ergebnis dieser Vorstudien ist in der nachstehenden Matrix zusammengefasst, die aus dem Zusatzbericht zur Vorbereitung der Fächergrobstruktur von Hochschuleinrichtungen in Hamburg-Harburg (1976) Bürgerschafts-Drucksache 8/2745, entnommen ist.

Man muss heute feststellen, dass daraus ein hervorragendes Gründungskonzept entstanden ist, das den erfolgreichen Start möglich gemacht hat. Allerdings starten musste die TUHH dann selbst und dass es ein Blitzstart wurde, lag vor allem an dem Elan und der Begeisterung nicht nur der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, sondern aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Was waren die wesentlichen Ingredienzien dieses Konzepts?

Ich möchte hier zwei Aspekte besonders hervorheben, weil sie gerade für das Anfangsstadium eine essentielle Bedeutung bekommen haben.

Der erste Aspekt ist die offene Struktur der Hochschule, in der der Begriff Fakultät bzw. Fachbereich nicht auftaucht und die sich an der Matrix orientiert. Jede Wissenschaftlerin und jeder Wissenschaftler ist einem Forschungsschwerpunkt (FSP) zugeordnet, geleitet von FSP-Sprecher und FSP-Rat, und einem Studiendekanat (SD), geleitet von Studiendekan und dem SD-Rat. Dadurch entsteht für jeden die Notwendigkeit, sich auf verschiedenen Ebenen mit verschiedenen Personengruppen zu arrangieren. Man weiss voneinander. Dadurch wird die Identifikation jedes einzelnen mit der TUHH insgesamt gefördert.

Mit dem zweiten Aspekt, einem planerischen, ist die zeitliche Staffelung der einzelnen Stufen der Gründungsphase gemeint, der Aufbau von oben nach unten, beginnend mit dem vertikalen Ast der Matrix, den Forschungsschwerpunk-



Abb.1
Matrixstruktur
von 1976

ten. In einem zweiten Schritt kam der horizontale Ast, die Lehre, hinzu. Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Doktorandinnen und Doktoranden gehörten bereits zur Gründungsmannschaft; z.T. traten sie den Dienst schon vor ihren Professoren an. Damit verfügte die TUHH von Beginn an über das kreative Potenzial des Nachwuchses, das die Forschung an den Universitäten auszeichnet gegenüber anderen Forschungseinrichtungen: Junge, engagierte Leute, die für konkrete Projekte für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung stehen. Diese personelle Ressource war ein Segen für die junge TUHH, ihr verdankt sie zu einem erheblichen Teil ihren kometenhaften Aufstieg. Es waren bereits mehr als eine Doktorandengeneration durch die TUHH gegangen, bevor die ersten Studierenden kamen.

Ich möchte im Folgenden einige weitere Gesichtspunkte aufführen, weshalb es sich so segensreich auswirkte, dass mit dem Aufbau der Forschung begonnen wurde. Zum ersten wurde dadurch eine besondere Möglichkeit geschaffen, gute, gestandene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu gewinnen, der mit Abstand wichtigste Gesichtspunkt überhaupt. Die Berufungsverfahren konnten ohne die Zwänge der Kapazitätsverordnung (KapVO) und ohne Rücksicht auf Curricular-Normwerte, Lehrdeputate und Studienpläne abgewickelt und mehr auf die zur Disposition stehenden Personen ausgerichtet werden, ein Prinzip, das seit langem bei der Max-Planck-Gesellschaft erfolgreich angewandt wird und sich auch beim Start der TUHH sehr bewährt hat. Die Forschungsaktivitäten bilden die Basis für die Bewertung und das Renommee einer jeden Universität. Sie sind im übrigen auch ein wichtiger Gradmesser für die Qualität der Ausbildung, denn gute Lehre speist sich aus guter Forschung, was für die Graduiertenausbildung offenkundig ist, aber für die universitären Curricula genauso zutrifft. Die TUHH hat gut daran getan, sich zuerst auf die Etablierung der Forschung zu konzentrieren, mit der wichtigen Konsequenz, dass in kürzester Zeit eine leistungsfähige Gründungsmannschaft rekrutiert werden konnte.

Erfahrungsgemäß bilden provisorische Verhältnisse einen guten Nährboden für schöpferische Arbeit, und in dem Punkt hatte die TUHH vom Start weg Hervorra-

gendes zu bieten. Viele werden sich erinnern an die Umstände in der frisch hergerichteten Geburtsstätte der TUHH in der Schloßstraße 20, wo der Aufzug nur für Personen- und Aktentransport zugelassen war, wo die zulässigen Bodenlasten nicht einmal für die Aufstellung einer normalen Prüfmaschine ausreichten, wo es zunächst überhaupt keine hinreichende Entlüftung gab und dementsprechend Chemikalien nur in homöopathischen Portionen gelagert werden durften, wo viele Durchgänge und Türöffnungen schon für mittlere Gerätschaften zu eng waren, so dass der Großteil des Inventars bis in den 4. Stock hinein mit Lastkränen durch die Fensteröffnungen gehievt werden musste, natürlich nach dem Ausbau der Fensterrahmen. Das war praktisches Ingenieurwesen vom ersten Tage an. Dieses Szenario wurde neugierig verfolgt und respektlos kommentiert von einer stattlichen Taubenschar, die sich in ihrem angestammten Wohnrecht bedrängt fühlte. Viele von uns werden sich auch erinnern an die weltwunderverdächtigen hängenden Labors in der Halle des Technikums, eine Attraktion bei jeder Besichtigung. Nach wenigen Jahren hielt die TUHH im Harburger Stadtgebiet, im Binnenhafen auf der Peute und sogar an der Elbchaussee etwa 20 weitere Standorte gemischten baulichen Standards besetzt, in leerstehenden Schulen, alten Fabrikgebäuden und einer Kavalleriekaserne. Unter diesen Umständen wäre die Öffnung der TUHH für eine kapazitätsgerechte Studentenzahl nicht denkbar

gewesen, vielmehr wäre dann ihr Weiterausbau vermutlich von Verwaltungsgerichten organisiert worden wegen des Mangels an Hörsälen, Seminar- und Praktikurräumen. Die Forschung jedoch gedieh prächtig und entwickelte sich zur treibenden Kraft, die den weiteren Ausbau über manche Hürde brachte.

Als die TUHH im Jahre 1986 ihre Rechtsselbständigkeit erreichte, war der „point of no return“ längst überschritten. Zwar war der Aufbau bei weitem nicht abgeschlossen, die neuen Gebäude wuchsen auf dem jetzigen Campus ihrer Bezugfertigkeit entgegen, aber in der inneren Struktur waren einige offene Enden entstanden. Dies hing damit zusammen, daß gegenüber der ursprünglichen Planung im Laufe der Zeit Änderungen eingetreten waren. So hatte z.B. der Forschungsschwerpunkt 4 – Wasserbau, Meerestechnik und zugehörige Biotechnologie – sich an die rasante Entwicklung in diesen Bereichen angepaßt, die bei der Erstellung des Grobstrukturgutachtens überhaupt nicht abzusehen waren. Die deutsche Industrie hatte nicht die erhofften Marktanteile der Off-shore-Technik gewonnen, und die zugehörige Biotechnologie (gemeint waren u. a. Fischfarmen) hatte sich auch nicht zu dem ursprünglich erwarteten Wirtschaftszweig entwickelt. Die schließlich an der TUHH eingerichtete Biotechnologie hatte mit der ursprünglich geplanten dann auch nur den Namen, aber keinerlei Inhalte gemeinsam. Auch in den Studiengängen hatten sich Änderungen ergeben, Architektur und Chemietechnik wurden nicht

realisiert, aber Schiffsmaschinenbau war neu hinzu gekommen. Kurz, die Matrix war ein wenig in Unordnung geraten, und es ging darum, deren innere Konsistenz wieder herzustellen. Dazu waren neue Weichenstellungen notwendig, bei denen die jugendliche TUHH auf das Vertrauen der Landes- und Bundespolitiker angewiesen war, und sie besaß dieses Vertrauen.

Im ersten Jahr ihrer Rechtsselbständigkeit verfügte die TUHH über einen Bestand an extern finanzierten Forschungsprojekten, vorrangig der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem damaligen Bundesministerium für Forschung und Technologie und der freien Wirtschaft, in einem Umfang, der in etwa einem Jahresetat aus Hamburger Mitteln entsprach – fast 40 Mio. DM (ohne Investitionen). Das waren Zahlen, die in dieser Relation zu den Spitzenwerten in Deutschland zählten und die im Jahre 1980, als die ersten Professoren berufen wurden, wohl kaum jemand der neuen TUHH in Deutschlands Norden zugetraut hätte. Das waren Zahlen, die überzeugten und der TUHH einen enormen Vertrauensbonus einbrachten.

Die TUHH hat dieses Vertrauen zielstrebig genutzt, aber, soweit meine Kenntnis reicht, nie enttäuscht. Hamburg hat dementsprechend seine Zusagen gegenüber der TUHH stets eingehalten, wenn auch gelegentlich mit zeitlicher Verzögerung, und ist in vielen Fällen sogar darüber hinaus gegangen, selbst in Zeiten knapper Kassen.

Als die TUHH 1988 ihr in einer intensiven internen Diskussion erarbeitetes Konzept für die Neuordnung und Erweiterung der Forschungsschwerpunkte vorlegte, fand dieses bei den zuständigen Landespolitikern und Behörden allgemeine Zustimmung und wurde dem Wissenschaftsrat zur Begutachtung vorgelegt. Bei dessen Begehung und Evaluierung erhielt die TUHH so gute Noten, dass das vorgelegte Konzept genehmigt und die bauliche Erweiterung durch den 4. Bauabschnitt mit höchster Priorität in die Rahmenplanung für den Hochschulbau aufgenommen wurde.

Es war während dieser Phase auch eine verstärkte Kooperationsbereitschaft mit der TUHH in ihrer wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Umgebung festzustellen. Während anfangs die TUHH sich naturgemäß auf die Wirtschaft zubewegt hatte, war jetzt auch eine umgekehrte Strömung zu beobachten. So endeten von der jetzigen DaimlerChrysler Aerospace Airbus GmbH angeregte Verhandlungen mit der Einrichtung eines Studienschwerpunktes Flugzeug-Systemtechnik und der gleichnamigen Stiftungsprofessur sowie der Errichtung des Technologiezentrums Hamburg-Finkenwerder, ein Konzept, das auch der kritischen Bewertung durch den Wissenschaftsrat standgehalten hatte und positiv bewertet worden war. Viele gemeinsame Forschungsprojekte belegen die Effektivität dieser Einrichtung.

Aufgrund einer Initiative aus der Orthopädie des Allgemeinen Krankenhauses St. Georg wurde in Kooperation mit dem UKE an der TUHH ein Arbeitsbe-



Studiendekanate
 Maschinenbau
 Elektro- und Informationstechnik
 Verfahrens- und Chemietechnik
 Bauwesen
 Gewerblich-Technische Wissenschaften

Forschungsschwerpunkte und ihre Arbeitsbereiche

<p>1 Stadt, Umwelt und Technik: Abwasserwirtschaft, Umweltschutztechnik, Abfallwirtschaft und Stadttechnik, Städtebau I (Städtebau/Stadtplanung), Städtebau II (Stadt- und Regional-ökonomie/-soziologie), Städtebau III (Objektbezogene Stadtplanung/Stadtökologie), Arbeitswissenschaften, Wasserwirtschaft und Wasserversorgung, Verkehrssysteme und Logistik, Technikbewertung und Technikgestaltung, Prozeßtechnik und berufliche Bildung, Geotechnik und Baubetrieb, Technologie- und Innovationsmanagement</p>	X		X	X	X
<p>2 Systemtechnik: Elektrotechnik I (Meßtechnik), Optik und Meßtechnik, Regelungstechnik, Prozeßautomatisierungstechnik, Elektrotechnik IV (Theoretische Elektrotechnik), Flugzeug-Systemtechnik, Biotechnologie I (Bioprozeß- und -verfahrenstechnik), Biotechnologie II (Biotransformation und -sensorik), Elektrotechnik III (Hochfrequenztechnik), Mechanik I</p>	X	X	X		
<p>3 Bautechnik und Meerestechnik: Strömungsmechanik, Meerestechnik I, Meerestechnik II (Mechanik), Produktionstechnik/Fertigungstechnik, Schiffstechnische Konstruktionen und Berechnungen, Massivbau, Betonbau, Stahl- und Holzbau, Bauphysik und Werkstoffe im Bauwesen, Angewandte Bautechnik, Wasserbau, Statik und Dynamik der Baukonstruktion, Fluidodynamik und Schiffstheorie, Schiff-System- und Informationstechnik</p>	X		X	X	X
<p>4 Informations- und Kommunikationstechnik: Technische Informatik I, Softwaresysteme, Technische Informatik II (Mikrorechner- und Datenverarbeitungsstrukturen), Technische Informatik III (Programmiersprachen und Algorithmen), Elektrotechnik II (Nachrichtentechnik), Digitale Kommunikationssysteme, Halbleitertechnologie, Elektrotechnik V (Technische Elektronik und Bildverarbeitung), Materialien der Mikroelektronik, Telematik, Verteilte Rechnerbetriebssysteme, Mathematik</p>		X			
<p>5 Werkstoffe – Konstruktion – Fertigung: Betriebseinheit Elektronenmikroskopie, Konstruktionstechnik I, Konstruktionstechnik II, Fertigungstechnik I, Fertigungstechnik II, Produktionswirtschaft, Werkstoffphysik und -technologie, Metallkunde und Werkstofftechnik, Metallkunde (GKSS), Technische Keramik, Kunststoffe und Verbundwerkstoffe, Biomechanik, Technologie und Maschinentchnik</p>	X				X
<p>6 Verfahrenstechnik und Energieanlagen: Verfahrenstechnik I, Verfahrenstechnik II, Verfahrenstechnik III, Chemische Verfahrenstechnik, Apparatebau, Wärmekraftanlagen und Schiffsmaschinen, Technische Thermodynamik, Elektrische Energiesysteme und Automation, Energietechnik</p>	X		X		

Abb. 2
 Heutige
 Matrixstruktur



Abb. 3
 Viele Persönlichkeiten
 aus Politik und
 Wirtschaft besuchten
 im Laufe der Jahre
 die TUHH



*Abb. 4
Nicht zu unterschätzen sind
die Verdienste des ehemaligen
Ltd. Verwaltungsbeamten
Justus Woydt*



*Abb. 5
Der Nukleus der TUHH:
Das Gebäude
Harburger Schloßstraße 20*



*Abb. 6
Ein Blick über den
TUHH-Campus*

reich Biomechanik eingerichtet, der große Unterstützung von der Gesundheitsbehörde und der Berufsgenossenschaft erfahren hat. Auf Betreiben der Umweltbehörde erhielt die TUHH eine Stiftungsprofessur im Bereich Wasserwirtschaft und Wasserversorgung – gestiftet von der S.O.F. – Save Our Future-Umweltstiftung –, die eine Scharnierfunktion in der Kooperation mit dem Deutschen Verband des Gas- und Wasserfachs wahrnimmt. Auf diese Weise wurde die TUHH fest im Hamburger Wirtschaftsraum verankert, zu dem sie von Beginn an ein enges Netzwerk der Zusammenarbeit geknüpft hat, wie z. B. mit dem Schiffbau, den Halbleiterherstellern und vielen mittelständischen Betrieben des Maschinen- und Anlagenbaus. Stichworte wie Schiff der Zukunft, Hamburger Hafenschlick, Abwasserreinigung, Sanierung der Deponie Georgswerder und Werkstoff-Forum sind noch in guter Erinnerung. Auch mit den wissenschaftlichen Institutionen in ihrer Nachbarschaft unterhielt sie schon zur Tradition gewordene Kooperationen in der Forschung. Hier sind besonders zu nennen die Universität Hamburg, die Fachhochschule Hamburg und das GKSS-Forschungszentrum in Geesthacht.

Man traute der TU Hamburg-Harburg schon allerhand zu – kaum ein Jahrzehnt nach ihrer Gründung –, und der Hamburger Senat wie die Bürgerschaft zeigten eine große Bereitschaft, der jugendlichen Hochschule ungewöhnliche Freiheiten einzuräumen, die es ihr gestatteten, die weitere Entwicklung eigenverantwortlich in die Hand zu nehmen.

Als Pilotprojekt erhielt sie eine bundesweite Vorreiterrolle bei der Verwaltung ihrer Finanzen in Form des sogenannten Globalhaushaltes. Dieses System bietet eine enorme Flexibilität gegenüber der kameralistischen Haushaltsführung, stellt aber umgekehrt hohe Anforderungen an die Mittelverwaltung und erfordert durchgängig ein hohes Maß an Kooperationsbereitschaft und Ausgabendisziplin. Die u. a. mit der Abwicklung von Forschungsaufträgen beauftragte Technolo-

gievermittlung der TUHH wurde 1992 in eine TUHH-eigene GmbH umgewandelt, eine ebenfalls bundesweite Novität, die sich sehr erfolgreich am Markt behauptet hat und sich seit nunmehr acht Jahren in einer kontinuierlichen Wachstumsphase befindet.

Solche neuartigen Vorhaben haben bei Senat und Bürgerschaft immer wohlwollende Behandlung erfahren und sind meist ohne komplizierte oder restriktive Auflagen genehmigt worden. Dies gilt selbst für das jüngste Kind der TUHH, das Northern Institute of Technology, eine von Mitgliedern der TUHH getragene private Bildungsinstitution.

Ich habe versucht, ein Bild der Rolle der Forschung für die Gründungs- und Aufbauphase der TUHH zu zeichnen, wie ich es vor Augen habe. Es kam mir dabei nicht auf eine Dokumentation an und so mag mancher Aspekt überzeichnet sein und möglicherweise fehlt das eine oder andere.

Die TUHH ist eine faszinierende Universität geworden, mit einem soliden Fundament und außergewöhnlichen Perspektiven. Die Aufbauphase ist heute beendet, und es hat eine Ära des Umbaus begonnen, um die TUHH für die Entwicklungen der Zeit zu rüsten.

Die TUHH wird gut daran tun, die Basis ihres ungewöhnlichen Aufstiegs zu pflegen: Ingenieurwissenschaftliche Forschung hoher Qualität. Ich denke, daß die zu Beginn dieses Beitrags skizzierte Vision, zwar nicht in Altona, sondern in Hamburg-Harburg, das aber seinerzeit wenigstens genauso zu Preußen gehört hat, heute Realität ist: Eine nach neuesten Erfahrungen und bewährten Grundsätzen gebaute und geführte Technische Universität an der Niederelbe.

*(Heinrich Mecking,
Präsident der TUHH 1987 bis 1993)*

10 Strategische Forschungsfelder

Information als Wirtschaftsgut

SPECIAL

1

Unternehmensorganisation

2

Produktions- und prozessintegrierter Umweltschutz

3

Nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen

4

Neue Energiesysteme und Energiemanagement

5

Nachhaltige Stadtstrukturen

6

Transport- und Verkehrssysteme

7

Neue Kommunikationstechniken

8

Materialien und Mikrosysteme mit neuen Funktionen

9

Biotechnologie und Medizintechnologie

10

Information als Wirtschaftsgut

10 Strategische
Forschungsfelder

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energie-Management

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Im Wirtschaftsleben der postindustriellen Gesellschaft spielt die Ressource Information eine immer entscheidendere Rolle. Die schnelle Entwicklung innovativer Informationsdienstleistungen zeigt eindrucksvoll die Bedeutung, die diesem Forschungsfeld zukommt. Die Beherrschung des Gutes Information ist Programm.

Entwicklung und Betrieb von innovativen multimedialen Informationsdienstleistungen setzen systemtechnische Lösungen voraus, die über die traditionelle Netzwerk-, Datenbank- und Softwaretechnik entschieden hinausgehen. Gefordert werden die dynamische Bereitstellung, der effiziente Zugriff sowie die flexible und kooperative Nutzung einer breiten Palette von Ressourcen im Netz (Informationen, Prozesse, Geräte etc.) unter Wahrung hoher Qualitätsanforderungen an Ausfallsicherheit, Konsistenz, Authentizität und Vertraulichkeit. Dazu gehören prozessorientierte Softwaresysteme, multimediale Informationssysteme, skalierbare Komponentenarchitekturen sowie sichere Informations- und Kommunikationssysteme. An diesen Forschungsfragestellungen arbeitet die TUHH. Die Anwendungen reichen von multimedialen Informations- und Nachrichtendiensten sowie rechtsverbindlichen Transaktionen im Geschäftsverkehr über kooperatives Workflowmanagement in verteilten Organisationen bis hin zum Informationsmanagement für multimodale Produktions- und Logistikketten. Diesen Anwendungen gemeinsam ist das Ziel, Information als Wirtschaftsgut technisch beherrschbar und wirtschaftlich nutzbar zu machen.

Die Beherrschung von Information spielt auch in anderen bedeutsamen technischen Anwendungsfeldern eine zentrale Rolle. Im Bereich der Produktionstechnik zielt das Forschungsgebiet Kooperatives Produktengineering und Teleengineering auf die Nutzung verteilten Wissens und verteilter Engineeringpotenziale ab. Global Engineering Networking ermöglicht den Entwicklungsin-

genieurinnen und -ingenieuren das globale Angebot an Lösungselementen für ihre Konstruktionsaufgaben online umfassend verfügbar zu haben, und es erlaubt simultan am gleichen Konstruktionsobjekt zu arbeiten. In der heutigen Zeit, in der die schnelle Umsetzung von Ideen in marktfähige Produkte immer wichtiger wird, kommt ferner dem Forschungsgebiet Produkterstellung mit massivem Einsatz integrierter Software-Systeme unter Einschluß von Virtual und Rapid Prototyping besondere Bedeutung zu.

Typische Beispiele für Realzeitsysteme sind mechatronische Systeme, die Signale aufnehmen, verarbeiten, interpretieren und darauf situationsgerecht reagieren. Realzeitsysteme / Eingebettete Systeme verdanken ihre besondere Leistungsfähigkeit der Verknüpfung mit Systemen der Informationsverarbeitung. Optimale Lösungen setzen eine ganzheitliche Betrachtung der Systemauslegung voraus: Lösungsalgorithmen müssen den Echtzeitanforderungen genügen und Sicherheitsaspekten Rechnung tragen.

Das Forschungsgebiet Überwachung und Führung komplexer verfahrens- und fertigungstechnischer Prozesse schließlich umfasst die dynamische Modellbildung komplexer Systeme, die Simulation und Analyse derartiger Systeme sowie die Prozessführung und Prozessüberwachung. Dafür müssen Verfahren entwickelt werden, die sowohl auf quantitativen Modellen (Differentialgleichungen) als auch auf ereignisorientierten Modellformen basieren. Der Forschungsansatz reicht von mathematischen Grundlagen über die Entwicklung von Diagnosesystemen und gerätetechnischer Realisierung bis hin zur Sicherheitstechnik in Anlagen und Prozessen der Verfahrens- und Fertigungstechnik. In den aufgezeigten Forschungsgebieten erarbeiten die Wissenschaftler der TUHH neue technische Lösungen.

Der Informationstechnik fällt dabei eine besondere Rolle zu. Spätestens der in Deutschland zu beobachtende Mangel an Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie Informatikerinnen und Informatikern

hat einer breiten Öffentlichkeit bewusst gemacht, dass Informatik- bzw. Informationstechnikwissen in einem direkten Bezug zur Wirtschaftskraft hochentwickelter Industriestaaten steht.

Bislang wurde das Profil der Informationstechnik einerseits in der Technischen Informatik und andererseits im wissenschaftlichen Rechnen gesehen. Daraus ergaben sich die Ausrichtungen innerhalb der Informationstechnik in Informationstechnik als Rechentechnik für die Ingenieurwissenschaften (Rechentechnik) sowie Informationstechnik als eigenständige Ingenieurwissenschaft, die sowohl die Technische Informatik als auch die Informatik des System- & Softwareengineerings umfasst (Informationstechnik).

Im ersten Fall steht das wissenschaftliche Rechnen in Zusammenhang mit Fragen der vornehmlich maschinellen Informationsverarbeitung im Vordergrund, im zweiten Fall die Lösung konkreter Aufgaben der Informationsverarbeitung unter technischen und kommerziellen Randbedingungen. Insbesondere ist die Planung und Durchführung von Forschungsarbeiten und die inhaltliche Gestaltung von Studiengängen zum Systems & Software Engineering an der folgenden Zielsetzung zu orientieren (1):

- Schaffung qualitativ hochwertiger digitaler Produkte und Dienstleistungen für den Markt;
- Systemerstellung mit hoher Professionalität bei guter Beherrschung von Kosten und Terminen.

Forschung und Entwicklung im Bereich des Systems & Software Engineerings umfassen demgemäß ein breites Themenspektrum. Im Systems & Software Engineering ist die reine Grundlagenforschung (z.B. Typtheorie, modale Logik, formale Sprachen, Automatentheorie) von der anwendungsorientierten Grundlagenforschung zu unterscheiden. Typische Beispiele für Letztere sind formale und semantische Modelle für Programmiersprachen und -techniken, Fragen der Algorithmik, der Korrektheit, der formalen Spezifikation, der Verifikation, der Formalität von Beschreibungsmitteln, der

Durchgängigkeit von Vorgehensmodellen im formalen Sinn und der Angabe von insoweit geeigneten mathematischen Modellen. Hinzu kommen theoretische Aussagen zu Methoden des Software Engineerings wie beispielsweise zur Vollständigkeit verschiedener Überdeckungsverfahren beim Softwaretest.

Quantitative Fragen des Systems & Software Engineering ergänzen das Forschungsspektrum der Grundlagenforschung. Um die Güte bestimmter Verfahren und Vorgehensweisen im Systems & Software Engineering einschätzen zu können, sind Maßzahlen zu Kosten, Qualität und Terminen wichtig. Diese empirisch gewonnenen Maßzahlen liefern wertvolle Hinweise für den Vergleich und die Auswahl entsprechender Verfahren in der Praxis.

Zentrale Forschungsaufgabe ist allerdings die Bereitstellung neuer Methoden und Hilfsmittel für die Durchführung des Systems & Software Engineering. Diese umfasst u.a. CAD-Tools, Programmiersprachen, Werkzeuge, Analyseverfahren und Vorgehensweisen. Hinzu kommen besondere Erkenntnisse zur Realisierung von informationsverarbeitenden Systemen wie etwa System- und Softwarearchitekturen und Design Patterns. Viele der heutigen Hilfsmittel und Methoden haben noch weitgehend ad hoc-Charakter, sind zu wenig systematisiert und deshalb stark verbesserungsbedürftig. Somit ist es ein zentrales Anliegen der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit im Systems & Software Engineering, die praktischen Methoden zu verbessern, zu bewerten, einzuordnen und neuartige Methoden zu schaffen und zu erproben. Die Durchführung kontrollierter Experimente ermöglicht dabei zusätzlichen Erkenntnisgewinn, z.B. hinsichtlich Aussagen des qualitativen „proof of concepts“ und zur Güte neuer Verfahren.

Das Forschungsfeld Information als Wirtschaftsgut berührt Forschungsfragen unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen. Gemeinsamkeit in nahezu allen Fällen ist, dass interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich ist –

ergänzt um die über Kooperationen eingebrachte Expertise der Wirtschaft. Die interdisziplinäre Struktur der TUHH und ihre Offenheit gegenüber Kooperationen mit Industrie und Wirtschaft wird dazu beitragen, innovative Ideen schnell in neue Produkte, Verfahren und innovative Dienstleistungen zu veredeln.

(Friedrich Vogt)

¹Vgl. hier und im Folgenden: M. Broy, J.W. Schmidt: *Informatik: Grundlagenwissenschaft oder Ingenieurdisziplin, Informatik-Spektrum 22, Springer, 1999*

Unternehmensorganisation

Die Fabrik der Zukunft – Forschen für die Produktion von morgen

10 Strategische
Forschungsfelder

Information als
Wirtschaftsgut

Unternehmens-
organisation

Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

Neue
Energiesysteme und
Energemanagement

Nachhaltige
Stadtstrukturen

Transport- und
Verkehrssysteme

Neue Kommuni-
kationstechniken

Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

Biotechnologie und
Medizintechnologie

Die zunehmende Globalisierung verändert derzeit tiefgreifend die wirtschaftliche Basis der traditionellen Industriestaaten. Neben den globalen Märkten, die die Unternehmen für ihre Produkte erobern mussten, kommt nun die globale Produktion von Gütern hinzu: weltumspannend werden Investitions- und Konsumgüter produziert, gestützt durch moderne Informations- und Kommunikationstechniken. Der Wandel der Unternehmensumwelt ist allgegenwärtig.

Neue faszinierende Möglichkeiten zur Gestaltung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen für die Märkte von morgen zeichnen sich ab. Unternehmen, die auch unter den neuen Rahmenbedingungen erfolgreich sein wollen, müssen mit Hilfe einer strategischen Geschäftsfeldplanung zukünftig gefragte Produkte und Dienstleistungen frühzeitig erkennen, ihre Produkt- und Prozessentwicklung unter Einbeziehung neuer Technologien gestalten und ihre Umsetzungseffizienz durch frühzeitiges Einbeziehen aller Aspekte und Schlüsselpartner entlang der gesamten Wertschöpfungskette erhöhen. Auf diese Weise können Marktleistungen erbracht werden, die Alleinstellungsmerkmale aufweisen und von Mitbewerbern nicht ohne weiteres nachvollziehbar sind.

Ganzheitlicher Ansatz der Produktionstechnik an der TUHH

Die TUHH vermag den durch den Wandel der Unternehmensumwelt bedingten Fragestellungen durch einen ganzheitlichen, d.h. sich über die gesamte Wertschöpfungskette erstreckenden produktionstechnischen Ansatz Rechnung zu tragen. Problemstellungen werden nicht fachgebietsspezifisch isoliert betrachtet, sondern aus den Blickwinkeln von Entwicklung und Konstruktion, Fertigung und Montage, Organisation und Betriebswirtschaft durch interdisziplinäre Zusammenarbeit gemeinsam bearbeitet.

Im Folgenden werden zukunftsorientierte Forschungsthemen der TUHH auf diesen Gebieten dargestellt.

Unternehmensnetzwerke als neue Form der Unternehmensorganisation

Neben der zunehmenden Globalisierung führen individualisierte Kundenbedarfe sowie rasche Veränderungen der Markt- und Wettbewerbssituation zu immer neuen Anforderungen an die Unternehmensorganisation. Schnelligkeit und Flexibilität werden zu entscheidenden Kriterien im Wettbewerb. Aufgrund der Tendenz zur Fokussierung der Geschäftsaktivitäten auf strategisch wichtige Kernkompetenzen können immer mehr Unternehmen spezifische vom Kunden geforderte Leistungen in der gewünschten Breite nur zusammen mit Partnern erbringen. Dazu ist es erforderlich, neue Formen einer engen betrieblichen Zusammenarbeit in allen Phasen der Wertschöpfungskette zu entwickeln. Dies kann durch den Zusammenschluss von Unternehmen zu sogenannten Unternehmensnetzwerken erfolgen.

Der Einsatz der neuen Informations- und Kommunikationstechnologien schafft eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass Unternehmen mit spezifischen Kernkompetenzen einen zeitlich begrenzten Verbund eingehen können, um damit eine gemeinsame Produkt- oder Dienstleistung am Markt zu platzieren. Dieses temporäre Netzwerk selbständig bleibender Unternehmen wird auch als virtuelles Unternehmen bezeichnet.

Die Organisation eines solchen Netzwerkes erfordert einen hohen Abstimmungs- und Kommunikationsbedarf. Da die Effizienz der Güterproduktion entscheidend von der Funktionalität der Schnittstellen zwischen den einzelnen Modulen bestimmt wird, muss die technische und organisatorische Kompatibilität der beteiligten Unternehmenseinheiten gewährleistet werden. Für die Gestaltung der Geschäftsprozesse ergeben sich innerhalb von Unternehmensnetzwerken wegen ihres unternehmensübergreifenden Charakters komplexe Fragestellungen.

Zur Bewältigung der damit verbundenen technischen und organisatorischen Herausforderungen besteht vielfältiger interdisziplinärer Forschungsbedarf. Die diesbezüglichen Forschungsaktivitäten an der TUHH reichen von der Gestaltung dezentraler Innovations- und Entwicklungsprozesse über die Schaffung adäquater Produktions- und Logistikkonzepte bis hin zur Bereitstellung geeigneter Informations- und Kommunikationssysteme.

Neugestaltung von Innovations- und Entwicklungsprozessen

Innovations- und Entwicklungsprozesse laufen zunehmend nicht mehr nur innerhalb des Unternehmens ab, sondern werden unter Berücksichtigung der jeweiligen Kernkompetenzen der Netzwerkpartner dezentral durchgeführt. Insbesondere in frühen Phasen komplexer Innovationsvorhaben muss ein kontinuierlicher Zieldefinitions- und Kontrollprozess zwischen den Beteiligten erfolgen. Hohe Misserfolgsraten neuer Produkte und Dienstleistungen zeigen die Notwendigkeit, auch den Kunden viel stärker als bisher in den Entwicklungsprozess einzubinden, damit seine Bedürfnisse und Anforderungen von Beginn an in die betrieblichen Innovationsanstrengungen integriert werden können. Aktuelle Forschungsprojekte an der TUHH befassen sich mit der Untersuchung der systematischen Ideenfindung in frühen Innovationsphasen sowie der Kundeneinbindung durch frühzeitige Nutzung von Informationstechnologien wie CAD, Virtual Reality (VR) und Internet.

Neben dem Angebot von innovativen Produkten in der vom Kunden gewünschten Qualität und zu wettbewerbsfähigen Preisen ist die Zeitdauer des Produktentstehungsprozesses heute mehr denn je ausschlaggebend für den Unternehmenserfolg. Wesentliche Potenziale auf dem Weg zu schnelleren Entwicklungsabläufen können durch eine effiziente Prozessgestaltung nach den Prinzipien des Simultaneous Engineering erschlossen werden. Die bislang verfügb-

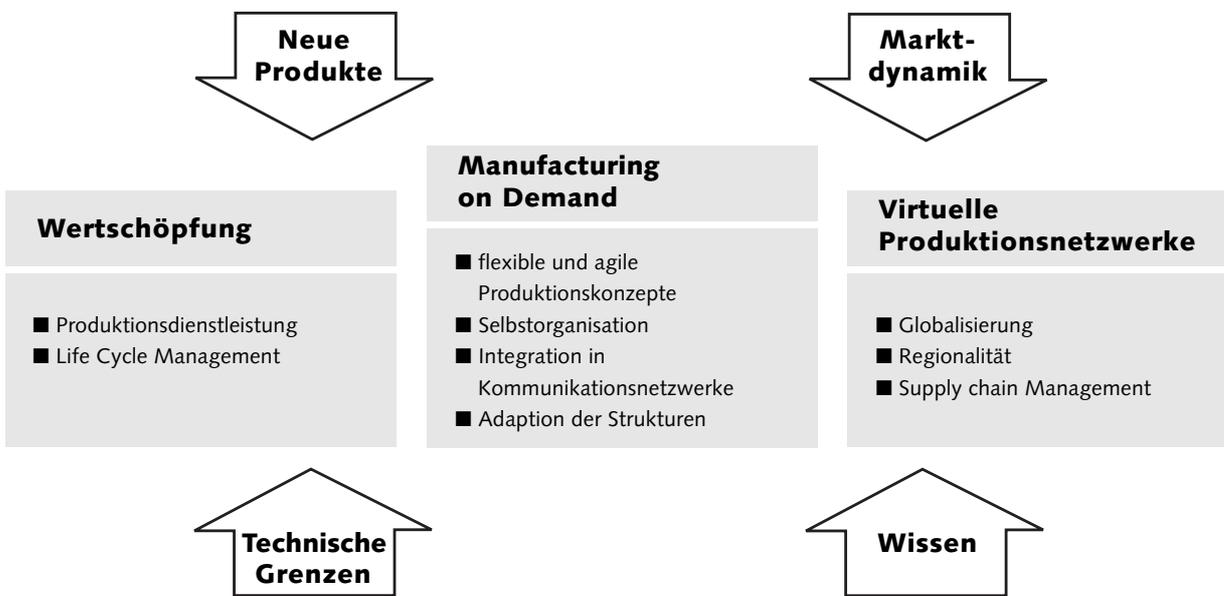


Abb.1
Elemente der
Wandlungsfähigkeit

baren Ansätze beziehen sich im Wesentlichen auf die Optimierung unternehmensinterner Entwicklungsabläufe. Für Unternehmensnetzwerke birgt die technische und organisatorische Ausgestaltung von Simultaneous Engineering-Prozessen noch erhebliche Verbesserungspotenziale.

Produktentwicklung

Die Produktentwicklung muss unter Einbeziehung aller im Laufe des Produktlebenszyklus wesentlichen (z.B. werkstofflicher, konstruktiver, fertigungstechnischer, anwendungsbezogener, entsorgungstechnischer) Gesichtspunkte in einem systematisierten Prozess durchgeführt werden; hier gilt es, von der Wissenschaft vorgeschlagene Methoden durch Werkzeuge zu ergänzen und Vorgehensweisen zur Einführung von Methoden und Werkzeugen in die Praxis zu entwickeln. In steigendem Maß gewinnt auch die Gestaltung der Produktstruktur (Modularisierung, Plattformstruktur) an Bedeutung, um den Kundenwunsch nach spezifischer Produktgestaltung mit einer kontrollierbaren Anzahl von Teilen und Baugruppen wirtschaftlich realisieren zu können. Eine entscheidende Rolle zur Beherrschung der Anforderungsvielfalt wird dabei der Integration von elektronischen und informationstechnischen Komponenten in maschinenbauliche Produkte zufallen; für die Entwicklung solcher Produkte muss eine Plattform geschaffen

werden, die die verschiedenen Disziplinen zusammenführt.

Produktentwicklung findet heute zu großen Teilen am Computer statt – dafür stehen CAD, FEM/BEM, Simulation und VR. Am Ende der Entwicklung steht aber weiterhin in der Regel der Prototypentest: Es ist ein wichtiges Forschungsfeld an der TUHH, zu ergründen, in welchem Maß die Eigenschaften virtueller und gegenständlicher Produkte in Übereinstimmung gebracht und damit der Prototypenaufwand reduziert werden kann. VR ist ein noch junges Entwicklungswerkzeug. Derzeit wird an der TUHH unter Einbeziehung von Arbeitsbereichen unterschiedlicher Ausrichtung eine Untersuchung der praktischen Einsatzmöglichkeiten dieser Technologie im Bereich der Produkt-, Dienstleistungs- und Prozessentwicklung durchgeführt.

Die Bedeutung der Produktionstechnik

Der Produktionstechnik kommt aufgrund ihrer Querschnittfunktion für die gesamte industrielle Produktion eine besondere Bedeutung zu. Sie übt eine Schlüsselfunktion bei der Umsetzung neuer Technologien in Produkte und für Lösungen von Produktionsproblemen aus. Aus der zunehmenden Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien und dem Aufbau leistungsfähiger und globaler Informationsinfrastrukturen ergeben sich weitere Chancen und Anwendungsmöglichkeiten zur Erhöhung der

Produktivität im Entwicklungs- und Produktionsprozess sowie zur schnellen und direkten Kommunikation mit Kunden und Lieferanten für alle Funktionen der Prozesskette.

Datenverarbeitende Fertigungseinrichtungen, wie z.B. NC-Werkzeugmaschinen, lassen sich in Netzwerke der Kommunikationstechnik integrieren. Aufgrund der Kenntnis des aktuellen Zustandes kann dadurch eine Maschine oder Anlage aus der Ferne diagnostiziert und in begrenztem Maße eingestellt werden. Während in der Raumfahrt diese Technik bereits heute den Einsatz von Robotern im Weltall für Reparaturen und Montagearbeiten ermöglicht, ist es im Bereich der Maschinen- und Anlagentechnik noch eine Frage der Zeit, bis sich solche Techniken auf breiter Basis durchgesetzt haben. Laufende Forschungsarbeiten an der TUHH beschäftigen sich z.B. mit der Konfiguration von Montageanlagen und dem Einsatz von virtueller Realität in der Montage. Neue Wertschöpfungsmöglichkeiten vor allem nach dem Verkauf entstehen durch Telearbeit, Teleservice, Telepräsenz und Teleaktoria. Als Beispiele seien besonders die Dienstleistungen zur Lösung von Qualitätsproblemen und zur Fernprogrammierung, die Rekonfiguration, die Bereitstellung von Planungsleistungen oder sogar der Betrieb der Anlagen und Maschinen genannt. Auch auf diesem wichtigen Gebiet wird an der TUHH geforscht.

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energienmanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Entscheidende Bedeutung für die wettbewerbsfähige Produktion in Deutschland haben leistungsfähige Produktionsmaschinen und -anlagen. Zu den derzeit erkennbaren baulichen Anforderungen an Maschinen und Anlagen zählen z.B. das Erreichen einer höheren Dynamik bewegter Maschinenelemente durch verbesserte Antriebskonzepte, ein optimiertes Schwingungsverhalten sowie eine Massereduktion durch die Anwendung neuer Gestaltungsprinzipien (z.B. Leichtbau) und Materialien. Im Hinblick auf die steigende Bedeutung des betrieblichen Umweltschutzes muss ein emissionsarmer bzw. -freier Betrieb hinsichtlich Geräusch, Wärme, Rest- und Hilfsstoffen angestrebt werden. Eine weitere Anforderung stellt die Erzielung einer höheren Verfügbarkeit und Sicherheit durch verbesserte Zustandsüberwachung, Ausfallvorhersage und Schadensvermeidung dar. Im Sinne der Wirtschaftlichkeit muss eine Kostenminimierung über den Gesamtlebenszyklus der Maschinen von der Entwicklung und Herstellung über die Nutzung bis hin zur Wiederverwendung und Entsorgung im Auge behalten werden.

Die Leistungs- und Kommunikationsfähigkeit der gesamten Anlage ist durch einen mechatronisch gestützten, systemtechnischen Ansatz der Komponenten durch die Integration von Sensorik, Aktorik und lokaler Intelligenz zu erhöhen, wodurch auch Wartungs- und allgemeine Servicearbeiten erleichtert werden können. Die Einführung komplexerer Regelungsverfahren ermöglicht die Realisierung höherer Geschwindigkeiten.

Durch die automatische Kompensation herstellungsbedingter systematischer Fehler ist heute bei gleichzeitiger Reduktion der Herstellkosten eine Genauigkeitssteigerung möglich. Schließlich kann auch den Maschinen eine gewisse „Lernfähigkeit“ mit Hilfe von neuronalen Netzen beigebracht werden, so dass in gewissem Maße eine Selbstoptimierung möglich wird.

Logistikleistung als kritischer Erfolgsfaktor

Die permanente Veränderung ist die einzige Konstante auf den meisten Märkten. Innerhalb des Strategiekonzeptes kommt der Logistik im Hinblick auf die Reaktionsfähigkeit des Unternehmens eine Schlüsselstellung zu. Im Zuge der wachsenden Angleichung von Produkttechnologien und Produktangeboten sowie der schnelleren Nachahmung technischer Innovationen bieten logistische Spitzenleistungen ein nachhaltiges Differenzierungspotenzial gegenüber den Wettbewerbern. Neben dem Niveau der erreichten Logistikleistung spielt aber auch die Anpassungs- und Veränderungsgeschwindigkeit des Gesamtsystems eine große Rolle. Gerade bei global verteilten, sich ständig verändernden Wertschöpfungsketten stellt die Harmonisierung der gesamten Logistikkette und ihrer administrativen Abwicklung sowie die Reduzierung von Schnittstellenproblemen eine Fragestellung der Zukunft dar. Hierzu sind neue Material-, Waren- und Informationsflusskonzepte zu entwickeln und bestehende zu modifizieren. Zur Deckung des damit verbundenen hohen Koordinations- und Informationsbedarfes sind existierende Konzepte zur Koordination und Informationsversorgung des Logistikmanagements unternehmensübergreifend zu erweitern und anzupassen.

Fabrikplanung

Die heutigen in der Produktion eingesetzten Konzepte wurden von den Zielsetzungen und technischen Potenzialen der Vergangenheit bestimmt. Dabei zielte die vollständige Integration der Produktion in erster Linie auf die Senkung der Herstellkosten im gesamten Produktionsablauf. Das damit verbundene Planungsproblem stellt einen mehrstufigen Prozess dar, in dem die Phasen der kreativen Planentwicklung, der Planungsmodellbildung und der Planbewertung zeitlich getrennt ablaufen. Zukünftig wird der genannte Ansatz in dieser Form nicht mehr aufrecht zu erhalten sein. Zum einen muss eine stärker integrierte, kontinuierliche Vorgehensweise für die Fabrikplanung entwickelt werden, zum anderen ist auch „die Zukunft in die Gegenwart vorzuverlagern“. Der Grundgedanke hierbei besteht darin, Lerneffekte durch Simulation vor Beginn der Produktion sozusagen präventiv in einer virtuellen Welt vorwegzunehmen – wie beispielsweise zur optimalen Auslegung von Montageanlagen. Wenn es gelänge, spätere Verbesserungen zu vermeiden, indem sie bereits im Zuge der Planung der Produktion berücksichtigt werden, so ließen sich dadurch nachhaltige Vorteile schaffen. Konzepte hierzu existieren bereits.

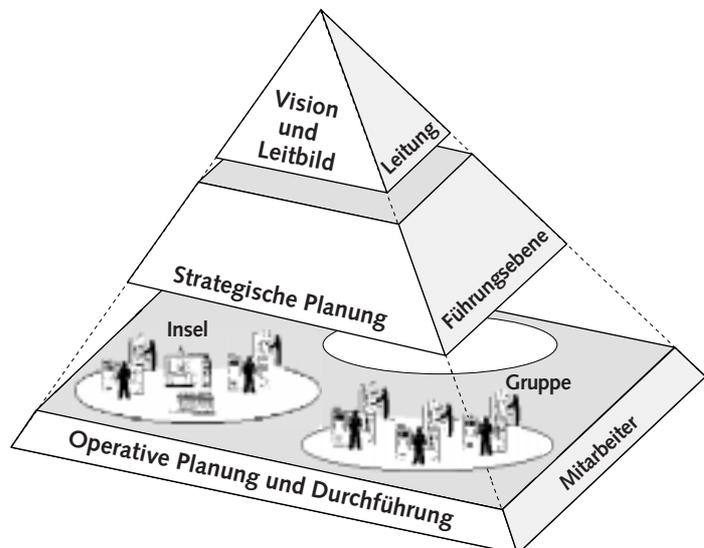


Abb.2
Die neue Fabrik

Supply Chain Management

Unternehmensnetzwerke erfordern eine unternehmensübergreifende Koordination von Material- und Informationsflüssen entlang der gesamten zu planenden Versorgungskette (Supply Chain). Dies beginnt bei der Verteilung der Produktionsaufgaben zwischen den Partnern und setzt sich in der laufenden Planung und Steuerung des Produktionsnetzwerkes fort. Unternehmen müssen sich in dieser Situation immer wieder auf neue Anforderungen und Abläufe von außen einstellen, ohne dass dabei jedes Mal die eigenen Abläufe durcheinandergeraten.

Kommunikations- und Informationstechnologien eröffnen neue Potenziale

Neue Kommunikations- und Informationstechnologien wie z.B. das Internet eröffnen vielfältige Möglichkeiten. In direktem Zusammenhang mit den organisatorischen Fragestellungen bei vernetzten Unternehmensstrukturen sind die Fragen der informationstechnologischen Vernetzung zu klären. Ein aktuelles Beispiel stellt das an der TUHH untersuchte Forschungsgebiet Electronic Business dar, durch das sich zahlreiche Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen neue Möglichkeiten zur Durchlaufzeitverkürzung und Kostensenkung im Bereich von Vertrieb und Beschaffung zu erschließen versuchen. Zum Beispiel ist die optimierte Gestaltung von Zulieferbeziehungen hinsichtlich Zeit, Kosten, Qualität und Flexibilität als wesentlicher Wettbewerbsfaktor anzusehen. Die Entwicklung der Internet-Technologien bietet hier interessante Möglichkeiten, Prozesse schneller und kostengünstiger zu gestalten.

Internet-Technologien in Produktion und Beschaffung einzuführen besteht aber nicht nur darin, diese auf althergebrachte Prozesse anzuwenden, sondern erfordert es, traditionelle Prozessstrukturen und -abläufe neu zu überdenken. Nur so kann gewährleistet werden, dass die neuen Potenziale vollständig ausgeschöpft werden können.

Die Ressource Wissen

Die Ressource Wissen ist zu einem strategischen Erfolgsfaktor geworden. Sie gewinnt durch häufigen Gebrauch und gezielten Austausch an Substanz und Wert, unterscheidet sich aber von den anderen Ressourcen dadurch, dass sie rasch veraltet. Ohne einen zielgerichteten Umgang mit dem im Unternehmen vorhandenen Wissen sind Prozesse zur Leistungserstellung nicht weiter zu optimieren und Produktinnovationen nicht möglich. Ganzheitliches Wissensmanagement besteht darin, das im Unternehmen vorhandene Wissen zu identifizieren, verfügbar zu machen, zu nutzen und systematisch weiterzuentwickeln. Es umfasst die Gesamtheit aller Prozesse, die das Wissen einer Organisation betreffen und ist damit vielen Einflussfaktoren ausgesetzt. Zu den zu schaffenden Voraussetzungen zählen eine „wissensbewusste“ Unternehmenskultur, wissensorientierte Personalführungsstrategien, wissensflussoptimierte organisatorische Strukturen sowie neue Informations- und Kommunikationstechnologien. Diese Aspekte bilden die Ausgangsbasis für die Forschungsaktivitäten der TUHH.

Interkulturelle Zusammenarbeit

Ein weiteres wichtiges Thema vernetzter Unternehmen ist die interkulturelle Zusammenarbeit. Im Zeitalter der Globalisierung betreiben immer mehr Organisationen interkulturelle Kooperationen bis hin zu Fusionierungen. Es bedarf der Entwicklung von Konzepten und der Durchführung von geeigneten Vorbereitungsmaßnahmen, die nicht nur dazu beitragen kulturelle Barrieren abzubauen, sondern auch Synergieeffekte bei der Zusammenführung unterschiedlicher Unternehmenskulturen entstehen lassen.

Die Fabrik der Zukunft

Zukünftig geht es vor allem noch stärker darum, Fabriken und Leistungseinheiten der Fertigung und Montage unter Berücksichtigung aller Faktoren wandlungs- und anpassungsfähig zu machen (siehe Abb. 1). Das kann nur dann gelin-

gen, wenn Leistungseinheiten als sich selbst organisierende und optimierende komplexe Probleme verstanden werden, deren Konfiguration permanent und in kürzester Zeit auf die Auftragsituation einstellbar ist. Das Ziel dabei ist, stets unter Einbeziehung aller verfügbaren Ressourcen in den Grenzbereichen von Technik und Leistung am wirtschaftlich optimalen Betriebspunkt zu operieren. Selbstorganisation, Selbstoptimierung und Zielorientierung und vielleicht auch das Selbstcontrolling sind charakteristische Merkmale künftiger Strukturen von Fabriken und Produktionsnetzwerken.

Die Fabrik der Zukunft arbeitet „on demand“, also kundenbezogen, und wird von denen betrieben, die das komplexe System am besten und vollständig beherrschen sowie am schnellsten adaptieren. Sie bezieht neue Technologien im Bereich der Fertigung ebenso mit ein wie diejenigen in den Bereichen der Information und Kommunikation. Ihre Geschäftsprozesse zeichnen sich dadurch aus, dass bei deren Gestaltung alte, bereichs-suboptimierende Denkstrukturen aufgebrochen werden und durch die Einbeziehung der sogenannten weichen Faktoren dem Gedanken einer ganzheitlichen Gestaltung der Wertschöpfungskette durch interdisziplinäre Zusammenarbeit Rechnung getragen wird.

Diese Überwindung der überholten Denk- und Verhaltensweisen und das Aufbrechen ineffizienter Strukturen und Abläufe ermöglicht die Realisierung des an der TUHH entwickelten, ganzheitlichen und individuellen Konzeptes der Neuen Fabrik (siehe Abb.2), mit den Prinzipien der konsequenten Kunden- und Wertschöpfungsorientierung, der Komplexitätsminimierung, des Strebens nach ständiger Verbesserung sowie der Betrachtung des Menschen als entscheidenden Produktionsfaktor.

*(Eva-Maria Kern,
Wolfgang Kersten,
Klaus Rall)*

Produktions- und Prozessintegrierter Umweltschutz

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energie-Management

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Es ist von grundlegender Bedeutung, dass wir beginnen, unsere Umwelt nicht als eine Beschränkung zu sehen, sondern als einen wichtigen Teil unseres Bemühens, nachhaltigen wirtschaftlichen Erfolg bei der Schaffung von Produkten und Produktionsprozessen zur Deckung unserer Grundbedürfnisse zu erzielen. Verändert man die Betrachtungsweise über die Umwelt, verbessern sich Entwurf und Ergebnis bei Produkten und Prozessen. Gleichzeitig werden die Einflüsse auf die Umwelt vermindert.

Diese Aspekte werden in den Forschungsprogrammen der TUHH und auch in den Lehrveranstaltungen nachdrücklich berücksichtigt. Eine Gesamtsicht wird durch Einbeziehen der Umwelttechnik, der Biotechnologie und der Technikfolgenabschätzung in die Forschung möglich.

Zum programmatischen Zielbild der Industrie wird es ferner, für die Produktion und ihrer Produkte verantwortliche Sorge zu tragen (responsible care). Die entsprechenden Aufgaben umfassen dem Allgemeinwohl verpflichtet zu sein, für Notfälle Maßnahmen bereit zu stellen, Emissionen zu vermeiden, Prozesssicherheit zu garantieren, sich der Verantwortung der Verteilung und der Verwendung der Produkte zu stellen sowie die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten aufrecht zu erhalten.

In diesem Rahmen werden Produktionsverfahren und Prozesse so erdacht, entwickelt, ausgewählt und bewertet, dass sie diesen Anforderungen genügen, d.h. auch dem Umweltschutz. Mit den Ressourcen Luft, Wasser, Boden wird schonend im Sinne nachhaltiger Verfahrensweisen umgegangen. Emissionen liegen durch die Prozessauswahl und Prozessgestaltung im Bereich der Anforderungen. Nacharbeiten wie Abwasserreinigung und Luftreinigung sind in der Regel nicht nötig. Die Bioverträglichkeit ist durch die Art der verarbeiteten und erzeugten Stoffe gegeben.

Es sind neue Verfahren unter Nutzung erneuerbarer Ressourcen zur Deckung unserer Grundbedürfnisse zu entwickeln. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung von Inhaltsstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen (Pflanzen) erfolgen. Ferner sind Arbeitsstoffe mit möglichen nachteiligen Wirkungen durch inhärent sichere zu ersetzen, wie z.B. flüssige Lösungsmittel durch überkritische Fluide. Diese Arbeiten bilden einen der Schwerpunkte der verfahrenstechnischen Forschung an der TUHH. Nach ausreichender Erfahrung ist eine allgemeine Methodik, zur Auslegung, Auswahl und Bewertung von Verfahren nach den angegebenen Kriterien zu entwickeln. Die bekannten Methoden sind entsprechend anzupassen.

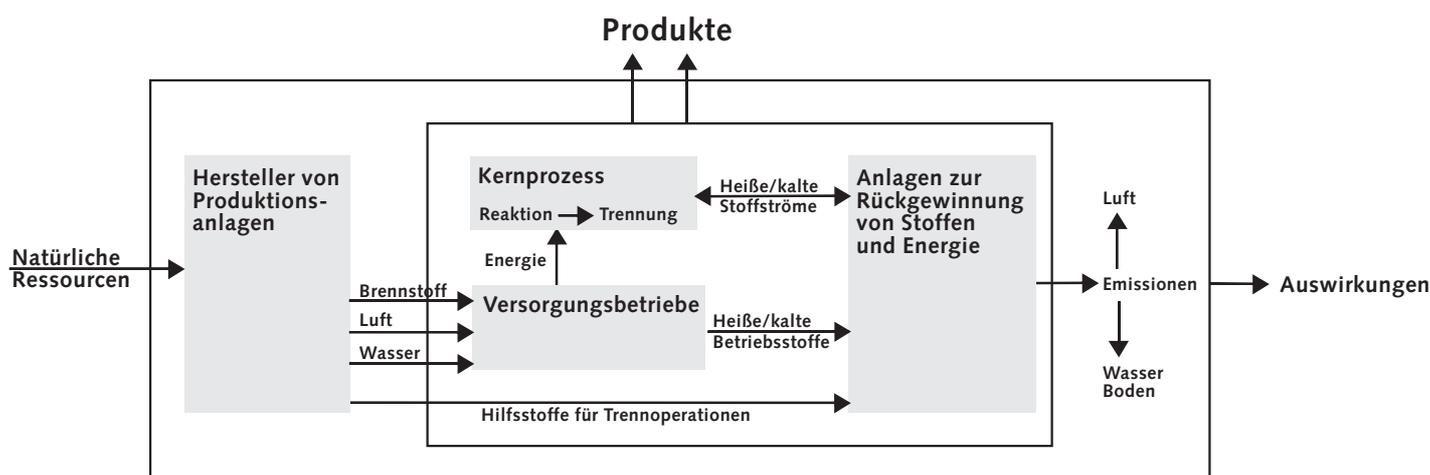
In der Biotechnologie, ein weiterer Schwerpunkt der verfahrenstechnischen Forschung an der TUHH, werden Arbeiten zur Biokatalyse, zur Kreislaufführung organischer Stoffe und zum Einsatz von Mikroorganismen als natürliche Mikroreaktoren durchgeführt.

Produktionsprozesse ohne Wechselwirkungen mit der Umwelt gibt es nicht. Chemische, physikalische, biologische und technische Grenzen stehen diesem Wunsch nach industrieller Produktion ohne jede Belastung entgegen. Prozesse ohne Emission sind daher nicht möglich. Man kann sich dem Ideal jedoch annähern. Der möglichst weitgehenden Annäherung an dieses Ideal und der Weiterentwicklung der dazu benötigten Methoden dient das Forschungsfeld „Produktions- und Prozessintegrierter Umweltschutz“.

Das hiermit umrissene Forschungsfeld ist ein Zielgebiet. Es ist nicht in einem einzigen großen Wurf zu erreichen. Vielmehr muss der Weg dorthin in kleineren Teilschritten, aber ausdauernd und zielgerichtet, gegangen werden. Die TUHH berücksichtigt diesen Weg bei ihrer Berufungspolitik bei der Besetzung von Professuren, indem neben hervorragender fachlicher Qualifikation auf die Fähigkeit zur Gesamtsicht von Problemen besonderer Wert gelegt wird.

Die Entwicklung der Planung und Auslegung von Prozessen ging von der beherrschenden Rolle der notwendigen Verfahrensschritte (z.B. chemische Reaktionen und Trennprozesse) aus. Alles Andere wurde als Einschränkung oder Produktspezifikation vorgegeben. Dieser Standpunkt entsprach dem Denken um etwa 1960. In den 80iger Jahren kam die Berücksichtigung der effizienten Energienutzung hinzu. Die in den 90iger Jahren akzeptierte Reihenfolge war: Zunächst Vermeiden von Abfällen, dann Abfälle vermindern, Abfälle wieder verwerten und nur dort, wo Vermeidung oder Verwertung technisch nicht möglich oder ökonomisch unververtretbar sind, muss entsorgt werden. Beispiele des in diesem Sinne erfolgreich praktizierten prozessintegrierten Umweltschutzes sind:

- Bei der Herstellung von Polypropylen wird die Polymerisation lösungsmittelfrei durchgeführt. Neue hochwirksame Katalysatoren werden eingesetzt. Dadurch werden die bisher anfallende große Menge an stofflich belasteter Abluft, Abwasser sowie Reststoffe vermieden.
- Die Produktabtrennung erfolgt durch Kristallisation anstelle von Aussalzen. Dadurch wird die Rückführung (Recycling) des Hilfsstoffs möglich.
- Ein Syntheseverfahren wird modifiziert: die Neutralisation wird mit Kohlensäure anstelle Schwefelsäure durchgeführt. Die Rückführung der Mutterlauge wird ermöglicht.
- Die Reaktion bei einer Vitamin-Großproduktion wird durch genaue Untersuchung von Reaktionsmechanismen und Kinetik optimiert. Dadurch ergeben sich höhere Produktausbeute, keine störenden Nebenprodukte, verbessertes prozessintegriertes Recycling, verbessertes Recycling im Prozessverbund, verbesserte energetische Verwertung, sowie eine verbesserte Wirtschaftlichkeit durch Rohstoff- und Energieeinsparung.
- Die Nebenprodukte einer organischen Synthese werden zu einem verkaufsfähigen Produkt weiterverarbeitet.



fähigen Wertstoff umgesetzt. Dadurch wird die ursprüngliche Rückstandsmenge weitgehend vermieden.

- Bei der Titandioxidproduktion führt der Rohstoffaufschluss mit Schwefelsäure (Sulfat-Verfahren) zu großen Mengen verdünnter Abfallsäure. Die Produktion wurde auf ein abfallarmes Herstellungsverfahren (Chlorid-Verfahren) umgestellt. Die anfallende Dünnsäure wird aufbereitet und wieder eingesetzt. Die Dünnsäureeinbringung in die Nordsee konnte damit beendet werden.

Das 21. Jahrhundert erfordert eine erweiterte Vorgehensweise, da die Einflüsse auf Planung und Entwurf sich in einer wesentlich komplexeren Umgebung abspielen (s. Abb.1). Einer der Grundgedanken ist es, den Entwurfsprozess gedanklich umzukehren (reverse engineering). Ausgehend von den Produkten wird rückwärts zu den Rohstoffen gedacht.

Immer noch stehen die Grundprozesse im Mittelpunkt, ebenso wie die effiziente Nutzung und Rückführung von Energie- und Stoffströmen. Hinzu kommt jedoch die Betrachtung dessen, was vor und hinter der Produktionsstätte liegt. Vor der Produktionsstätte (upstream) ist die Versorgungskette für Rohstoffe einzubeziehen, nach der Produktionsstätte (downstream) die Betrachtung von Produktlebenszyklen und das Schicksal der Produkte selber.

In einem Beispiel zur Herstellung von mehreren polysubstituierten Benzolderivaten konnte durch eine Verfahrensplanung, die von den Produkten ausging, ein völlig neuer Prozessweg gefunden werden, der eine dramatische Verringerung des Abfalls und eine wesentliche Erhöhung des Gewinns erbrachte.

Eine wesentliche Aufgabe der Prozesstechnik ist es, neben dem Entwurf und Bau neuer Anlagen, bestehende Prozesse und Anlagen zu verbessern und für veränderte Anforderungen und neue Produkte tauglich zu machen (retrofitting). Die Forschung muss hierfür Methoden bereitstellen, wie im Zusammenhang mit dem neuen Planungsdenken mit den vorhandenen Anlagen umgegangen werden kann. Beispielsweise kann in einem wesentlich erweiterten Ansatz an die Aufgabe des „Retrofitting“ herangegangen werden durch die Verfügbarkeit von sehr effektiven Algorithmen zur Lösung der Optimierungsaufgabe.

Fortschritte in der Mathematik (Kombinatorische Graphentheorie) und in der Netzwerkoptimierung machen es möglich, die zusätzliche Komplexität zu beherrschen und den „besten“ Weg herauszufinden, um den Forderungen einer hohen prozesstechnischen Ausbeute, einer sicheren Betriebsweise und einer geringeren Umweltbeeinflussung Rechnung zu tragen. Dabei muss über das Konzept der „unit operations“ hinausgegangen werden und in „unit processes“ gedacht

werden. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Reaktive Destillation, bei der Reaktor und Trennkolonnen zu einem Prozess zusammengefasst wurden.

Als Forschungsgebiet ergibt sich daraus die systematische Entwicklung von Methoden zur Integration von Prozessen in den chemischen Prozessablauf. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist es, den jeweils „besten“ Prozessweg zu wählen.

In die Verfahrensplanung sind ferner Elemente des Risikomanagements und wirtschaftliche Unwägbarkeiten einzubeziehen. Dazu sind die angesprochenen modernen Methoden interdisziplinär in Design-Kooperationszentren anzuwenden. In diesen werden mit den Möglichkeiten der Computer- und Medientechnik die grundlegenden Methoden der Prozesstechnik, wie Elementarprozesse und Datengeneration für Stoffeigenschaften mit den Methoden der Prozesssimulation zu einer Arbeitsoberfläche vereinigt. Die ganzheitliche Vorgehensweise wird eine simultane Verbesserung der Prozessökonomie, eine Verringerung der Einflüsse auf die Umwelt und eine erhöhte Akzeptanz in der Gesellschaft erbringen.

(Gerd Brunner)

Abb. 1 Umgebungen für Planung und Entwurf von Prozessen

Nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energie-Management

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Für die unterschiedlichen Stoffe übertreffen die anthropogen durch die industrielle Produktion und den Konsum verursachten Stoffströme mittlerweile die durch natürliche Prozesse verursachten geogenen Stoffströme um ein Vielfaches. Das Anwachsen anthropogener Stoffströme ist unmittelbar mit einem zunehmenden Ressourcenverbrauch und einer Verstärkung von Umweltbelastungen verbunden. Um getreu dem Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung auch zukünftigen Generationen Entwicklungsoptionen offen zu halten, ist es notwendig diesen Trend umzukehren, wozu der Ressourcenverbrauch vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln ist. Seitens der Ingenieurwissenschaften sind hierzu entsprechende Beiträge zu leisten.

So ist die Entwicklung von ressourcenschonenden Technologien und zugehörigen Technologie/ Managementkonzepten voranzutreiben. Die Kenntnisse über Stofftransportwege und Reaktionsmechanismen natürlicher und xenophober Stoffe in der Umwelt sind zu vertiefen. Konzepte zur Bestandsaufnahme und Bewertung bestehender Problemsituationen sind weiter zu entwickeln und Geräte und Verfahren für die Durchführung von Maßnahmen zur zeitweiligen oder endgültigen Problemlösung festzulegen. Im Bereich der Messtechnik ist die Entwicklung entsprechender Instrumente sowie zugehöriger Übertragungs- und Auswertungstechnologien voranzutreiben.

Im Forschungsfeld „Nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen“ soll auf die vorhandenen Stärken der TUHH in den genannten Forschungsbereichen gebaut werden.

Nachhaltige Wasserbewirtschaftung für regionale hydrologische Einheiten

International besteht die Situation, dass bei einer bereits problematischen Lage zukünftig mit dem Anwachsen der Weltbevölkerung ein weiter steigender Wasserbedarf verbunden ist. In Ländern mit starken Wirtschaftswachstum erhöht sich zudem der Wasserverbrauch aufgrund der Produktionszunahmen in Landwirtschaft und Industrie. Gleichzeitig verschlechtert sich die Wasserqualität aufgrund von Versauerung, Versalzung, Eutrophierung und der Belastung mit organischen und anorganischen Stoffen.

Innerhalb der EU soll entsprechenden Tendenzen zukünftig durch eine wasserwirtschaftliche Planung auf der Ebene von Flusseinzugsgebieten entgegen gewirkt werden. Voraussichtlich Mitte 2000 wird hierzu die EU-Wasserrahmenrichtlinie in Kraft treten. Damit rücken Fragen der regionalen Ressourcenbewirtschaftung (in Flusseinzugsgebieten) verstärkt in den Mittelpunkt europaweiter Diskussionen, benötigt werden „Leitbilder Regionaler Nachhaltigkeit“ (vgl. Abb.1). Im Forschungsfeld „Nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen“ wird am Entwurf zugehöriger Managementstrategien gearbeitet. Im November 1999 wurde ein Fachkolloquium zur „Nachhaltigen Wasserbewirtschaftung“ veranstaltet. Im speziellen werden Fragen der Stoffstrombilanzierung in lokalen Einzugsgebieten untersucht, wobei entsprechende Bilanzen zunehmend mit Hilfe Geographischer Informationssysteme (GIS) und an diese gekoppelte Modellierungsprogramme erstellt werden.

Einen wesentlichen Schwerpunkt in der Forschung bildet die Modellierung von Grundwasserströmungen und -transport sowie die Modellierung reaktiver Stofftransportprozesse. Ein Arbeitsschwerpunkt ist hierbei die Thematik der Grundwasserversalzung und die zugehörige Modellierung dichteabhängiger Strömungen. So wurde Anfang diesen Jahres ein umfassender Bericht zur geogenen Grundwasserversalzung in den Poren-Grundwasserleitern Norddeutschlands fertigge-

stellt. Für einen Wasserwerksstandort in Norddeutschland werden derzeit Modellrechnungen zu verschiedenen Förderkonfigurationen und der Dynamik der Salz-Süßwassergrenze erstellt. In einem internationalen Forschungsprojekt werden mit Hilfe eines numerischen Modells Untersuchungen zur Salzwasserintrusion in die begrenzten, aufgrund von Urbanisierung und Industrialisierung starkem Nutzungsdruck unterliegenden Grundwasserreservoirs der küstennahe Metropole Cebu City (Philippinen) durchgeführt. Die Modellierung reaktiver Stofftransportprozesse erfolgt u.a. im Zusammenhang mit zu beobachtenden Qualitätsverschlechterungen von Grundwässern aufgrund erhöhter Sulfatkonzentrationen, deren Ursache anthropogen bedingte Stoffeinträge (u.a. aus Landwirtschaft oder Altablagerungen) sind.

Neue Wege in der Abwasserwirtschaft

Die heutige Abwasserwirtschaft stellt eine Weiterentwicklung des vor über hundert Jahren eingeführten Systems ohne grundsätzliche Änderung dar. Es wurde nie einer gründlichen Evaluation unterzogen, sondern immer in sich verbessert ohne grundsätzlich sinnvoll aufgebaut zu sein. Es findet eine Vermischung von Wasser- und Nahrungskreislauf statt, die einem sinnvollen Stoffstrommanagement widersprechen. Dieses trägt zur Gewässerbelastung bei, verlagert fossile Ressourcen in die Meere und trägt wegen der fehlenden Rückführung organischer Stoffe zur Bodenversauerung bei. Zusätzlich sind die herkömmlichen Systeme sehr teuer und unflexibel.

Zur Zeit werden an der TUHH teilstromorientierte Systeme untersucht, die zum Teil als Pilotprojekte gebaut werden. Wenn die Stadt und ihre Abwasser- und Stoffströme aus der Perspektive der Industrieabwasserbehandlung angeschaut werden, ergeben sich Perspektiven für neue Technologien. Wesentlicher Ansatzpunkt ist die völlig ungleiche Verteilung der Inhaltsstoffe in den (technisch) trennbaren Teilströmen. Die Frage der Akzeptanz und der ökonomischen Bedingun-

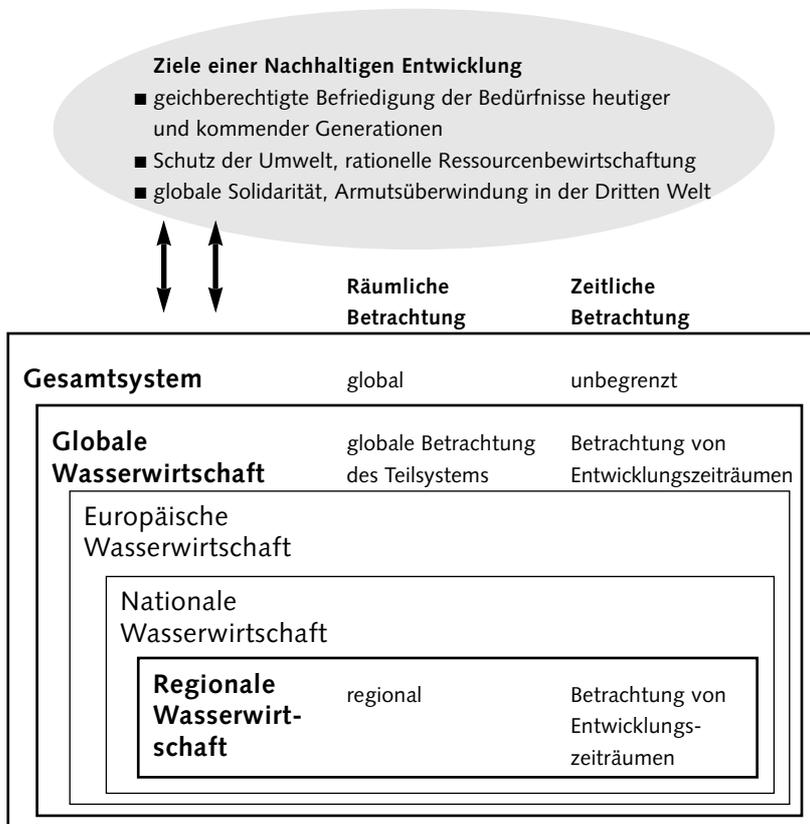


Abb. 1
Teilsystem
„Regionale
Wasserwirtschaft“

dass die anfallenden Abwässer und Reststoffe – z. B. durch Kreislaufverfahren (vgl. Abb. 3) – minimiert, effektiv und kostengünstig aufgearbeitet bzw. wiederverwertet werden. Der technische Bodenschutz hat sich inzwischen zu eine selbständigen Disziplin entwickelt, in der mit Hilfe der Kenntnisse und Erfahrungen verschiedener Fachdisziplinen Problemlösungen gefunden werden. Durch die integrierte Zusammenarbeit der Fachdisziplinen Bauingenieurwesen, Verfahrenstechnik, Chemie, Mikrobiologie, Bodenkunde, Geologie sowie Umwelttechnik und -planung wird dieses neue Arbeitsgebiet erschlossen.

Wichtig sind in diesem Zusammenhang auch Untersuchungen zur Definition von Reinigungszielen. Um diese zu erreichen, werden u.a. Schadstoffbilanzen erstellt, ökotoxikologische Grenzwerte erarbeitet und die Schadstoffverfügbarkeit für Organismen sowie der potenzielle Eintrag in das Grundwasser quantifiziert. Darüber hinaus werden ökologisch/planerische Bewertungskriterien für Sanierungsverfahren entwickelt.

Für künftige Strategien der Umweltschutztechnik gilt das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Den analytischen Rahmen bilden die Konzepte der „Dematerialisierung“, der Verringerung des Verbrauchs an Material und Energie – vorrangig am Beginn eines Produktlebenszyklus – und des „industriellen Stoffwechsels“ unter besonderer Beachtung der dissipativen Materialverluste an die Umwelt (vor allem von biologisch abbaubaren Stoffen, die ihre Phase der Nutzung relativ rasch durchlaufen). Bei der langfristigen, sicheren Ablagerung von nicht verwertbarem Restmüll oder von Massenabfällen lassen sich z.B. durch Auswahl geeigneter Milieubedingungen bzw. naturnaher Zuschlagstoffe Einsparungen an Baumaterialien und Prozesschemikalien erreichen. Durch die Weiterentwicklung geeigneter analytischer Methoden können sicherere Prognosen zum Langzeitverhalten von Schadstoffen in Böden und Gewässern vorgenommen werden und mit Hilfe von ökotoxikologischen und

gen sind jeweils zu untersuchen. In Abb. 2 sind die Volumenströme des häuslichen Abwassers mit den jeweiligen Frachtanteilen dargestellt.

Es wird deutlich, dass Toilettenabwasser (Schwarzwasser) eine völlig andere Charakteristik hat. Wenn dieses geringverdünnt gesammelt und zu Dünger verarbeitet werden kann, bleibt mit dem Grauwasser eine Ressource ggf. auch für höherwertige Wiederverwendung. Letzteres wird von hoher Wichtigkeit sein, besonders für die vielen Länder der Welt, in denen dramatische Wasserkrisen vorhanden sind oder sich abzeichnen. Ein weiteres wesentliches Argument für neue Techniken ist die Möglichkeit der Substitution von fossilen Handelsdüngern. Die getrennte Behandlung besonders der Fäkalien kann bei geringer Verdünnung eine vollständige Hygienisierung erlauben, auch mit einfachen Techniken. Bei Verdünnung und Mischung mit anderem Abwasser ist dieses aus wirtschaftlichen Gründen in den meisten Fällen nicht machbar. Hier finden sich Wege, wie das furchtbare Problem der Krankheitsausbreitung über das Wasser wirksam verhindert werden kann. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sterben jährlich mindestens 4 Millionen Menschen an verschmutztem Wasser, Hauptbetroffene sind Kinder.

Ferner laufen Untersuchungen zur Produktion von nutzbaren Stoffen und Han-

delsprodukten aus dem häuslichen Abwasser. Insbesondere Urin, das mit Separationstoiletten und wasserfreien Urinalen unverdünnt gesammelt werden kann, bietet sich für die Aufbereitung mit physikalischen, chemischen und biologischen Verfahren an. Für die hochwertige Wiederverwendung von Grauwasser (Abwasser ohne Toilettenabwasser) laufen weitere Untersuchungen.

Langzeitverhalten und Bewertung von Stoffen in der Umwelt

Umweltschutztechnik als interdisziplinäre, zukunftsorientierte Aufgabe zur Erhaltung natürlicher Ressourcen umfasst in einem erweiterten Rahmen die Bestandsaufnahme und Bewertung von Problemsituationen, die Entwicklung von Geräten und Verfahren für die Durchführung von Maßnahmen zur zeitweiligen oder endgültigen Problemlösung sowie die Konzepte und das Instrumentarium für eine langfristige Sicherung bzw. Überwachung.

Im DFG-Sonderforschungsbereich „Reinigung kontaminierter Böden“ wurden z.B. in interdisziplinären Forschungsprojekten mechanische, chemische, thermische und biotechnische Verfahren entwickelt, mit denen Böden und Abwässer behandelt werden können, die mit Öl, organischen Gefahrstoffen oder Schwermetallen belastet sind. Dabei wird im Sinne der Nachhaltigkeit darauf geachtet,

10 Strategische Forschungsfelder

1 Information als Wirtschaftsgut

2 Unternehmensorganisation

3 Produktions- und prozessintegrierter Umweltschutz

4 Nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen

5 Neue Energiesysteme und Energiemanagement

6 Nachhaltige Stadtstrukturen

7 Transport- und Verkehrssysteme

8 Neue Kommunikationstechniken

9 Materialien und Mikrosysteme mit neuen Funktionen

10 Biotechnologie und Medizintechnologie

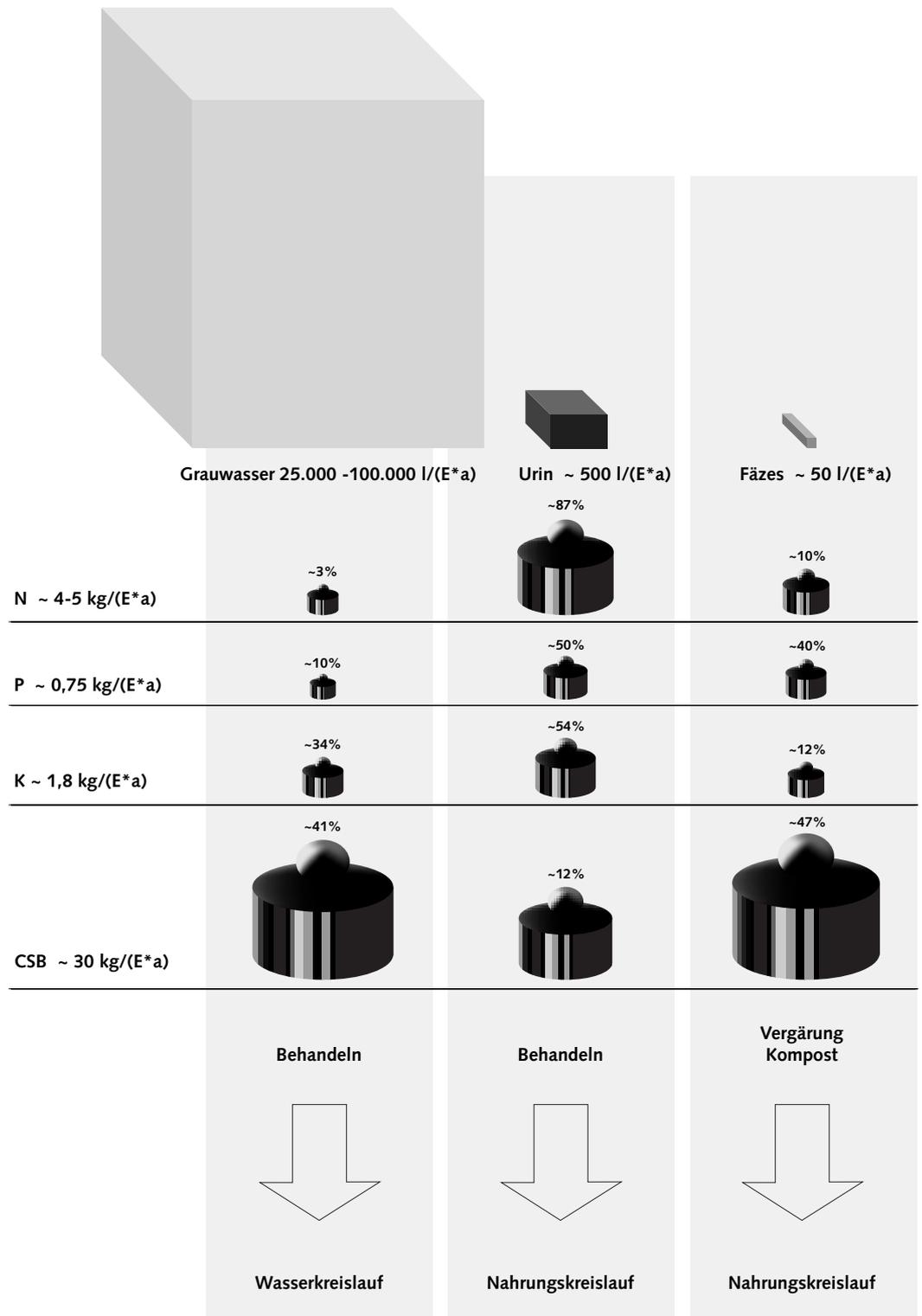


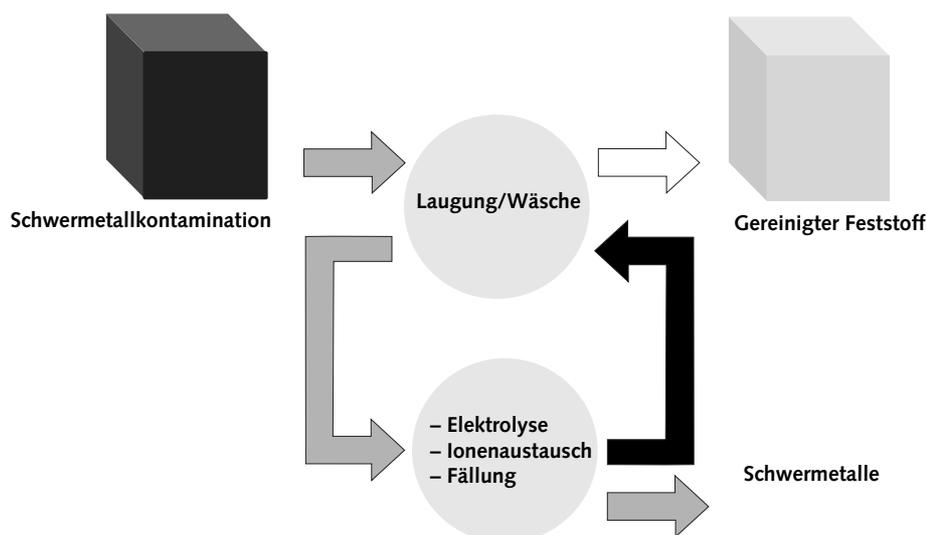
Abb.2
Volumenströme des
häuslichen Abwassers
mit den jeweiligen
Frachtanteilen

chemischen Testverfahren lassen sich die Kosten für Altlastensanierungen und Eindämmung von Schadensfällen durch eine realistische Bewertung der Gefährdungspotenziale begrenzen.

Instrumentierung für die Wetter-, Klima- und Atmosphärenforschung

Zu dem weiten und (über)lebenswichtigen Aufgabenfeld Schutz und Erhaltung der Umwelt gehören auch Kenntnisse über Zusammensetzung und Veränderungen unserer Atmosphäre, der mittel- und langfristigen Entwicklung des Klimas sowie seiner kurzfristigen Erscheinungen, die man Wetter nennt. Zur Erforschung von Zustand und insbesondere Änderungen, die schließlich in eine Vorhersage auf unterschiedlichen Zeitskalen münden sollen, bedarf es einer genauen und komplexen Messtechnik, die zu einem sehr großen Teil von der Hochfrequenztechnik geliefert werden kann. Zur Gewinnung von Messdaten bedient man sich terrestrischer sowie flugzeug- und satelliten-gestützter Messplattformen.

In der Wetterforschung (Meteorologie) geht es allgemein um die Erfassung und – darauf aufbauend – Vorhersage von Energie- und Wasserkreisläufen in der Atmosphäre. Dazu sind Strömungsfelder in der Luft (der „Windvektor“) ebenso zu messen wie die Entstehung von Wolken sowie Temperatur- und Niederschlagsverteilung. Die Hauptaufgabe der Klimaforschung (Klimatologie) ist es, sich abzeichnende Klimaveränderungen bereits im Entstehen erkennen zu können, um daraus Vorhersagen abzuleiten. Hierzu bemüht man sich, aus der bisherigen Klimageschichte auf der Erde zu lernen. Diese Klimageschichte ist in hervorragender Weise in den Eis- und Schneeablagerungen auf Grönland sowie auch in der Antarktis aufgezeichnet. Deren Schichtdicke sowie gelegentliche Einlagerungen darin erlauben eine Zeitbestimmung. Zu ihrer Bestimmung sind entsprechende Messtechniken zu entwickeln. Dringende und jedem einleuchtende Fragestellungen der Atmosphärenforschung sind die Erfassung der Zusammensetzung der At-



mosphäre, der Einlagerung und Konzentration von Schadgasen oder der Mächtigkeit und Konzentrationsverteilung innerhalb der Ozonhülle.

In welcher Weise können die skizzierten Messaufgaben von elektromagnetischen Wellen übernommen werden? Dazu nutzt man zwei unterschiedliche Effekte aus: Zum einen sendet jede Materie elektromagnetische Strahlung aus, deren Leistung in einem weiten Frequenzbereich von praktisch 0 Hertz bis ungefähr 500 Milliarden Hertz unabhängig von der Frequenz ist. Sie kann besonders präzise in einem Frequenzbereich oberhalb 10 Milliarden Hertz mit einem Radiometer gemessen werden. Zum anderen wird elektromagnetische Strahlung beim Durchtritt durch einen Stoff oder nach einer Reflexion innerhalb dieses Stoffes u.a. in ihrer Intensität sowie Polarisation verändert. Um diese Veränderung aufzunehmen, sendet man eine möglichst leistungsstarke elektromagnetische Welle oder auch ein Wellenpaket aus und vergleicht das durch die Stoffverteilung beeinflusste Signal mit dem Sendesignal. Das entsprechende Messgerät wird Radar genannt.

Die Aktivitäten zur Instrumentierung für die Wetter-, Klima- und Atmosphärenforschung an der TUHH lassen sich in zwei Gruppen einteilen: In dem

Frequenzbereich unter 100 Milliarden Hertz geht es meist um Systemfragen, da hier Radargeräte und Radiometer zum Teil schon seit Jahrzehnten aufgebaut worden sind. Oberhalb einer Frequenz von etwa 100 Milliarden Hertz sind dagegen stark physikalisch ausgerichtete Grundlagen zu erforschen, da hier bis heute noch keine Radiometer oder Radargeräte realisiert worden sind. In einem geplanten Sonderforschungsbereich mit den Arbeitsbereichen Hochfrequenztechnik, Halbleitertechnologie, Optik, Elektronik und Nachrichtentechnik sollen hochfrequenztechnische Messmittel zur Lösung meteorologischer Fragestellungen durch solche der Partner ergänzt und vervollständigt werden, um so bis heute noch nicht erreichte Aussagen, beispielsweise über die Wasserverteilung in einem Wolkenfeld, zu gewinnen. Dem Sonderforschungsbereich sollen Gruppen aus der Meteorologie des Max-Planck-Institutes in Hamburg sowie von der Universität Hamburg angehören.

(Wolfgang Calmano,
Ralf Otterpohl,
Klaus Schünemann,
Knut Wichmann)

Abb.3
Kreislaufprozess für
eine Reinigung
metallkontaminierter
Feststoffe

Neue Energiesysteme und Energiemanagement

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrated
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energiemanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Die Versorgung der Weltbevölkerung mit elektrischer und thermischer Energie ist eine wichtige Aufgabe zur Sicherung des Lebensstandards und der wirtschaftlichen und technischen Entwicklung. Für die Erzeugung dieser hochwertigen Energien stehen verschiedene Primärenergieträger zur Verfügung, deren Ressourcen begrenzt sind und die die Umwelt bei der Energieumwandlung in unterschiedlichem Maße belasten.

In den zurückliegenden 25 Jahren wurden Richtlinien und Gesetze zur Reinhaltung der Luft und zur Verwertung von Reststoffen erlassen, die zunächst seit Beginn der 80er Jahre die Reduzierung der SO₂-Emissionen durch den Einsatz von nassen Rauchgasentschwefelungsanlagen und seit Mitte der 80er Jahre die der NO_x-Emissionen durch feuerungstechnische Primärmaßnahmen und den Einsatz von SCR-Anlagen zur Folge hatten. Seit Anfang der 90er Jahre steht die Minderung der CO₂-Emissionen im Vordergrund, die im wesentlichen durch die Verbesserung der Kraftwerkswirkungsgrade und den Einsatz entsprechender Brennstoffe erreicht werden muß. Für die Zukunft ergibt sich aus dem zu deckenden Weltenergiebedarf, dem Entwicklungsstand der Energieanlagen für die verschiedenen Primärenergieträger und den Richtlinien und Gesetzesvorgaben folgendes Energieszenario:

- Trotz ihrer hohen CO₂-Emissionen wird Kohle auch in Zukunft der Sockel für die Deckung des weltweiten Primärenergiebedarfes sein.
- Beim Einsatz von Erdgas wird im Vergleich mit einem steinkohlegefeuerten Kraftwerksblock bei gleicher erzeugter elektrischer Leistung lediglich ca. die Hälfte an CO₂-Emissionen produziert, wenn das Erdgas in einem kombinierten Gas/Dampfturbinenprozess verfeuert wird. Aus diesem Grund und auch weil derartige Anlagen eine sehr geringe Kapitaldienstzeit besitzen, ist der Erdgaseinsatz in den letzten Jahren deutlich stärker gestiegen als der Einsatz jedes anderen Brennstoffes, und

es wird prognostiziert, daß dieser Anstieg weiter anhält.

- Die Kernenergie erzeugt zwar keinerlei CO₂-Emissionen, wird aber aller Voraussicht nach aufgrund politischer Widerstände weltweit gesehen in etwa auf ihrem heutigen Niveau bleiben.
- Obgleich die regenerativen Energien nur einen sehr geringen Anteil an der Deckung des gesamten weltweiten Energieverbrauches besitzen, ist ihre Verwendung die wichtigste Option beim Übergang in eine nachhaltige und klimaverträgliche Energieversorgung. Politisch strebt man daher für Deutschland im Jahr 2010 10 % der Stromerzeugung aus regenerativen Energien an – mit einer weiteren Steigerung bis zum Jahr 2050 von 10 % je Dekade. Um dies zu erreichen, muß auch die Biomasseverwertung mit ihrer ausgeglichenen CO₂-Bilanz einen wesentlichen Beitrag leisten.

Vor dem Hintergrund dieser Mischung aus Primärenergieträgern zur weltweiten Energieerzeugung, der bei der Klimakonferenz in Kyoto festgelegten CO₂-Minderungs-Ziele und zusätzlich der Liberalisierung der Energiemärkte in Europa können folgende Konsequenzen für die zukünftige Entwicklung des Primärenergieeinsatzes und der dabei verwendeten Energieumwandlungsprozesse gezogen werden, die gleichzeitig zukünftige Forschungsfelder an der TUHH sind:

Kohle

Da auch in Zukunft ein wesentlicher Anteil des weltweiten Primärenergiebedarfes durch Kohle gedeckt wird, ist es besonders wichtig, bei kohlegefeuerten Kraftwerken Wege für die Wirkungsgradverbesserung aufzuzeigen und zu realisieren, die unmittelbar zu einer CO₂-Minderung führen (Abb.1).

Beim konventionellen Dampfkraftprozess ist als Entwicklungsziel in den nächsten 10 bis 15 Jahren insbesondere die weitere Steigerung der Dampfparameter Druck und Temperatur auf 350 bar/700 °C zu nennen. Eine neue Entwicklungsrichtung bei der Verfeuerung von

Braunkohle ist die energetisch günstige Trocknung der Rohbraunkohle vor dem Eintrag in den Dampferzeuger, welche den Wirkungsgrad deutlich erhöht und damit die CO₂-Emissionen um mehr als zehn Prozent reduziert. Zwei dafür verwendbare Verfahren werden zur Zeit als Demonstrationsanlagen gebaut.

Die Kohle-Kombikraftwerke sind durch die Erfolge der konventionellen Kraftwerkstechnik in den letzten Jahre stark unter Druck geraten. Neben den bereits bestehenden Aktivitäten auf dem Gebiet der Druckwirbelschichtfeuerung bei der Anlage Cottbus, wird als weiteres Betätigungsfeld der TUHH auf diesem Sektor insbesondere die Optimierung der Kreisprozesse solcher Kombianlagen gesehen.

Erdgas

Um beim Einsatz von Erdgas noch weniger CO₂-Emissionen zu erzeugen, müssen weitere Wirkungsgradverbesserungen für die erdgasgefeuerten Kombiprozesse (Abb. 2) erreicht werden. Dabei ist eine Steigerung des Wirkungsgrades zum einen durch eine weitere Anhebung der Gasturbinen-Eintrittstemperatur, zum anderen insbesondere aber auch durch eine Optimierung auf der Wasser/Dampf-Seite zu erzielen. Wegen der dabei bei den Mehrdruck-Prozessen steigenden Dampfdrücke wird in den Abhitzedampferzeugern zunehmend die Zwangdurchlauf-Technologie angewendet, die an die Randbedingungen dieses Prozesses angepasst werden muß.

Mittelfristig wird das Interesse an der Förderung unkonventioneller Gasreserven, wie z.B. den Gashydraten steigen, die unter Eisschichten und vor allem unter dem Meeresboden lagern. Sie stellen ein riesiges Energiereservoir für die Zukunft dar, ihre Förderung könnte aber auch schwere Umweltprobleme verursachen. In diesem Bereich entsteht zukünftig ein hoher Forschungsbedarf, der von der TUHH aufgrund der hier vorhandenen maritimen Kompetenz zu einem guten Teil abgedeckt werden kann.

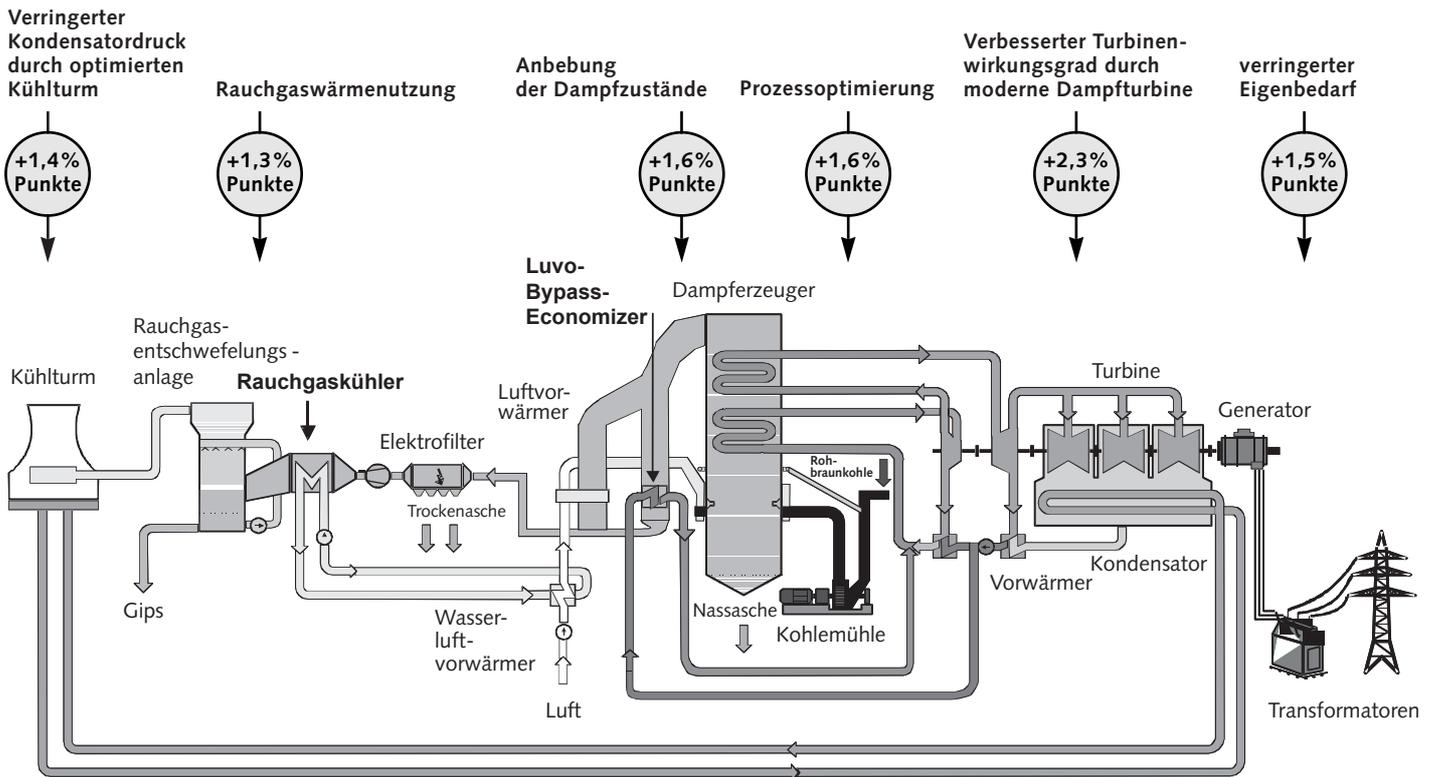


Abb. 1
Verbesserung des Wirkungsgrades bei konventionellen Kohlekraftwerken

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energiemanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Biomasse

Die Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse bietet eine ausgeglichene CO₂-Bilanz. Deshalb wird die Eingliederung solcher Biomasse-Verbrennungs- und -Vergasungsanlagen in dezentrale oder industrielle Versorgungsnetze in Europa besonders gefördert. Aufbauend auf den bereits bestehenden Aktivitäten zur Verbrennung und Vergasung von Biomassen in Wirbelschichten an der TUHH sollen eine weitere Verbrennungs- und Vergasungsanlage sowie ein Labor errichtet werden. In der neuen Anlage sollen das Verbrennungs-/Vergasungs- und Emissionsverhalten verschiedener Biomassen getestet und optimiert sowie charakteristische Kennzahlen für diese unkonventionellen Brennstoffe definiert und in einer Datenbank zugänglich gemacht werden. Den Betreibern von Biomasseanlagen steht damit in Zukunft ein Kompetenzzentrum zur Verfügung, das bei der Auswahl und der Handhabung von Biomasse berät und die Fahrweise insbesondere der Vergasungsanlagen optimieren kann.

Solarzellen

Zum gegenwärtigen Stand der Technik sind Solarzellen auf Basis von einkristallinem bzw. polykristallinem Silizium wegen ihres relativ hohen Wirkungsgrades und ihrer hohen Zuverlässigkeit bei noch vertretbaren Kosten die Hauptträger der direkten Wandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie. Die Herstellungskosten dieser Zellen können durch eine Verminderung der Materialverluste beim Präparieren (Sägen, Polieren) weiter gesenkt werden. Dies wird durch ein neues Verfahren erreicht, das im Arbeitsbereich Halbleitertechnologie in Zusammenarbeit mit dem Hahn-Meitner-Institut in Berlin entwickelt wird. Forderungen sind dabei die Einhaltung der für die ausreichende mechanische Stabilität notwendigen Dicke und die gleichzeitige Herstellung großflächiger und direkt verschalteter Zellen auf Basis von kristallinem Silizium.

Brennstoffzelle

Im letzten Jahrzehnt wurden für verschiedene Anwendungsfälle und Brennstoffe unterschiedliche Brennstoffzellentypen entwickelt, für die teilweise schon beträchtliche Betriebserfahrungen vorliegen. Da die Kosten allerdings immer noch sehr hoch liegen, wird an der Optimierung von Membran-Herstellungsverfahren und der Brennstoffzellenanlagen gearbeitet. An der TUHH soll eine Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC) auf der Basis von plasmapolymersierten ionenleitenden Membranen, wie sie insbesondere in Anwendungen für Kraftfahrzeuge und mobile Kleinverbraucher benötigt werden, realisiert werden. Durch einen speziellen Dünnschichtprozess lassen sich hocheffektive integrierte, intern verschaltete Brennstoffzellen mit geringem Edelmetallbedarf herstellen.

Als weiteres Forschungsziel ist die Integration von Brennstoffzellen in konventionelle Anlagen wichtig, um gerade kleinere dezentrale Anlagen optimal an die Bedarfe der Verbraucher anpassen zu können. Es ist geplant, eine PAFC-Brennstoffzelle (Phosphor-Acid-Fuel Cell) mit 200 kW_{th} Leistung in das Versorgungsnetz der TUHH einzubinden. Das Betriebsverhalten der Zelle im Verbund mit Gasmotoren, Solarzellen und einer Kälteanlage soll untersucht und optimiert werden. Für die Gesamtanlage, die auch für andere dezentrale Netze, z.B. für öffentliche Gebäude, Kliniken oder Sportanlagen interessant ist, soll ein Managementsystem entwickelt werden, mit dem die Fahrweise der Strom- Wärme- und Kälteerzeuger wirtschaftlich optimal aufeinander abgestimmt wird.

Gebäudetechnik

Ein Schwerpunkt der Arbeiten an der TUHH auf dem Gebiet der Energieversorgung von Gebäuden ist die Untersuchung der Beziehung zwischen Nutzer und Technik. Die unbestreitbaren Erfolge bei der Entwicklung neuer Energiesysteme haben im sog. HuK-Bereich (Haushalte und Kleinverbraucher) bisher – absolut gesehen – nicht zu einer Reduzierung des

Energiebedarfs geführt. Offenbar gibt es Faktoren wie z.B. das Nutzerverhalten, die die positive Wirkung neuer Energiesysteme im Gebäudebereich wie z.B. neue Lüftungssysteme konterkarieren. Zur Untersuchung dieses Einflusses kommen neue Simulationsmöglichkeiten zur Modellierung thermodynamischer Systeme zum Einsatz. Anders als bei rein regelungstechnisch basierten Simulationstools wie z.B. Simulink ist es mit neuen objektorientierten Programmiersprachen wie Smile oder Modelica wesentlich einfacher, die Einhaltung der Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie sicherzustellen. Diese neuen Simulationsumgebungen werden auch zur Entwicklung neuartiger Fassadenelemente eingesetzt, die eine intelligente Nutzung der einfallenden Solarenergie ermöglichen, gleichzeitig bei Bedarf aber auch Kühlen können.

Neben der Optimierung von Anlagen und Prozessen im Inland tritt auch mehr der Gedanke in den Vordergrund, Maßnahmen zur rationellen Energieverwendung dort zu implementieren, wo sie den größten Klimaschutzeffekt haben. Als Beispiel seien Aktivitäten der TUHH zur Optimierung von Klimaanlagen in Shanghai mit Hilfe von „desiccant wheels“ genannt. Dies sind Adsorptionsräder die mit Hilfe von Abwärme eine Vortrocknung der Luft bewirken.

Die Forschungsaktivitäten der TUHH auf dem Gebiet der Energiesysteme werden neben den Projekten im Bereich der konventionellen Kraftwerkstechnik wesentliche Aufgabenstellungen bei der Entwicklung, Optimierung und Integration neuer Energiesysteme aufgreifen und auf diese Weise die gesteckten Ziele zur CO₂-Minderung und zum weiteren Umweltschutz voran bringen.

(Alfons Kather)

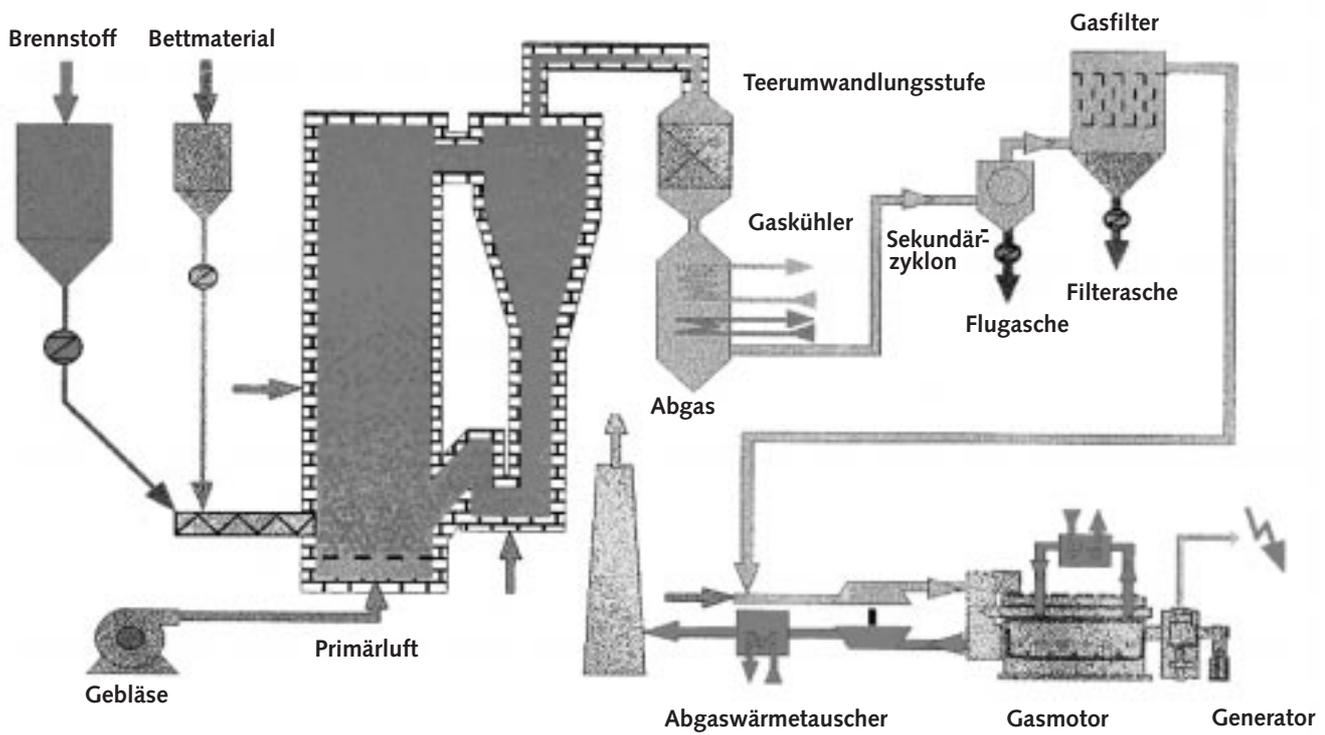


Abb.2
Kraft-Wärme-Koppelung
mit Holz-/Biomasse-
(Zirkulierende Wirbel-
schicht-) Anlage

Nachhaltige Stadtstrukturen

Handlungsansätze und Forschungsaufgaben

10 Strategische
Forschungsfelder

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrated
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energiemanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung hat auf dem „Erd-Gipfel“ von Rio de Janeiro im Jahre 1992 das Prinzip einer nachhaltigen Entwicklung („sustainable development“) auf die Tagesordnung gesetzt und mit der „Agenda 21“ Handlungsanweisungen für eine Entwicklungspolitik formuliert, die das gesellschaftliche Streben nach Wohlstand und sozialer Sicherheit in Einklang bringen soll mit den natürlichen Grundlagen des Lebens und der Wahrung der Regenerationsfähigkeit der Ökosysteme. In diesem Sinne ist eine gesellschaftliche Entwicklung nachhaltig, wenn die Absorptions- und Regenerationsfähigkeit der Ökosysteme nicht überfordert wird.

Mit dem antinomischen Leitbild der Nachhaltigkeit wird das Spannungsverhältnis von Erhaltung und Entwicklung thematisiert. Es wird damit die Erwartung verbunden, dass die aktuellen und zukünftigen ökologischen, sozialen und ökonomischen Probleme gelöst werden können, ohne diese Probleme auf die nächste Generation oder andere Kontinente zu verlagern. Zentrales Merkmal der „Agenda 21“ ist der Versuch, ökologische, wirtschaftliche und soziale Entwicklungsziele zu verknüpfen und die daraus resultierenden Zielkonflikte in gesellschaftlichen Abwägungsprozessen zu lösen. Der Leitbildcharakter nachhaltiger Entwicklung und die notwendigen Anpassungszeiträume legen es nahe, zwischen Ziel und Wegen zu unterscheiden. Das Ziel der Nachhaltigkeit kann nur in langfristigen Such- und Anpassungsprozessen erreicht werden. Die erforderlichen sozialen, ökonomischen und technologischen Anpassungsprozesse können als „Wege zur Nachhaltigkeit“ beschrieben werden.

Stadtentwicklung und Nachhaltigkeit

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts lebten ungefähr fünf Prozent der Weltbevölkerung in Städten, heute lebt mehr als die Hälfte der Menschheit in Städten und bis zum Jahre 2030 werden 80 % der Menschen Stadtbewohner sein. Angesichts dieser zentralen Bedeutung der Städte für die Lebens- Arbeits- und Wohnverhältnisse der Menschen scheint eine im Weltmaßstab zu verwirklichende nachhaltige Entwicklung kaum denkbar, ohne einen ökologischen Umbau der Städte. In den Städten konzentrieren sich die Güterproduktion, die Energie- und Stoffumsätze, die intensive Nutzung von Flächen sowie die Verkehrsleistungen. Städte sind die Orte, in denen die Umweltprobleme besonders deutlich auftreten. Die räumliche Dichte und das hohe Maß an Umweltbelastung wirken sich nicht nur direkt auf die natürliche und gestaltete Umwelt aus, sondern auch indirekt auf die Formen des sozialen Zusammenlebens und die persönliche Entwicklung und Gesundheit der Stadtbewohner.

Umweltbelastungen in den Stadtregionen werden räumlich und zeitlich verlagert. Waren beispielsweise Luftbelastungen früher eher lokal wirksam, so sind sie heute mehr und mehr regional, national und global problematisch. Der saure Regen, die Zerstörung der Ozonschicht, und Treibhauseffekte sind Belege dafür, dass lokale und regionale Probleme schleichend zu globalen Risiken anwachsen.

HABITAT II, die zweite Konferenz der Vereinten Nationen zu menschlichen Siedlungen, hat 1996 in Istanbul den Gedanken der nachhaltigen Entwicklung aufgenommen und als zentrale Maxime der Siedlungspolitik und Stadtentwicklung weiterentwickelt und konkretisiert. 1998 wurde in die Novellierung des Bau- und Raumplanungsgesetzes der Grundsatz aufgenommen, dass eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung anzustreben sei. Dabei bedeutet nachhaltige Stadtentwicklung zunächst, gleichzeitig die Lebensqualität vor Ort zu verbessern und die Bedürfnisse der heute und in Zu-

kunft lebenden Bevölkerung zu befriedigen, ohne dabei die Bedürfnisse der Menschen in anderen Regionen einzuschränken.

In Deutschland leben rund 80 Prozent der Bevölkerung in Stadtregionen. Die Stadtentwicklung in Deutschland wird von den Prinzipien einer technisierten, hochgradig arbeitsteiligen und individualisierten Gesellschaft bestimmt. Folgende Trends stellen die größten Herausforderungen an eine ressourcenschonende und umweltverträgliche Stadtentwicklung dar:

- Eine „flächenfressende“ Siedlungsdispersion, durch die räumliche Ausdehnung der Siedlungsfläche in das weitere Umland der Agglomerationen;
- eine zunehmende räumlich-funktionale Entmischung von Wohnungen, Arbeitsstätten, Versorgungs- und Freizeiteinrichtungen, sowie
- der Anstieg und die räumliche Ausweitung des motorisierten Individual- und Wirtschaftsverkehrs.

Die Orientierung der Stadtentwicklung an den Zielen der Nachhaltigkeit bedeutet ein völliges Umdenken. Veränderte Produktions-, Konsum- und Mobilitätsformen, neue Verwaltungskonzepte und neue politische Praktiken sind erforderlich, um Wege zu einer Ausgewogenheit zwischen ökonomischer, ökologischer und sozialer Entwicklung zu öffnen. Bauweisen, Architektur, Siedlungsstrukturen und Stadtplanung sind nach den Zielen der Nachhaltigkeit neu zu bewerten, scheinbar bewährte Kriterien und Maßstäbe neu zu diskutieren.

Was sich kurzfristig als nützlich erweist, kann mittel- bis langfristig kontraproduktiv und nicht zukunftsfähig sein; was als Einzelbauwerk für sich genommen ökologisch und nachhaltig erscheint, kann sich im größeren räumlichen Maßstab als nicht nachhaltig erweisen und was sektoral als sinnvolle Strategie etwa des Wohnungsneubaus entwickelt wurde, mag ganzheitlich bewertet sich als nicht tragfähig erweisen.

Die Verknüpfung ökonomischer, sozialer und ökologischer Entwicklungsziele in dem Bereich „Bauen und Wohnen“

(Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages)

Ökonomische Zielsetzungen

- Minimierung der Lebenszykluskosten von Gebäuden (Erstellung, Betrieb, Instandhaltung, Rückbau, Recycling etc.)
- relative Verbilligung von Umbau- und Erhaltungsinvestitionen im Vergleich zum Neubau
- Optimierung der Aufwendungen für technische und soziale Infrastruktur
- Verringerung des Subventionsaufwandes

Soziale Zielsetzungen

- Sicherung bedarfsgerechten Wohnraums nach Alter und Haushaltsgröße; erträgliche Ausgaben für „Wohnen“ auch für Gruppen geringeren Einkommens im Sinne eines angemessenen Anteils des Haushaltseinkommens
- Schaffung eines geeigneten Wohnumfeldes, soziale Integration, Vermeidung von Ghettos
- Vernetzung von Arbeiten, Wohnen und Freizeit in der Siedlungsstruktur
- „Gesundes Wohnen“ innerhalb wie außerhalb der Wohnung
- Erhöhung der Wohneigentumsquote unter Entkoppelung von Eigentumsbildung und Flächenverbrauch
- Schaffung bzw. Sicherung von Arbeitsplätzen im Bau- und Wohnungsbereich



Ökologische Zielsetzungen

- Reduzierung des Flächenverbrauchs
- Beendigung der Zersiedelung der Landschaft Geringhaltung zusätzlicher Bodenversiegelung und Ausschöpfung von Entsiegelungspotentialen
- Orientierung der Stoffströme im Baubereich an den Zielen der Ressourcenschonung; Vermeidung der Verwendung und des Eintrages von Schadstoffen in Gebäude bei Neubau, Umbau und Nutzung; Beachtung dieser Prinzipien bei der Schließung des Stoffkreislaufs bei Baumaterialien
- Verringerung der Kohlendioxid-Emissionen der Gebäude im Sinne des Beschlusses der Bundesregierung zur 25%-igen Reduktion insgesamt bis zum Jahr 2005

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energie-Management

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Forschungsfelder und -defizite:

Nachhaltigkeit operationalisieren und konkretisieren

Im Forschungsfeld „Nachhaltige Stadtstrukturen“ geht es neben dem Gebiet der „Nachhaltigen Stadtentwicklung“ vor allem um die Entwicklung neuer Bautechniken und -verfahren. Eine enge Verknüpfung gibt es zu Facilitymanagement-Systemen und dem Thema Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik.

„Nachhaltige Stadtentwicklung“ ist der Ansatz, die Entwicklung der Stadt und städtischer Siedlungsstrukturen unter den Vorbehalt des Ressourcenschutzes und der Umweltverträglichkeit zu stellen. Bei der ökologischen Zielsetzung geht es zunächst um die Art und Weise, wie die Ressourcen in der Stadt genutzt werden; zum zweiten um die stofflichen Austauschprozesse der Stadt mit anderen Gebieten, vor allem mit dem Umland, und zum dritten um die räumlichen Nutzungs- und Ordnungsstrukturen der Stadt. Diese räumlichen Strukturen beanspruchen in erheblicher Weise Fläche, sind teilweise energetisch ineffizient und erzeugen einen zunehmenden Verkehr.

Defizite der Forschung liegen in der Differenzierung von gesellschaftlichen Handlungsketten, die zu dem hohen Ressourcenverbrauch und der Belastung der Umwelt führen, sowie einer Differenzierung von Stoffen, Energieträgern, biophysikalischen und chemischen Kreisläufen. Noch größere Defizite liegen allerdings darin vor, wie dieses Wissen angewandt werden kann (Implementierungswissen). Hier geht es vor allem darum, den Kreislaufgedanken konsequent umzusetzen und die städtische „Durchflusswirtschaft“ in eine „Kreislaufwirtschaft“ umzulenken.

Bei der ökonomischen und sozialen Zielstellung nachhaltiger Stadtentwicklung geht es vor allem darum, die Selbstanpassungs- und Regenerationsfähigkeit von Wirtschaft und Gesellschaft im Hinblick auf „offene Zukünfte“ zu stärken und den ökonomischen und sozialen Polarisierungs- und Segmentierungstendenzen entgegenzuwirken (Stärkung der ökonomischen und sozialen Kohärenz bei gleichzeitiger Diversität). Die Schlagworte „Effizienzrevolution“ und „Suffizienzrevolution“ deuten die komplementären Aspekte eines neuen Umgangs mit Energie und Ressourcen einerseits sowie die damit einhergehenden Veränderungen von Produktions-, Verbrauchs- und Lebensformen andererseits an.

Defizite der Forschung liegen vor allem in der Entwicklung geeigneter Regulationsmechanismen („Rückkoppelmechanismen“), die die ökologischen und ökonomischen Folgen von Verhaltensweisen für die Verursacher erfahr- und verantwortbar machen. Große Defizite liegen auch hier im Implementierungswissen, beispielsweise der Entwicklung neuer dialogorientierter Politikformen, der Entwicklung problemorientierter Kooperations- und Handlungsstrukturen und die Förderung von Initiativen und Eigenverantwortung „vor Ort“.

Auch neue Facilitymanagement-Systeme und -konzepte leisten einen Beitrag zur Stadtentwicklung, denn der Verbund von Haustechniksystemen führt über deren Gestaltung und Betrieb zu neuen Quartierssystemen. Ziel ist es, die Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme, Wasser, Luft, Elektrizität und Informationsdiensten so zu gestalten und zu betreiben, dass Rohstoffe und Energie sparsam und rationell eingesetzt werden und die Entsorgung von Reststoffen möglichst gering gehalten wird, bei optimaler Erfüllung der Bedürfnisse der Nutzer. Dazu sind die technischen, betriebsorganisatorischen und personellen Voraussetzungen sowie die sozio-ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen weiter zu entwickeln. Zu den technischen Voraussetzungen gehört die Planung, die

Installation und der Betrieb von Systemen zur dezentralen Energieerzeugung und zur Nutzung regenerativer Energien incl. der gesteuerten Energieverteilungssysteme. Noch zu erforschende Verbünde von Haustechniksystemen bezüglich der Energieerzeugung und der Ver- und Entsorgungsnetze und -einrichtungen führen zu Quartierssystemen, deren Gestaltung und Betrieb wichtige Bausteine für nachhaltige Stadtstrukturen bilden.

Die Entwicklung neuer Bautechniken und Verfahren ist ein weiteres Element nachhaltiger Stadtstrukturen. Die Weiterentwicklung der Bauverfahren und Bauweisen für unterschiedliche Bauaufgaben insbesondere durch Erforschen der Grundlagen zum physikalischen Baustoff- und Bauteilverhalten und ihrem Trag- und Verformungsverhalten, durch Formulieren der erforderlichen Ingenieurmodelle mit Berechnungs- und Konstruktionsregeln im Hinblick auf Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit sind Gegenstand dieses Forschungsgebietes. Hinzu kommt die gezielte Verbesserung der Baustoff- und Bauteileigenschaften im Hinblick auf Verarbeitung, Herstellung, Dauerhaftigkeit, gesundheitliche Unbedenklichkeit, Nachhaltigkeit und Wiederverwertbarkeit.

Das Forschungsgebiet Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik ist notwendiger Bestandteil jeder Überlegung zu nachhaltigen Stadtstrukturen und schließt die integrierte Gestaltung von Verkehr und Logistik insbesondere in regionalen Lebensräumen ein. Da Verkehrsinfrastruktur nicht beliebig vermehrbar ist (Kosten und Nutzungskonflikte im städtischen Raum), müssen neue Wege und Lösungen gesucht werden. Durch Optimierung der Informationsflüsse und durch geeignete, übergeordnete regionale Strukturen unter Einbeziehung der Raumstruktur und der Verkehrsinfrastruktur ist das neue Feld „Logistik und Personenverkehr“ zu entwickeln. Neue Möglichkeiten der Informationstechnik erlauben Mobilitäts- und Transportberatung sowie „demand management“.

Schließlich gibt es noch keine bewährten Nachhaltigkeitsindikatoren für die Analyse von Stadt- und Siedlungsstrukturen. Räumliche, sektorale und zeitliche Aspekte sind in Indikatoren, Operationalisierungen und Bewertungsmaßstäbe zu integrieren, die über Veränderungen und Abweichungen, Erfolge und Misserfolge Auskunft geben. Der zielgenaueste Indikator ist wiederum nutzlos, wenn es zu ihm keine Daten gibt. Indikatoren müssen dabei verständlich, also kommunizierbar und exakt sein.

Städte sollen ihre Probleme nicht exportieren, sondern Ungleichgewichte auf lokaler Ebene ausgleichen. Der Strukturwandel wird sich jedoch nur dann in Richtung „Nachhaltigkeit“ bewegen, wenn es gelingt, ihn mit einer Veränderung der Wirtschafts- und Lebensweise in unseren Städten zu verbinden. Insofern müssen die ökonomischen und sozialen Bezüge einer nachhaltig orientierten Stadtentwicklungspolitik zusammen mit ihren baulichen Konsequenzen sowohl Gegenstand wissenschaftlicher Forschung als auch des öffentlichen Diskurses sein.

*(Dieter Lämple
In den Ausführungen sind
Textbeiträge eingearbeitet
von Eckhard Kutter, Joseph Pangalos,
Jürgen Pietsch und Dirk Schubert)*



Transport- und Verkehrssysteme

10 Strategische
Forschungsfelder

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energie-Management

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 **Transport- und
Verkehrssysteme**

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Leistungsfähige Transport- und Verkehrssysteme kennzeichnen einen modernen Industrie- und Wirtschaftsstandort. Zur Erhaltung von Mobilität sind neben den planerischen Voraussetzungen auch die technischen Voraussetzungen zu erarbeiten. Hierzu gehören zukunfts-trächtige Konzepte für Verkehrstelematik und autonome Robotersysteme ebenso wie die Erforschung wichtiger Technologien und neuer Werkstoffe für die Verkehrsindustrie.

Ein wichtiges Forschungsgebiet der TUHH im Rahmen integrierter Transport- und Verkehrssysteme ist Mobilitätsmanagement durch Verkehrstelematik. Die effiziente Steuerung von Transport- und Verkehrsprozessen ist die Voraussetzung für die Konkurrenzfähigkeit der europäischen Länder untereinander und in Bezug auf die Länder der Welt. Sie ist auch notwendig, um die hohen Mobilitätsanforderungen von Menschen und Gütern nachhaltig zu sichern. In Transportprozessen ist es wichtig, eine hohe Auslastung von Transportmitteln zu erreichen; in Verkehrsprozessen muss die Beanspruchung und Ausnützung der Infrastruktur wesentlich verbessert werden. Diese Forderungen können nur erreicht werden, wenn alle Verkehrsarten zusammenwirken in einem gesamten, nahtlosen, intermodalen System. Dies wird machbar durch eine intensive Verwendung moderner Informations- und Kommunikationssysteme. Parallel und interaktiv müssen Fragestellungen der Systemmodellierung bearbeitet wie auch an der Entwicklung von technischen Systemen und Komponenten gearbeitet werden. Beispiele für Letzteres sind breitbandige Mobilfunksysteme und Verkehrstelematik mit Einsatz von leistungsfähigen Sensoren und Kommunikationseinrichtungen.

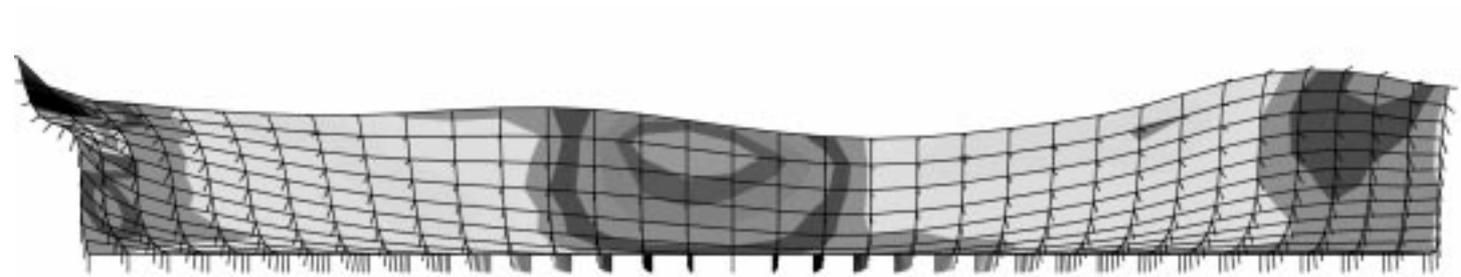
Ein bedeutsamer Ansatz in diesem Forschungsfeld ist die Entwicklung autonomer Roboter und Robotersysteme, wobei jedoch gilt, dass diese technischen Systeme auch in vielen anderen wichtigen Branchen wie z. B. Medizintechnik und Produktionstechnik eingesetzt werden können. Autonome Roboter sind ein Anwendungsobjekt, in dem mechanische Struktur, unterschiedliche Antriebstechnologien und Regelungen in Verbindung mit Sensorik und unterschiedliche Methoden der autonomen Energieerzeugung und der Energiespeicherung zur Anwendung kommen. Ziele der Forschung sind hierbei Reduzierung des Energieverbrauchs, Erhöhung der Genauigkeit, Selbstadaptation von Regel- und Steuerparametern, Erhöhung der Zuverlässigkeit und der Lebensdauer. Autonome Roboter werden durch äußere Einflüsse gesteuert, so dass Methoden der Bildverarbeitung, der Bilderkennung, der Signalübertragung ebenso von Bedeutung sind wie die Selbstüberwachung der Robotersysteme mit dem Ziel sich anbahnende Störungen frühzeitig zu erkennen und durch rechtzeitigen Eingriff einen Ausfall des Robotersystems zu verhindern.

Die Erforschung und Entwicklung von Technologien für die Verkehrsindustrie runden dieses Forschungsfeld ab. In intensiver Kooperation mit der Industrie wird an der TUHH an der Weiterentwicklung und Optimierung der Systeme und Systemtechnologien für Flugzeuge, Fahrzeuge und Schiffe im Hinblick auf daraus resultierende operationelle Verbesserungen (Sicherheit, Emissionen, Betriebskosten) gearbeitet. Diese integrativen Forschungsarbeiten erfordern neben der Neuentwicklung von Werkstoffen die Anwendung neuer Technologien und Systemarchitekturen sowie die Entwicklung effizienter Entwurfs- und Analysewerkzeuge, z.B. Virtual Prototyping und adaptive neuronale Netze. Für neuartige Schiffstypen und maritime Plattformen sowie deren Produktionsprozesse ist die Entwicklung innovativer Konstruktionen in der Schiffs- und Meerestechnik erfor-

derlich. Hinzu kommen Entwicklungen numerischer Simulationstechniken für Anwendungen bei vielfältigen Strömungsberechnungen sowie bei technisch-wirtschaftlichen Optimierungsproblemen, z.B. im Falle komplexer Land-See-Transportketten. Fragestellungen zur Reduzierung von Schadstoffemissionen sowie zu besonderen meerestechnischen Problemen erweitern das Forschungsspektrum.

Gerade die Schiffstechnik durchläuft zur Zeit einem Wandel hin zu einer Branche mit Zukunft. Seefähige Boote oder Flöße gibt es seit mindestens 30.000 Jahren, denn wie will man sonst die frühe Besiedlung Australiens durch Menschen erklären? Trotzdem ist das Entwicklungspotenzial des Schiffbaus nicht erschöpft. An vielen aktuellen Innovationen ist die TUHH durch eigene Forschungsvorhaben oder durch Gemeinschaftsvorhaben mit Partnern aus Industrie und anderen Hochschulen beteiligt. Beispiel ist die fruchtbare Kooperation mit dem Germanischen Lloyd.

Abb. 1.
Widerstandsänderungen bei Verschiebungen
der Schiffs-Außenhaut nach außen.
Jeder Farbwechsel entspricht 2,5 N pro mm
Verschiebung eines Netzpunktes.



Ein sehr altes Anliegen des Schiffbaus ist es, durch geeignete Formgebung des Schiffsrumpfes und seiner „Anhänge“ Ruder und Propeller Antriebsleistung einzusparen und so Maschinen- und Betriebskosten sowie Umweltbelastungen durch den Schiffsantrieb zu minimieren. Aber erst jetzt wird es möglich, hierzu statt der schwerfälligen Modellversuche mit Formvarianten wesentlich schnellere und billigere Berechnungen einzusetzen. Eine Voraussetzung dafür sind rechnerische Prognosen des Schiffswiderstands und des Propellerwirkungsgrads mit wenigen Prozent Fehlern. Dies Ziel wird von den an der TUHH dafür entwickelten Verfahren erreicht. Eine weitere Voraussetzung ist, dass die Berechnungen schneller als Modelländerungen sind. Hier sind Berechnungen unter Einbeziehung der Viskosität des Wassers und der

Turbulenz der Strömung erst an der Grenze der praktischen Verwendbarkeit: Auf Einprozessor-Rechnern dauert die Berechnung einer Schiffsumströmung für eine Schwimmelage und Geschwindigkeit noch mehrere Tage. Aber schon heute kann man durch eine Kombination reibungsfreier Berechnungen nach Potenzialmethoden mit empirischen Formeln für den Reibungswiderstand die notwendige Genauigkeit erreichen. Und solche Berechnungen erfordern nur rund eine Prozessor-Stunde. Nach einem an der TUHH entwickelten Verfahren kann man dabei sogar noch ohne wesentlichen Mehraufwand bestimmen, um wieviel der Widerstand sich verändert, wenn man die Schiffsform geringfügig, aber in ganz beliebiger Weise verformt (Abb. 1). Dies ist genau die für Formverbesserungen notwendige Information.

Da die erforderliche Antriebsleistung eines Schiffes sich aber nicht nur aus dem Widerstand und dem Propeller-Wirkungsgrad ergibt, sondern auch von der gegenseitigen Beeinflussung zwischen Propeller und Schiffsrumpf abhängt, ist als nächstes die Untersuchung dieser Wechselwirkung mit Potenzialmethoden geplant. Außerdem soll die Berechnung der Wirkungen kleiner Schiffsformveränderungen ausgedehnt werden auf die in Zukunft wohl überwiegend eingesetzten Verfahren, welche die Viskosität und Turbulenz explizit berücksichtigen. Dieser Problembereich soll in dem im Aufbau begriffenen CMT, dem Centrum für Maritime Technologien, untersucht werden.

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energemanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Es versteht sich beinahe von selbst, dass die raschen Fortschritte bei der Berechnung von Strömungen auch für andere Probleme der Schiffstechnik genutzt werden bzw. in Kürze benutzt werden sollen; z.B. zur Prognose und zur Optimierung der Manövrierfähigkeit und der Bewegungen von Schiffen und Plattformen im Seegang; zur Bestimmung der Wirkung der Windkräfte auf das Überwasserschiff; zur Optimierung der Raumlüftung; zur Ketersicherheit intakter Schiffe im Seegang; zur Prognose der Schwimmzeit beschädigter Schiffe im Seegang und zur Prognose der Ausbreitung von Wärme und Rauch im Brandfall. Gerade die genannten Havariefälle finden zur Zeit erhöhte Aufmerksamkeit, teils wegen spektakulärer Unglücke (z.B. Estonia), teils, weil mehr Schiffe in der Planung sind, die mehr Menschen an Bord (bis zu 10.000) haben können als jemals zuvor. Ohne solide Sicherheitsprognosen für Havariefälle erscheint der Bau derartiger Schiffe unverantwortlich. Für solche Prognosen sind die modernen Verfahren der Strömungsberechnung das entscheidende Hilfsmittel.

Innovationen bei Schiffsstrukturen

Für die tragende Struktur von größeren Schiffen und schwimmenden Plattformen ist Stahl nach wie vor das am Besten geeignete Material. Aber welche Art von Stahl? Bisher wird vor allem „Schiffbaustahl“ mit einer garantierten Streckgrenze von 240 Mega Pascal (MPa) sowie „höherfester“ Stahl mit 360 MPa Streckgrenze eingesetzt. Für sehr schnelle Schiffe, die als Fahrgastschiffe, als Fähren (zum Transport von PKW und Lastwagen) oder Roro-Schiffe (hauptsächlich für Lastwagenauflieger) gebaut werden, ist jedoch eine Leichtbauweise zwingend. Hierfür wird in einem von 13 Partnern getragenen EU-Forschungsvorhaben untersucht, wie man Stahl mit 690 MPa Streckgrenze für Schiffsstrukturen einsetzen kann – dieses bedeutet fast eine Verdopplung im Vergleich zum bisherigen „höherfesten“ Stahl. Kann man damit fast die Hälfte des Strukturgewichts ein-

paren? Jedenfalls nicht ohne grundlegende Änderungen in den Strukturdetails, in der gesamten Auslegung der Konstruktion und in den Fügeverfahren (Schweißen, eventuell Kleben). Besondere Beachtung erfordern z.B. die Festigkeit unter Schwingbelastung (Ermüdungsfestigkeit), das Knick- und Beulverhalten und der Korrosionsschutz. In dem Gemeinschaftsprojekt, das den praktischen Einsatz des hochfesten Stahls HTS690 vorbereiten soll, werden Schiffsstrukturen entworfen, berechnet, gefertigt und getestet (Abb. 2).

Um Schiffsstrukturen in einem Hochlohnland konkurrenzfähig fertigen zu können, müssen die benötigten Fertigungsstunden ständig gesenkt werden. Bisher muss ein erheblicher Teil der Fertigungsstunden für manuelle Nacharbeiten an ungenau gefertigten Strukturen aufgewendet werden. Zwar kann man die Bauteile mit hoher Genauigkeit ausschneiden; aber beim Schweißen entstehen Schrumpfun- gen, die die zulässigen Toleranzen für die Unebenheit von Platten und für die Passgenauigkeit von zu verschweißenden Kanten oft weit überschreiten. Viele Strategien werden zur Verringerung dieser teuren Nacharbeiten angewendet: Zum Beispiel Vorherbestimmen des Schweißverzugs und Berücksichtigung beim Ausschneiden bzw. Biegen und Einsatz von Schweißverfahren, die wenig Wärme einbringen und damit wenig Verzug bewirken.

An der TUHH wird an Lösungsbeiträgen für diese Probleme gearbeitet. Genannt seien die Vorausberechnung von Schweißschrumpfun- gen mit Hilfe moderner rechnerorientierter Analyseverfahren und, gemeinsam mit Industriepartnern, die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem unter den vielen tausend Details in der tragenden Struktur eines Schiffes die ermüdungskritischen rasch und sicher herausgefunden werden können.

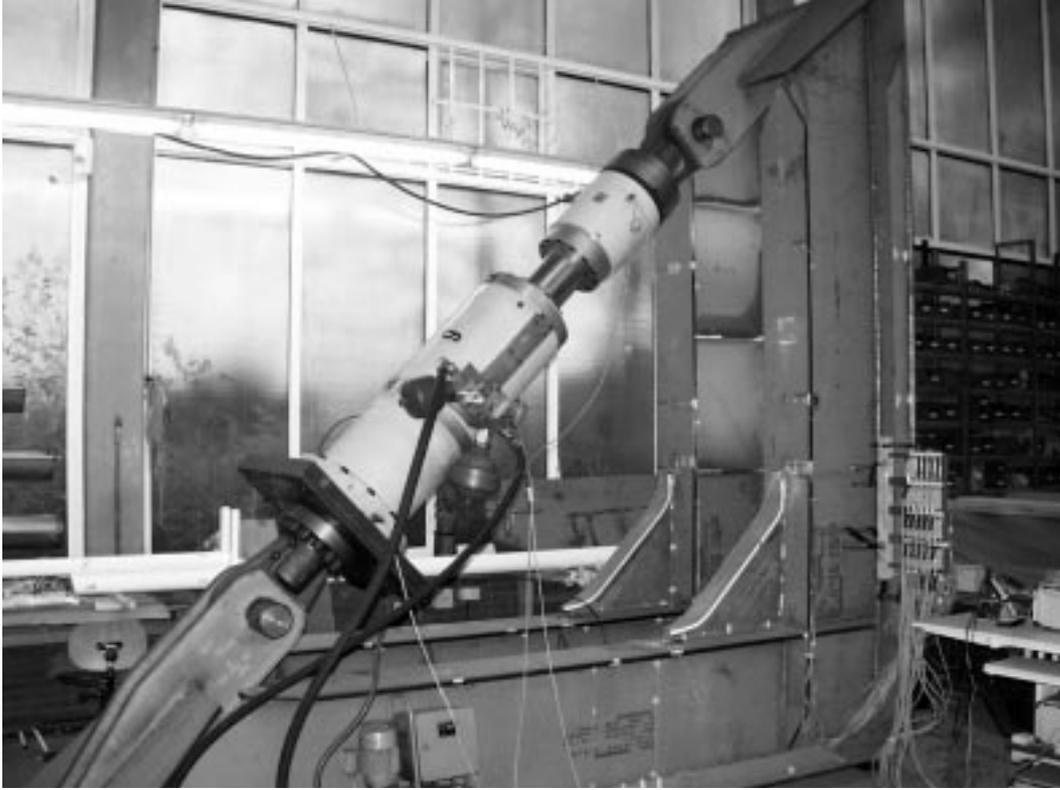
Ein anderes Projekt betrifft den Datenfluss vom Schiffsentwurf über die Dimensionierung der Konstruktion bis zum voll-

ständigen Produktdatenmodell, das das Schiff für Zwecke der Fertigung (oft an verschiedenen Orten) und für spätere Reparaturen normgerecht beschreibt und aus dem die Daten zur Steuerung der Fertigungsanlagen abgeleitet werden. Ein solcher durchgängiger Datenfluss kann die Entwurfs- und Konstruktionsarbeit so stark beschleunigen, dass es möglich wird, eine Vielzahl von Konstruktions-Alternativen zu untersuchen und dadurch Gewicht und/oder Kosten der Struktur zu senken.

Fazit

Ohne ständige Innovationen auf den verschiedensten Gebieten hätte der deutsche Schiffbau nicht gegen die harte internationale Konkurrenz bestehen können. Dass der Anteil des deutschen Schiffbaus am Weltschiffbau – von kurzfristigen Schwankungen abgesehen – über die vergangenen zwei Jahrzehnte etwa konstant geblieben ist, ist auch der schiffstechnischen Forschung zu verdanken. Die gestiegene Produktivität hat nicht zu einer Verminderung der Wertschöpfung oder zu einem Abbau von Ingenieuren geführt. Im Gegenteil: Es werden erheblich mehr Schiffbauingenieurinnen und -ingenieure gebraucht, als in Deutschland ausgebildet werden. Auch in Zukunft wird Forschung ein Mittel im Konkurrenzkampf der Werften sein, aber auch ein Anreiz für begabte junge Menschen, sich für eine Ingenieurität im Schiffbau zu entscheiden. Schiffstechnische Forschung als Basis für Innovation ist notwendig und wegen der steigenden Beliebtheit von Schiffsreisen sowie dem wachsenden Sicherheitsbedürfnis auch dringend erforderlich. Angesichts der wachsenden Bedarfe moderner Industriegesellschaften werden leistungsfähige Transport- und Verkehrssysteme – neben dem Einsatz neuer Kommunikationstechniken – Rückgrat der Infrastruktur bleiben.

(Lars Sjöstedt,
Heinrich Söding)



*Abb. 2. Versuchsaufbau zum Testen von
Rahmenecken aus hochfestem Stahl*

Neue Kommunikationstechniken

10 Strategische Forschungsfelder

1 Information als Wirtschaftsgut

2 Unternehmensorganisation

3 Produktions- und prozessintegrierter Umweltschutz

4 Nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen

5 Neue Energiesysteme und Energiemanagement

6 Nachhaltige Stadtstrukturen

7 Transport- und Verkehrssysteme

8 Neue Kommunikationstechniken

9 Materialien und Mikrosysteme mit neuen Funktionen

10 Biotechnologie und Medizintechnologie

Der exponentielle Anstieg der Nutzerzahlen in den Mobilfunknetzen und im Internet kennzeichnet die Kommunikationsnetze als einen Schrittmacher auf dem Weg in die Informationsgesellschaft. Das Forschungsfeld Neue Kommunikationstechniken schafft Grundlagen für die weitere Entwicklung des Informationsaustausches in Fest- und Mobilfunknetzen. Es trägt dabei dem Wunsch moderner Gesellschaften Rechnung, zu jeder Zeit und an jedem Ort mit anderen Personen in Kontakt treten zu können und auf große Informationsmengen schnell zugreifen zu können.

Allen Anwendungen gemeinsam ist ein ständig wachsender Bedarf an Übertragungskapazität bei ebenfalls steigenden Anforderungen an die Zuverlässigkeit des Datentransports.

Beim Netzzugang sind die Datenraten abhängig vom Datenaufkommen jedes einzelnen Anwenders, wohingegen im Weitverkehrsnetz die aggregierten Verkehre bewältigt werden müssen. In beiden Bereichen werden neuartige Verfahren untersucht und erprobt, um sowohl die verfügbaren Kapazitäten als auch die Effizienz ihrer Nutzung zu steigern.

Angesichts der in den vergangenen Jahren beobachteten Zuwachsraten steht der Zugangsbereich des Mobilfunks im Zentrum des Interesses. Der heutige Stand der Mobilfunktechnik ist durch die existierenden digitalen, aber schmalbandig ausgelegten GSM- und DECT-Systeme charakterisiert. Insgesamt ist die verfügbare Nutzdatenrate pro Teilnehmer in diesen Systemen allerdings auf ca. zehn kBit/s eingeschränkt. In der aktuellen Forschung über neue Mobilfunkssysteme werden digitale breitbandige Verfahren untersucht, die den Zugang zu Videokanälen und Internetdienstleistungen vom mobilen Endgerät aus erlauben.

Wichtige Fragen stellen sich hier bei der Wahl einer geeigneten Bandbreite und bei der Auswahl einer geeigneten Übertragungstechnik (Einträger- oder Multiträgerverfahren) für die untersuchten Systeme und Anwendungen.

In den vergangenen Jahren wurde das Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) entwickelt. Die entsprechenden Systementwürfe werden zur Zeit in den großen Industriefirmen umgesetzt und es werden die zugehörigen bildtauglichen Endgeräte produziert. Diese neue Generation von Mobilfunkgeräten arbeitet mit einer maximalen Datenrate von zwei Mbit/s.

Für wirkliche Breitband-Kommunikationssysteme steht in den nächsten Jahren ein technischer Durchbruch bevor. Bei der an der TUHH untersuchten Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Übertragungstechnik werden die Daten innerhalb des Funkkanals auf viele Subkanäle bzw. Subträger aufgeteilt, in denen sie jeweils mit einer relativ geringen Datenrate, aber in additiv überlagerter Form parallel übertragen werden. Die vergleichenden Untersuchungen haben gezeigt, dass differentielle Modulationsverfahren in Verbindung mit einer inkohärenten Detektion gegenüber kohärenten Demodulationsverfahren erhebliche Vorteile aufweisen und insbesondere einen sehr geringen Verarbeitungsaufwand in den Empfängern haben: Es bestehen geringere Anforderungen an die Trägersynchronisation; eine Kanalschätzung sowie eine Entzerrung sind nicht erforderlich. Laufende und zukünftige Arbeiten an der TUHH befassen sich mit der Optimierung dieser Verfahren für stationäre Rundfunkstrecken und für mobile Rundfunkanwendungen.

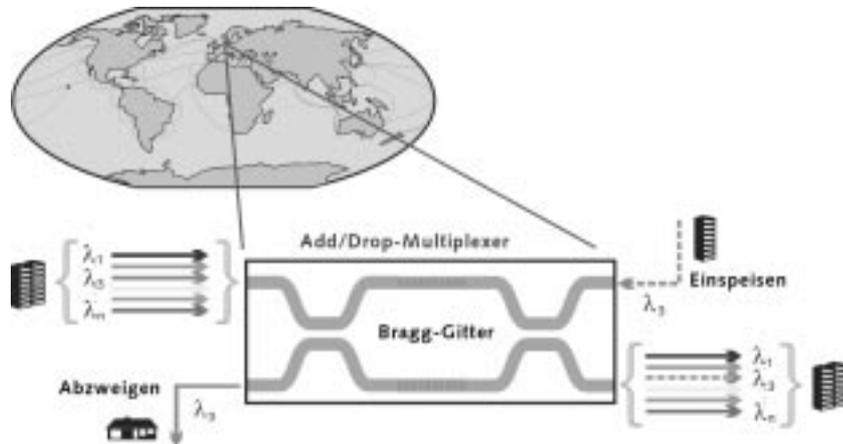
Alle diese Entwicklungen beinhalten die Entwicklung neuer Sender- und Empfängerstrukturen, die vor dem Hintergrund des durch Schwundphänomene charakterisierten Funkkanals vorgenommen wird. Eine getreue Modellierung der statistischen Eigenschaften dieses Kanals ist daher eine wichtige Teilaufgabe.

Neben der leicht nachvollziehbaren Fragestellung nach hochratiger Übertragung bei niedriger Fehlerrate beinhalten Netze auch immer den Aspekt der optimalen Nutzung der bereit gestellten Ressourcen. Im Mobilfunk schlägt sich dieser

Aspekt unter anderem in der Regelung des sogenannten Vielfachzugriffs nieder. Hierbei geht es darum in Konkurrenz mit anderen Teilnehmern einen Erstkontakt zu einer Basisstation aufzubauen, die die Kommunikation in der ihr zugeordneten Funkzelle organisiert. In neuen Netzkonzepten wird die Idee von Basisstationen und zellularen Netzstrukturen aufgegeben. Statt dessen organisieren die einzelnen autonom agierenden Mobilstationen den Zugriff auf den Funkkanal in selbständiger Weise. Mit dieser hochinteressanten Idee kann man Mobilfunknetze sehr flexibel aufbauen und den Funkkanal sehr effizient nutzen. Diese Vorstellung selbstorganisierender Datenfunknetze findet direkte Anwendung in Verkehrssystemen (Luft- und Schifffahrt, Straßen- und Schienenverkehr), aber auch in Kommunikationssystemen (dort besser als sogenannte „ad hoc“ Netze bekannt). Die nachrichtentechnische Aufgabe besteht in diesem Fall darin, den Vielfachzugriff auf den Funkkanal ausschließlich mit dezentraler Intelligenz störungsfrei zu organisieren.

Ein grundsätzlich anderer Ansatz, neue Kapazitäten für die Kommunikation über Funk zu schaffen, besteht darin, weitere Bereiche des elektromagnetischen Spektrums für die Kommunikation zu erschließen. Hier ist als vorerst letztes Glied in der Kette der Terahertz Bereich zu nennen, der völlig neue Herausforderungen an die Hochfrequenztechnik stellt.

Um beispielsweise mit Transistoren den Terahertz-Frequenzbereich abdecken zu können, sind zwei Maßnahmen notwendig: Erstens müssen die Abmessungen der aktiven Teile von Transistoren weit unter einen Mikrometer verkleinert werden, damit die Laufzeit der den Stromfluss tragenden Elektronen durch das Bauelement deutlich kleiner als die Periodendauer des Wechselstromes bleibt. Zweitens müssen die Transistoren aus Schichten unterschiedlicher Materialkombinationen so aufgebaut werden, dass durch Einengung der Bewegung der Elektronen in die unerwünschten Richtungen



eine höhere Beweglichkeit in der Vorzugsrichtung entsteht. Verkleinerung der Abmessungen wie Erhöhung der Beweglichkeit dienen also beide dem gemeinsamen Ziel, die Elektronenlaufzeit zu verringern. Bei einer Frequenz von einem Terahertz beträgt die Periodendauer lediglich eine Billionstel Sekunde, die von der Laufzeit noch einmal um mindestens eine Größenordnung unterschritten werden muss. Das Verständnis der Transporteigenschaften von Elektronen in komplex zusammengesetzten und geometrisch extrem miniaturisierten Halbleitersystemen ist eines der Forschungsthemen der TUHH bei der Entwicklung von Empfängerstrukturen für den Terahertz Bereich.

In den Festnetzen ist ein exponentielles Wachstum der Netzlast zu beobachten, auf das die optische Übertragungstechnik bisher immer noch eine Antwort gefunden hat:

In Feldexperimenten wurden bereits Datenraten von einem Terabit/s über einzelne Glasfasern erfolgreich eingesetzt; in Laborexperimenten wird von 3,5 Terabit/s über Hunderte von Kilometern berichtet. Das angestrebte Fernziel dieses Forschungszweiges ist die Übertragung im Wellenlängenbereich von 1200 nm bis 1700 nm. Theoretisch wäre damit eine Übertragung von über 25 Terabit/s über jede einzelne Faser denkbar. Zur Erreichung dieses Zieles konzentriert sich die Forschung auf Hochdichte Wellenlängen-Multiplex (DWDM) mit vielen voneinander unabhängigen Kanälen. Als konkrete Aufgabenstellungen resultieren hieraus die Entwicklung abstimbarer Quellen, wellenlängenunabhängiger Verstärker, wellenlängenselektiver Komponenten für Multiplex- und Demultiplexaufgaben sowie Komponenten zur Kompensation verschiedener fasertypischer Dispersionsmechanismen. In allen genannten Bereichen liefert die TUHH – nicht zuletzt in Industriekooperationen – wertvolle Beiträge. Als Beispiel hierfür zeigt das Bild das Prinzip eines Add/Drop-Multiplexers auf der Basis von

Bragg-Gittern. Aus den vielen übertragenen Wellenlängen werden mit dieser integriert optischen Komponente bestimmte Kanäle abgezweigt, aber auch neu eingespeist. Auf wenigen Quadratmillimetern eines Halbleitermaterials können so die „Auf- und Abfahrten zur Datenautobahn“ realisiert werden.

Neben der Bereitstellung hoher Kapazitäten ist aber deren effiziente Nutzung von mindestens ebenso großer Bedeutung. Dies schlägt sich nieder in Untersuchungen zur Netzplanung und zu Steuerungsmechanismen im Netz. Die Netzplanung beantwortet die Frage, welche Ressourcen (Lichtwellenlängen, Bandbreiten, Funkfrequenzen) welchen bekannten Verkehrsströmen in einem Netz zugeordnet werden – wobei diese Zuordnung statischer oder dynamischer Natur sein kann. Allerdings stößt man hier regelmäßig auf das Problem, dass der Rechenzeitbedarf exponentiell mit der Netzgröße wächst, was eine exakte Lösung für realistische Netzkonfigurationen ausschließt. Hier werden in der TUHH mit Erfolg stochastische Optimierungsverfahren, wie z.B. genetische Algorithmen, eingesetzt.

Bei diesen Verfahren werden die aus der biologischen Evolutionstheorie bekannten Verfahren der Selektion, Mutation und Vererbung in Algorithmen nachgebildet, um aus vorläufigen Lösungen nach mehreren „Generationen“ „Nachkommen“ mit einer Lösungsqualität zu erzeugen, die dem wahren Optimum hinreichend nahe kommen.

Die Steuerung von Kommunikationsnetzen geht von den Netzknoten aus, denen neben der Wegelenkung die Wahrung der Dienstgüte für die jeweiligen Anwendungen und – damit verknüpft – die Vermeidung von Überlasten im Netz obliegt. Die entsprechenden Regelkreise

weisen eine durch die Signallaufzeit bestimmte (und damit unveränderliche) minimale Reaktionszeit auf. Mit den Erfolgen der optischen Nachrichtentechnik wächst daher im gleichen Maße das Rate-Laufzeit Produkt, das die Datenmenge beschreibt, die schon „unterwegs“ ist und sich dem regelnden Eingriff entzogen hat. Da diese Datenmengen in den Bereich von Gbits vorgestoßen sind, werden neue Konzepte für Hochgeschwindigkeitskommunikationsprotokolle notwendig.

Überdies kämpfen alle Steuerungsverfahren, die jeder Anwendung eine gewünschte Dienstgüte garantieren sollen, mit einem Skalierbarkeitsproblem: Netzknoten können nicht beliebig viele Statusinformationen von Verbindungen sammeln und verarbeiten. Aktuelle Strategien, des drohenden Netzkollaps im Internet Herr zu werden, verwenden den folgenden Ansatz: In den Knoten des Teilnehmeranschlussbereichs werden detaillierte Informationen von (nicht zu vielen) Teilnehmern verarbeitet; die Knoten des inneren Netzes operieren hingegen mit Daten von bereits aggregierten Verkehren. Dabei werden Pufferbelegungen in den Netzknoten dazu herangezogen, Entscheidungen bzgl. des Puffermanagements, der Reihenfolge der Bearbeitung („Scheduling“), der Flusskontrolle und der Wegelenkung zu treffen. Laufende Untersuchungen in Harburg wollen das Verhalten der unterschiedlichen Knotentypen und ihr Zusammenspiel optimieren. Das erfordert zum einen ein tieferes Verständnis für den integralen Effekt der an verschiedenen Orten im Netz ausgeführten Algorithmen sowie eine quantitative Bewertung ihrer Wirkung unter den Gesichtspunkten von Dienstgüte, Netzauslastung und Fairness.

(Ulrich Killat)

Abb. 1:
Integriert optischer
Add/Drop-Multiplexer

Materialien und Mikrosysteme mit neuen Funktionen

Materialforschung und Werkstofftechnik

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrated
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energemanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 **Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen**

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Materialforschung und Werkstofftechnik werden als Schlüsseltechnologien für innovative Produkte eingestuft. Nach internationaler Einschätzung wird in den nächsten zwei bis drei Dekaden die Mehrzahl der Produkt- und Verfahreninnovationen auf neuen Werkstoffen basieren. Eine leistungsfähige Werkstoffforschung ist daher existenziell für den Technologiestandort Deutschland (1). Neben der Sicherung und dem Ausbau von Arbeitsplätzen unterstützt die Entwicklung neuer Werkstoffe maßgeblich die notwendigen ökologischen Reformmaßnahmen, z.B. durch Ressourcenschonung und Emissionsverminderung im Verkehrsbereich und in der Energietechnik.

Wegen der für das Gebiet typischen langen Transferzeiten von der Idee bis zur Innovation muss Materialforschung langfristig angelegt sein und wird in allen technologisch führenden Ländern wegen ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung mit hoher Priorität staatlich gefördert. Die Materialforschung als Querschnittstechnologie kann ihre Breitenwirkung besonders dann entfalten, wenn sie eigenständig und interdisziplinär angelegt und mit Blick auf innovative Anwendungen ausgerichtet ist (2). Sie ist damit ein ideales Arbeitsgebiet für eine Technische Universität mit einem stark anwendungsorientierten Forschungsprofil.

Die Entwicklung der Werkstoffe geschieht an der TUHH weniger empirisch, sondern zunehmend auf der Basis thermodynamischer Berechnungen und eines physikalischen Verständnisses des Zusammenhanges zwischen der atomaren Struktur, der Mikrostruktur und dem Eigenschaftsprofil. Im Rahmen systematischer Grundlagenuntersuchungen werden deshalb die mikroskopischen Mechanismen erforscht, die die anwendungsrelevanten Eigenschaften der Werkstoffe bestimmen. Aufgrund des komplexen Aufgabenspektrums arbeiten Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler sowie Ingenieurinnen und Ingenieure verschiedener Fachrichtungen inter-

disziplinär zusammen und kooperieren in nationalen und internationalen Netzwerken. Im Sinne eines „simultaneous engineering“ werden parallel zur Werkstoffentwicklung die spezifischen Herstellungs- und Verarbeitungstechnologien (häufig in Zusammenarbeit mit der Industrie) entwickelt, um die Ergebnisse der Werkstoffforschung kurzfristig in die Anwendung zu überführen. Die Entwicklung neuer Materialien und Werkstoffe an der TUHH umfasst sowohl Konstruktionswerkstoffe als auch Funktionswerkstoffe.

Konstruktionswerkstoffe

Bei den Konstruktionswerkstoffen, die an der TUHH vielfach in Hinblick auf Anwendungen in der Verkehrstechnik entwickelt werden, steht die Verbesserung des komplexen mechanischen Eigenschaftsprofils im Vordergrund. In den wissenschaftlichen Arbeitsbereichen werden konventionelle Werkstoffe optimiert und neuartige Werkstoffe entwickelt, wobei sämtliche Werkstoffklassen eingeschlossen sind: Metalle, intermetallische Verbindungen, Ingenieurkeramik, Polymere und Verbundwerkstoffe aus den verschiedenen Materialkategorien. Die ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen dazu werden werkstoffübergreifend im Rahmen des Sonderforschungsbereiches „Mikromechanik mehrphasiger Werkstoffe“ erarbeitet.

Bei den metallischen Konstruktionswerkstoffen liegen die Schwerpunkte auf der Entwicklung von Aluminium-, Titan- und Magnesium-Werkstoffen sowie intermetallischen Werkstoffen auf der Basis von Titan-Aluminium-Verbindungen. Ziel der Entwicklung ist die Einstellung maßgeschneiderter Eigenschaftsprofile für konkrete Anwendungen. So wurde z.B. in Zusammenarbeit mit der Firma Otto Fuchs Metallwerke eine neue warmfeste Aluminiumlegierung für Flugzeugbauteile entwickelt, die intermittierend hohen Temperaturen bis 200 °C ausgesetzt werden. Für Titanguss-Bauteile wurde ein neuartiges thermisches Verfahren entwickelt, das eine deutliche Verbesserung verschiedener mechanischer Eigenschaf-

ten (Streckgrenze, Schwingfestigkeit und Kriechwiderstand) erlaubt. In Zusammenarbeit mit der Feingussfirma Tital werden zur Zeit die im Labor erarbeiteten Ergebnisse für die Herstellung hochbelasteter Halterungen im Flugzeugbau in ersten Prototypbauteilen genutzt. In Zusammenarbeit mit dem GKSS-Forschungszentrum und Industriepartnern werden seit 1999 zudem warmfeste Magnesiumlegierungen für den Antriebsstrang im Kraftfahrzeugbereich entwickelt.

Intermetallische Verbindungen auf der Basis von Titan-Aluminium stellen eine neue Klasse von Hochtemperatur-Leichtbauwerkstoffen dar, die ein Eigenschaftsspektrum zwischen metallischen und keramischen Werkstoffen aufweisen. Sie zeichnen sich durch eine hohe gewichtsbezogene Elastizität und Festigkeit bis zu Temperaturen von ca. 750 °C aus, bei gleichzeitig guter Oxidationsresistenz. Die Legierungsentwicklung sowie die zugehörigen Herstellungs- und Verarbeitungstechnologien wurden in Zusammenarbeit mit dem GKSS-Forschungszentrum und namhaften Industriepartnern durchgeführt. Erste Prototypbauteile für ein Flugzeugtriebwerk, wie z.B. Laufschaufeln für den Hochdruckkompressor, werden praxisnah getestet. Sie sollen die derzeit verwendeten doppelt so schweren Schaufeln aus Nickel-Basislegierungen ersetzen und dadurch zu einer deutlichen Gewichts- und Verbrauchsreduktion der Flugturbine beitragen.

Bei keramischen Werkstoffen steht die Entwicklung von Aluminiumoxid-Verbundwerkstoffen im Vordergrund. Dabei werden insbesondere kostengünstige Reaktionssynthesen für neue Herstellungs- und Formgebungsverfahren genutzt, die relativ einfach in großtechnische Maßstäbe überführt werden können. Aluminiumoxid-Verbundwerkstoffe weisen ein breites Anwendungsspektrum auf: Beispielsweise wird an einer neuen Generation von Brems scheiben, an neuartigen Einspritzdüsen sowie an keramischen Zahnimplantaten gearbeitet. Eine Reihe von neuen Werkstoffentwicklungen wird von Industriepartnern für eine technisch-

wirtschaftliche Umsetzung evaluiert, beispielsweise reaktionsgebundenes Aluminiumoxid und mit intermetallischen Verbindungen verstärktes Al₂O₃. Diese 3A (Al₂O₃-Aluminide Alloys) genannten Verbundwerkstoffe werden durch Reaktionsdruckguss auf konventionellen Druckgussanlagen erzeugt, indem flüssiges Aluminium in poröse keramische Vorkörper eingepresst wird. Dabei reagieren die kostengünstigen keramischen Rohstoffe der Vorkörper, wie z.B. Ilmenit (FeTiO₃) mit Al zu Al₂O₃ und Ti-Al-Aluminiden; d.h. es wird bei geringen Prozesstemperaturen (< 700°C) ein hochwertiger metallkeramischer Verbundwerkstoff erzeugt, der für den Leichtbau bei erhöhten Temperaturen (> 700°C) geeignet ist.

Zudem werden in Hinblick auf die Entwicklung neuer Verschleiß- und Hochtemperatur-Werkstoffe keramische Nanokomposite untersucht, die durch Einbringen einer zweiten nanokristallinen Phase (z. B. SiC) wesentlich höhere Festigkeiten gegenüber monolithischen Werkstoffen (z.B. Al₂O₃, Si₃N₄) aufweisen. Die Standzeiten von Schneidwerkstoffen für die Fertigungstechnik und von stark beanspruchten Bauteilen in den heißen Zonen von Turbinen können somit wesentlich verbessert werden.

Bei den Polymerwerkstoffen liegt der Forschungsschwerpunkt auf neuartigen „Kunststofflegierungen“, die aus klassischen Polymeren hergestellt werden. Man kann neue Eigenschaftskombinationen finden, wenn es gelingt, die verschiedenen Polymere in der physikalisch optimalen Form zu vereinen. Die Verbilligung durch Maßschneidern der Eigenschaften entsprechend den Anforderungen des Marktes ist dabei ein weiterer wichtiger Aspekt. Ziel aktueller Forschung ist es, die Kombination von verschiedenen Polymeren zu ermöglichen. Hierzu werden grenzflächenaktive Blockcopolymere, auch als Haftungsvermittler bezeichnet, eingesetzt. Polymerblends sind dabei besonders wichtig im Transportwesen. Flugzeuge sollen in der Zukunft leichter und deren Fertigung kostengünstiger werden. Im Rahmen des

BMBF-Programms „Leitlinie Luftfahrtforschung“ werden neue Hochtemperaturblends und halogenfreie, thermoplastmodifizierte, katalytisch härtende Epoxidharze entwickelt, die zusammen mit temperaturbeständigen Polymerschäumen neue Sandwichbauweisen im Flugzeugbau ermöglichen sollen. Sehr preiswerte polymere Nanokomposite können durch die Einarbeitung von oberflächenbehandeltem Bentonit (Katzenstreu) in Polymerwerkstoffe realisiert werden. An der TUHH werden in Zusammenarbeit mit Industriepartnern derartige Nanokomposite für Kotflügel und andere Außenteile im Automobilbereich entwickelt. Vorteile sind höhere Kratzfestigkeit in Kombination mit Durchfärbbarkeit und geringerem Gewicht. Aber auch Anwendungen mit verbessertem Flammenschutz werden gesehen.

Bei der Entwicklung von Polymer-Faserverbundwerkstoffen steht die physikalische Modellierung der mechanischen Eigenschaften und deren Abhängigkeit von der Faseranordnung und der verwendeten Polymermatrix im Vordergrund. Damit wäre eine Berechnung der Festigkeit, eine Optimierung der Auslegung und eine zuverlässigere Vorhersage der Lebensdauer von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen möglich. Entsprechende numerische Methoden werden in Kooperation mit der Luftfahrtindustrie, den Herstellern von Windkraftanlagen und den Zulassungsbehörden weiterentwickelt.

Funktionswerkstoffe

Aufgrund der steigenden wirtschaftlichen Bedeutung nehmen Funktionswerkstoffe gegenüber den Konstruktionswerkstoffen auch in der Forschung der TUHH einen zunehmend breiteren Raum ein. Dies betrifft alle Werkstoffklassen, insbesondere aber die metallischen und keramischen Funktionswerkstoffe. Anders als bei den Konstruktionswerkstoffen sind bei den Funktionswerkstoffen elektrische, magnetische und optische Eigenschaften von besonderer technologischer Bedeutung.

Bei den metallischen Funktionswerkstoffen konzentriert sich die Forschung an der TUHH auf nanokristalline Werk-

stoffe. In Zusammenarbeit mit internationalen Industriepartnern und dem GKSS-Forschungszentrum werden z.B. nanokristalline Leichtmetall-Hydride für die Wasserstoffspeicherung in künftigen emissionsfreien Automobilen entwickelt, die sich durch eine hohe gewichtsbezogene Speicherkapazität von bis zu sieben Gewichtsprozent und durch kurze Be- und Entladezeiten auszeichnen. Ein entsprechender Wasserstoff-Prototypentank soll noch im Jahre 2000 fertig gestellt und für Testzwecke zur Verfügung gestellt werden.

Bei den keramischen Funktionswerkstoffen werden intelligente Werkstoffe für kombinierte Anwendungen („Smart Materials“) sowie Komponenten für die Mikrosystem- und Medizintechnik, für die optischen Nachrichtentechnik, für die Photovoltaik und die Energietechnik entwickelt. Die Herstellung dieser Funktionswerkstoffe und -systeme erfordert häufig die Entwicklung spezieller Dünnschicht-Techniken. Neben reaktiven Sputterverfahren werden dabei vorzugsweise thermische und plasmaunterstützte Gasphasen-Abscheide-Prozesse auf der Basis metallorganischer Verbindungen eingesetzt, um daraus insbesondere Silizium-, Aluminium- und Titanoxid-, -nitrid- und -oxinitrid-Schichten mit optimierten physikalisch-chemischen Eigenschaften zu erzeugen. Plasmopolymerisierte Schichten werden u. a. aus siliziumorganischen Fluor-Kohlenstoff-Verbindungen und organischen Säuren hergestellt.

Glasähnliche Schichten werden u. a. in integrierten optischen Schaltungen und Systemen für die optische Nachrichtentechnik angewandt. Keramische Schichten werden zum einen als selektive, hochtemperaturstabile Membranschichten in chemischen Sensoren und in Direkt-Methanol-Brennstoffzellen sowie in Gaschromatographen genutzt; zum anderen kommen keramische Schichten auch in mechanischen Sensoren (z. B. für tief- und hochtemperaturtaugliche Druck- und Kraftaufnehmer) oder als hochtemperatur-supraleitende Schichten für empfindliche Magnetometer zum Einsatz. In

¹Empfehlungen zur Förderung Materialwissenschaftlicher Forschung und Lehre an den Universitäten, Wissenschaftsrat, Köln, 1993 und Evaluierung zur außeruniversitären Materialforschung in Deutschland, Wissenschaftsrat, Köln, 1996

²Neue Materialien für Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts – MaTech, Programm des BMBF, Jahresbericht 1999/2000

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energemanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

der Photovoltaik werden bevorzugt kristalline Dünnschicht-Silizium-Solarzellen verwendet. Ein spezieller Schwerpunkt der Forschung an der TUHH liegt bei der Lebensdaueranalyse und -vorhersage von hochbeanspruchten keramischen Funktionswerkstoffen. Z.B. wird die Lebensdauer von piezokeramischen Vielschichtaktoren, die im Injektor der nächsten Generation des Common-Rail-Einspritzsystems eingesetzt werden sollen, durch praxisnahe Ermüdungstests und bruchmechanische Untersuchungen abgeschätzt. Die dabei entwickelten Methoden werden zur Qualitätskontrolle sowie zur Optimierung der Herstellung genutzt. Neben diesen mit Industriepartnern durchgeführten Projekten werden grundlegende Untersuchungen zum Verständnis des nichtlinearen elektromechanischen Verhaltens und des Risswachstums ferroelektrischer Keramiken durchgeführt.

Verbundwerkstoffe und Werkstoffsysteme aus verschiedenen Werkstoffklassen sind gerade für funktionelle Anwendungen von großem technologischen Interesse, da dadurch ungewöhnliche Eigenschaftskombinationen möglich sind, die bisher nicht realisiert werden konnten. Das Eigenschaftsprofil derartiger Werkstoffsysteme wird häufig nicht nur durch die Eigenschaften der einzelnen Werkstoffe bestimmt, sondern auch von den Grenzflächen zwischen den Materialien. So entwickelt die TUHH zusammen mit dem GKSS-Forschungszentrum und der AXS Bruker GmbH synthetische nanostrukturierte Metall-Keramik-Vielfachschichten, die als Röntgenspiegel in der Diffraktometrie und Spektrometrie genutzt werden und bereits weite Bereiche dieser Analysemethoden revolutioniert haben. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe werden zudem im Verschleißschutz eingesetzt, wobei Verschleißschutzschichten, die auch in extremer korrosiver Umgebung beständig sind, zunehmend im Maschinenbau an Bedeutung gewinnen. Die TUHH entwickelt zusammen mit dem GKSS-Forschungszentrum und der Universität der Bundeswehr in Hamburg entsprechende nanostrukturierte Metall-Ke-

ramik-Verbundwerkstoffe, die mit Hilfe des thermischen Spritzverfahrens zu Verschleißschutzschichten verarbeitet werden. Von großer technologischer Bedeutung ist auch die Entwicklung von elektrisch leitfähigen Polymerwerkstoffen. An der TUHH werden Untersuchungen zu den elektrischen und mechanischen Eigenschaften von duromeren Matrixsystemen für Glasfaser-Verbundwerkstoffe durchgeführt, die durch die Zugabe von Kohlenstoff-Nanotubes, Leitfähigkeitsruß, Nanofasern oder Kohlenstofffaser-Recyclat elektrisch leitfähig werden. Die entwickelte Technologie wird bereits in Bauteilen der Airbus-Flugzeuge dazu genutzt, elektrostatische Aufladungen zu verhindern. Ziel weiterer Entwicklungen ist es, im Rahmen von Projekten mit der Industrie diese innovative Technologie für konkrete Anwendungen – von der Entwicklung leitfähiger Lacke bis zur Herstellung von Großrohren für Chemieanlagen – zu qualifizieren.

Diese Beispiele zeigen, dass Materialien mit neuartigen funktionalen Eigenschaften ein sehr breites technologisches Anwendungsspektrum aufweisen. Zudem zeichnet sich ab, dass die neue Klasse der nanostrukturierten Werkstoffe und Nanokomposites ein weiteres werkstoffübergreifendes Bindeglied in der Materialforschung der TUHH darstellen wird.

Mikrosystemtechnik

Die Mikrosystemtechnik entwickelt sich gegenwärtig zu einer der Basistechnologien für die Verschmelzung komplexer Sensorik, Aktorik, Fluidik und Mikromechanik mit der Mikroelektronik und optischen Systemen. Neben den inzwischen aus dem täglichen Umgang bekannten Mikrosystemen wie dem „Airbag-Sensor“, einen Beschleunigungsaufnehmer in Mikromechanik mit integrierter elektronischer Auswertung und Ansteuerung der Treibgaspatrone oder dem „Elchtest“-Sensor, einen in ähnlicher Technologie hergestellten Drehratensensor, sind insbesondere Anwendungen in der Medizintechnik, etwa in der minimal-invasiven Chirurgie und in „intelligenten“ Im-

plantaten z.B. der künstlichen Bauspeicheldrüse bekannt. Durch Kombination von neuartigen Materialien, die im allgemeinen nur in kleinen Volumina – insbesondere als Schichten mit geringen Dicken – erforderlich sind, werden vielfältige neuartige Anwendungen nicht nur in der Medizin- und Fahrzeugtechnik, sondern insbesondere auch in der Umweltmesstechnik, der elektrischen und optischen Nachrichtentechnik, der industriellen Prozess-Überwachung und -Steuerung sowie der Biotechnologie und Verfahrenstechnik ermöglicht. Hohe Reproduzierbarkeit und geringe Kosten bei der Herstellung kleinster geometrischer Formen in großen Stückzahlen sowie die in makroskopischen Dimensionen nicht erreichbaren Wechselwirkungen sind weitere diese Technologie treibende Kräfte. An der TUHH werden derartige Mikrosysteme bzw. Komponenten für diese Anwendungen und Systeme, vielfach in Kooperation mit Industriepartnern, entwickelt.

In der Halbleitertechnologie wird an der Entwicklung von Mikrosystemen gearbeitet, angefangen von der Simulation mechanischer, optischer, fluidischer und thermischer Systeme über die Entwicklung neuartiger Verfahren zur Realisierung von Materialien und Mikrosystemen bis hin zum Aufbau komplexer Systeme für die Analytik, optische Nachrichtentechnik, Medizintechnik und Biotechnologie. In Zusammenarbeit mit der Industrie (z.B. ABB) werden Komponenten wie aktive Ventile und Kanäle, Membranpumpen und Verteilsysteme sowie Systeme auf cm²-Größe aufgebaut. Bei den Systemen handelt es sich um optische Spektrometer und Massenspektrometer, Gaschromatographen, Massenflussmesser, Flammionisationsdetektoren, Flammemissions- und Absorptionsspektrometer. Auch komplexe Probeninjektionssysteme, Gasmesssysteme auf Basis von Halbleitersensoren und Infrarot-Messstrecken, Biosensoren und DNA-Chip-Replikationssysteme sind Gegenstand der Forschungsarbeiten an der TUHH.

Ferner befinden sich neuartige UV-

Sensoren in der Forschung und Entwicklung, die den Nachteil, ein relativ kleines UV-Signal neben großen Anteilen des sichtbaren Spektrums zu messen, nicht aufweisen. Nach dem Prinzip der Lumineszenzkonversion wird die UV-Strahlung zunächst in einem lumineszierenden Material in langwelligeres Licht umgewandelt. Im zweiten Schritt wird das Lumineszenzlicht zum Detektor geleitet. Der Detektor wird gegen direkte Bestrahlung abgeschirmt. Da die Lumineszenz nur vom kurzwelligeren UV angeregt werden kann, ist das beschriebene Sensorsystem abgesehen von direkter Streulichtkopplung unempfindlich gegenüber Tageslicht. Es wurden zwei Materialsysteme entwickelt, die sowohl die Lumineszenzkonversion als auch die Lichtleitung zum Detektor übernehmen und die zudem mit der Siliziumtechnologie kompatibel sind: Zum einen handelt es sich um amorphe lumineszierende Silizium-Kohlenstoff Schichten, die in Zusammenarbeit mit einem Mikroelektronik-Hersteller im letzten Prozessschritt im Plasma auf einem Silizium-Chip zu einem Sensor mit Photodiode und Verstärkerschaltung am Umfang eines einen Quadratmillimeter großen Sensorfeldes integriert werden.

Das zweite Materialsystem besteht aus Europiumdotierten Glasfasern, die aus silizium-kompatiblen Weichgläsern gezogen werden. Bei geeigneter Glaszusammensetzung wird die im Glas absorbierte UV-Energie quantitativ auf die Europiumionen übertragen und von diesen als rote Lumineszenz wieder abgestrahlt. Dieses rote Licht wird in der Glasfaser zu einer Silizium-Photodiode geleitet und dort detektiert. Mit Photodioden an beiden Enden der Glasfaser sowie mit einem System aus Photodiodenzeile und kamartiger Anordnung von Glasfasern kann eine orts aufgelöste UV-Detektion erreicht werden. Mit nichtlinearen optischen Polymeren werden ferner zusammen mit einem U.S.-Unternehmen Komponenten für Wellenlängen-Demultiplexer (WDM)- Netze entwickelt.

Im Forschungsgebiet Mikrosystemtechnik werden weiterhin photonische Kri-

stall-Strukturen (PBG) auf Basis von Polymer- und Silizium-Wellenleitern untersucht. Dazu gehören Design und Simulation von PBG-Strukturen in optischen Wellenleitern, die Entwicklung von Nanostrukturierungsprozessen zur Realisierung großer Aspektverhältnisse und die Charakterisierung der optischen Transmissionscharakteristika bei Telekom-Wellenlängen im nahen Infrarot. Ziel ist die Anwendung solcher Strukturen als wellenlängen-sensitive Komponenten in optischen Datennetzen sowie – in Zusammenarbeit mit mehreren Unternehmen – die Entwicklung eines industriell einsetzbaren optischen Sensorsystems zur Vermessung von Oberflächenreliefs. Arbeiten – ebenfalls für Anwendungen in der optischen Nachrichtentechnik und Sensorik – zu integrierten optischen Systemen auf der Basis von Silizium-Oxinitrid, Aluminiumoxid- und Titantoxid-Wellenleitern für die Realisierung integriert optischer Transceiver, Wellenlängen-Demultiplexer, optischer Verstärker und elektrisch-mikromechanisch abstimmbare breitbandiger Laser-Quellen ergänzen das Forschungsspektrum.

In Zusammenarbeit mit der Hochfrequenztechnik werden mit Hilfe der Mikrosystemtechnik – unter Nutzung dünner dielektrischer Membranen – Hochfrequenzschaltungen und komplette Nachrichtenübertragungs- und Meßsysteme für Submillimeterwellen entwickelt, mit denen die Lücke im genutzten Frequenzspektrum zum Infraroten hin geschlossen werden kann.

Vervollständigt wird ein Mikrosystem durch Integration einer spezifischen Auswerteelektronik. So wurde an der TUHH in Zusammenarbeit mit der Industrie ein Mikrochip entworfen, simuliert und nach der Herstellung in einem Halbleiterwerk getestet, der eine zentrale Funktion in einem neu entwickelten und kürzlich auf dem Markt eingeführten Produkt aus dem Bereich Medizinelektronik einnimmt. Der Mikrochip (ASEEG) ist in seiner Konzeption so ausgelegt, dass er für ein breites Spektrum von medizinischen Anwendungen einsetzbar ist. Der ASEEG

verfügt über zehn Kanäle, welche aufgrund ihres extrem niedrigen Eigenrauschens die hochempfindliche Verstärkung und Analog-Digital-Wandlung wichtiger, vom menschlichen Körper stammender Signale, wie EKG (Elektrokardiogramm), EEG (Elektroenzephalogramm), EP's (Evozierte Potentiale), EMG (Elektromyogramm) etc. möglich macht.

Innerhalb von zwei Jahren wurde der ASEEG in enger Kooperation mit der Schwarzer GmbH (Meßgeräte für die Medizin, München) im Rahmen eines europäischen Projektes von der groben Idee (Spezifikation) über Prototypen bis zum Einsatz im fertigen Produkt entwickelt. In einem neuen EKG-Gerät der Schwarzer GmbH ist der ASEEG zur Serienreife gelangt und am Markt erhältlich. Weitere auf dem ASEEG basierende Geräte sind derzeit in der Entwicklung. Durch zukünftige Weiterentwicklungen des ASEEG kann der ideale Baustein für mobile, medizinische Anwendungen bereitgestellt werden. Seine hohe Integrationsdichte, flexible Architektur und die einzigartige Kanalvielfalt bilden die Basis für eine geringe Leistungsaufnahme, geringen Platzbedarf und hohe Zuverlässigkeit telemedizinischer Anwendungen.

Ein spannendes Anwendungsfeld ist auch das gegenwärtig in Zusammenarbeit mit dem Berufgenossenschaftlichen Unfallkrankenhaus Hamburg entwickelte Projekt „intelligenter Fixateur interne“ sein. Bei diesem Vorhaben geht es um die Überwachung der Belastung eines Knochenbruchs im Unter- oder Oberschenkel während der Heilungsphase über Dehnungsmessstreifen in einem winkelsteif verschraubten Implantat, die Auswertung über eine integrierte Elektronik und die Übertragung der Daten über ein Telemetriesystem durch eine hermetische dichte Kapsel nach außen. Diese Beispiele zeigen die faszinierenden Möglichkeiten der Mikrosystemtechnik und illustrieren gleichzeitig die künftigen Forschungsansätze der TUHH in diesem Forschungsfeld.

*(Rüdiger Bormann,
Jörg Müller)*

Biotechnologie und Medizintechnologie

Eine Schlüsseltechnologien für die Zukunft

10 Strategische
Forschungsfelder

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energiemanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 Biotechnologie und
Medizintechnologie

Die Biotechnologie als interdisziplinäre Querschnittstechnologie zählt zu den Schlüsseltechnologien der Zukunft mit einem breiten Anwendungsspektrum von der Gewinnung pharmazeutischer Produkte über die Medizin bis zur Umwelttechnologie. Neben der Silizium- und der Informationstechnologie wird sie als dritte Megatechnologie angesehen.

Die Arbeitsbereiche der Biotechnologie tragen diesem Anspruch durch eine breite Palette praxisrelevanter Forschungsthemen Rechnung, sie sind interdisziplinär ausgerichtet und in eine Vielzahl nationaler und internationaler Kooperationen eingebunden. Hervorzuheben sind der DFG-Sonderforschungsbereich „Reinigung kontaminierter Böden“ und das Graduiertenkolleg „Biotechnologie“. Das EU-Verbundvorhaben „Extremophiles as Cell Factories“ sowie der Verbund „Biokatalyse“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt sind weitere Beispiele.

Für die Umsetzung der Resultate in die praktische Anwendung ist neben einer Vielzahl von Industrieprojekten die Initiierung von Unternehmensgründungen von großer Bedeutung. So haben sich in den letzten Jahren neun von rd. 60 promovierten ehemaligen Mitarbeitern selbständig gemacht. Derzeit sind in der Biotechnologie 46 wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt, davon 32 aus Drittmitteln. Zehn ausländische Gäste arbeiten derzeit an der TUHH in diesem Forschungsgebiet.

Ein zentrales Forschungsthema in der Bioprocess- und Bioverfahrenstechnik ist die Entwicklung und Konstruktion hochbauender Reaktoren für die anaerobe Abwasserreinigung für Betriebe der pharmazeutischen Produktion und der Lebensmittelindustrie. Das Konstruktionsprinzip ist modular, wobei das entstehende Biogas bereits in tieferen Zonen des Reaktors entnommen wird.

Die Forschungsaktivitäten umfassen weiterhin mikrobiologische, reaktionstechnische und hydrodynamische Untersuchungen mit dem Ziel der kontrollierten Maßstabsvergrößerung. In Abb. 1 ist ein Versuchsreaktor zu sehen, der in Kooperation mit einem Ingenieurbüro für die Reinigung von Abwässern der Hefeproduktion entwickelt wurde.



Abb. 1
Biogas-Turmreaktor für die anaerobe
Abwasserreinigung im Pilotmaßstab
(Deutsche Hefewerke, Hamburg)



Abb. 2
Membran-Dialyse-Reaktor für die
Hochzelldichte-Fermentation von
Mikroorganismen

immobilisiert werden. Dabei kommen wiederum Dialysemembranen für die Ver- und Entsorgung mit Substraten bzw. toxischen Stoffwechselprodukten zur Anwendung. Als Grundlage für eine rechnergestützte Prozesskontrolle werden an suspendierten und immobilisierten Zellen Untersuchungen zur Kinetik durchgeführt und modellhaft beschrieben.

In einer interdisziplinären Arbeitsgruppe für biohybriden Gelenkflächenersatz (weitere Partner: Universitätsklinikum Eppendorf, Fa. Merck Biomaterialien, Darmstadt) wird ein neuartiges Verfahren zur Behandlung von Knorpelschäden entwickelt, bei dem ein mit Methoden des „Tissue Engineering“ extrakorporal gezüchtetes Knorpelstück dem Patienten im Rahmen einer Operation in den Knorpeldefekt eingesetzt werden soll. Für die Anzucht der Pellets wird ein an der TUHH konstruierter Bioreaktor zum Einsatz kommen.

Schwerpunkt der Forschung in der Technischen Mikrobiologie ist es, die Physiologie, den Stoffwechsel und die Enzymologie von Mikroorganismen zu untersuchen, die in der Lage sind, unter extremen Bedingungen (Temperatur: 0-120°C; pH: 1-12; Salzkonzentration: bis 30%) zu wachsen. Ein weiteres Ziel ist es, die Produktion biotechnologisch interessanter Enzyme, wie z.B. Proteasen, Amylasen, Lipasen, Hemicellulasen und Cellulasen, zu optimieren.

Diese Enzyme mit ihren ungewöhnlichen Eigenschaften aus extrem thermophilen und hyperthermophilen Mikroorganismen (Wachstumstemperatur 60-108°C) werden isoliert und näher erforscht. Im Rahmen von Kooperationen innerhalb des EU-Projektes „Extremophiles as Cell Factories“ ist es gelungen, Gene für thermostabile hydrolytische Enzyme in *E. coli* zu klonieren und zu exprimieren. Zur Aufklärung der Struktur-Funktions-Beziehung wurden Kristallographiestudien durchgeführt. Einen weiteren Schwerpunkt der Forschungsarbeiten stellen Untersuchungen an DNA-bindenden Enzymen aus extremophilen Ar-

chaen dar, die besonders für molekularbiologische Verfahren von großem Interesse sind. Im Rahmen dieses Schwerpunktes wurde eine hyperthermostabile DNA Polymerase aus dem Archaeon *Thermococcus aggregans* (Wachstumstemperatur 88°C) kloniert und eingehend charakterisiert. Neben der Strukturklärung werden in weiteren Untersuchungen der Einsatz dieses Enzyms in der PCR (Polymerase-Chain-Reaction) sowie die molekularbiologische Modifizierung des Biokatalysators zur Optimierung bezüglich der Prozessivität und der Fehlerrate (Fidelity) verfolgt.

Das Verbundvorhaben „Industrielle Nutzung von Biokatalysatoren“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Projektstart: Mai 2000) umfasst bundesweit 30 Arbeitsgruppen und soll die Leistungsfähigkeit neuer Methoden in der integrativen Querschnittsdisziplin Biotechnologie gemeinschaftlich unter Beweis stellen. Schwerpunkte sind die Bereiche Feinchemikalien, Wirkstoffe und Textil. Neben der Koordination dieses Verbundes ist die TUHH auch mit zwei wissenschaftlichen Projekten am Verbund Biokatalyse beteiligt:

In einem innovativen Verfahren sollen aus Federkeratin hochwertige Aminosäuren und Peptide gewonnen werden. In diesem biotechnologischen Prozess spielt der extremophile Mikroorganismus *Fervidobacterium pennivorans* die entscheidende Rolle. Desweiteren sollen durch den Einsatz von Biokatalysatoren aus dem thermoalkaliphilen Bakterium *Anaerobranca gottschalkii* nachwachsende Rohstoffe, wie Stärke, Cellulose und Hemicellulose zu hochwertigen Kohlehydraten (z.B. Cyclodextrinen, linearen und verzweigten Dextrinen oder definierten Mono- bzw. Oligosacchariden) umgesetzt werden. Neben der klassischen Proteinchemie und Molekularbiologie werden auch neue Methoden wie z.B. Genomics, PCR-Evolution und Protein Design eingesetzt. Die Produktion ausgewählter Biokatalysatoren aus *A. gottschalkii* soll durch Überexpression in *Bacillus subtilis* optimiert werden.

Darüber hinaus werden Verfahren für die Fermentation von Mikroorganismen untersucht. Schwerpunkt ist der Einsatz von semipermeablen Membranen, um Stoffwechselprodukte, die das Wachstum negativ beeinflussen können, durch Dialyse aus der Umgebung der Mikroorganismen abzuziehen (Abb.2). Hierdurch wird es möglich, extrem hohe Mikroorganismendichten zu erreichen: *E. coli* 180 g/l, *Sulfolobus shibatae* 115 g/l, *Pyrococcus furiosus* 3 g/l, *Marinococcus M52* 132 g/l, *Lactobacillus fermentum* 120 g/l (Angaben in Trockengewicht). Derzeit wird zusammen mit einem industriellen Partner die Umsetzung dieser vielversprechenden Technologie in einen Produktionsprozess erarbeitet.

Weiterhin werden Verfahren zur Kultivierung tierischer Zellen behandelt, z.B. zur Produktion monoklonaler Antikörper durch Hybridom-Zellen oder therapeutisch einsetzbare Wirkstoffe mit rekombinanten Zellen. Hierzu gehören ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen der Reaktorkonfiguration, der Maßstabsübertragung sowie der Prozesskontrolle. Schwerpunkt ist die Entwicklung von Festbettreaktoren, in denen tierische Zellen in makroporösen Trägermaterialien

1 Information als
Wirtschaftsgut

2 Unternehmens-
organisation

3 Produktions- und
prozessintegrierter
Umweltschutz

4 Nachhaltiger
Umgang mit natür-
lichen Ressourcen

5 Neue
Energiesysteme und
Energemanagement

6 Nachhaltige
Stadtstrukturen

7 Transport- und
Verkehrssysteme

8 Neue Kommuni-
kationstechniken

9 Materialien und
Mikrosysteme mit
neuen Funktionen

10 **Biotechnologie und
Medizintechnologie**

Darüber hinaus soll die DNA-Chip-Technologie für verschiedene Einsatzbereiche etabliert und optimiert werden. DNA-Chips erlauben es, das Vorkommen einer großen Anzahl von Nukleotidsequenzen auf kleinstem Raum schnell und zuverlässig zu bestimmen. Die vorgeschlagene Analysetechnik wird zur Expressionsanalyse sowie zur schnellen Identifizierung von Bakterien in komplexen Gemeinschaften wie z.B. der Darmflora herangezogen.

In der Biotransformation und -sensorik werden verschiedene Biotransformationen untersucht: Hydrolyse und Synthese von Peptidantibiotika (Cephalosporine, Penicilline) und Peptiden, katalysiert von freien und immobilisierten Enzymen; Herstellung von optisch reinen Stoffen aus racemischen Gemischen; Hydrolyse von Proteinen für Regulation (Prozessierung); Abbau von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Böden und von Biopolymeren in Abwässern. Die geeigneten Biokatalysatoren für diese Stoffumwandlungen werden aus den natürlichen Enzymquellen oder durch Übertragung der Gene in geeignete Organismen produziert. Die Produktausbeuten am Endpunkt der Biotransformationen werden als Funktion der Eigenschaften der Biokatalysatoren, Substrate und Reaktionen analysiert. Dafür werden sowohl die molekularen und enzymatischen Eigenschaften freier und immobilisierter Biokatalysatoren untersucht als auch die Kinetik, die Mechanismen und Struktur-Funktionsbeziehungen der Reaktionen. Aus diesen Informationen können „bessere“ Enzyme konstruiert und durch gerichtete Mutagenese hergestellt werden.

Die Forschungsinteressen richten sich auch auf die Entwicklung und Modellierung von Enzymreaktoren für gleichgewichts- und kinetisch kontrollierte Prozesse mit geringen Konzentrationsgradienten und die Entwicklung und Modellierung von Mehrphasen-Enzymreaktoren für Biotransformationen in wässrigen Suspensionen mit reiner Substrat und/oder Produktphase. Untersucht werden

auch Enzymreaktoren für Biotransformationen in überkritischen Gasen (CO₂) und bei hohen Drücken. Ein weiterer aktueller Schwerpunkt in der Forschung ist die Produkt- und Biokatalysatoraufarbeitung. Dafür werden schnelle, stoffselektive Trennverfahren (u.a. Affinitätschromatographie mit monoklonalen Antikörpern und kontinuierliche „Simulated Moving-Bed“ Chromatographie) entwickelt und modelliert.

Die Technische Biochemie befasst sich mit der biologischen Transformation von Schad- und Reststoffen. Ein Ziel hierbei ist es, den Abbau dieser Stoffe in der Umwelt zu verstehen und zu beschleunigen. Ein weiteres Ziel ist die Entdeckung neuer Biokatalysatoren (Enzyme), welche diese Stoffe in nützliche Produkte umwandeln können. Diese Biokatalysatoren können in neuen biotechnischen Prozessen eingesetzt werden und tragen so zu einer nachhaltigen Entsorgung dieser Problemstoffe bei. Um solche neuen Biokatalysatoren zu finden, werden zunächst Umweltproben (Boden, Klärschlamm, Flusssedimente, Wasserproben) mit den abzubauenen Proben versetzt. Wenn ein Abbau oder eine Umwandlung erfolgt, werden die dafür verantwortlichen Organismen isoliert und charakterisiert. Mit diesen Organismen wird dann der Abbaupfad aufgeklärt, indem die Zwischenprodukte des Abbaus identifiziert werden. Mit diesen Kenntnissen kann dann gezielt nach neuen Biokatalysatoren in diesen Organismen gesucht werden. Diese können dann wieder für neue Prozesse eingesetzt werden. So wurden in den letzten Jahren mit dieser Vorgehensweise eine Reihe von Enzymen isoliert, welche aus chlorierten Kohlenwasserstoffen wie z.B. aus Chlorphenolen, PCP (Pentachlorphenol), chlorierten Benzoesäuren, Chloralkansäuren und Chlorparaffinen gezielt das Chlor entfernen und damit zur Entgiftung dieser Substanzen führen. Im Abbau von jodierten Röntgenkontrastmitteln konnten Enzyme nachgewiesen werden, welche gezielt das Jod aus diesen Verbindungen entfernt und sie damit überhaupt erst einem

biologischen Abbau zugänglich macht. Ein entsprechendes Verfahren wurde zum Patent angemeldet. Durch Untersuchungen zum Abbau von Polyvinylalkoholen, welche zur Verstärkung der Fäden beim Weben von Stoffen in der Textilindustrie eingesetzt werden, konnte durch uns ein Verfahren entwickelt werden wodurch diese Verbindungen in der Kläranlage vollständig abgebaut werden. Aus Untersuchungen zum Abbau von Hühnerfedern konnte inzwischen ein enzymatisches Verfahren entwickelt werden, indem mit Hilfe von Enzymen aus Hornspänen Feuerlöschmittel hergestellt werden. In diesem Projekt wurden inzwischen in einer Pilotanlage schon mehrere hundert Kilogramm Hornspäne erfolgreich enzymatisch umgesetzt. In naher Zukunft soll das Verfahren vom Pilot in den technischen Maßstab übertragen werden.

In einem von der EU geförderten Projekt konnten – gemeinsam mit der Technischen Mikrobiologie – eine Reihe neuer Enzyme aus Bakterien gewonnen werden, welche Mineralölbestandteile wie z.B. Phenole und Alkane bei hohen Temperaturen abbauen. Diese Enzyme werden derzeit auf ihre Eignung zum Einsatz in technischen Prozessen geprüft. Ferner wird in Zusammenarbeit mit der Bioprocess- und Bioverfahrenstechnik an einem neuen Verfahren zum thermophilen Abbau von Fetten gearbeitet sowie in einem Gemeinschaftsprojekt mit den Abfallwirtschaftlern der TUHH verschiedene Fungizide bei der Kompostierung der Schalen von behandelten Zitrusfrüchten bearbeitet.

Alle Projekte haben zum Ziel, aus Reststoffen durch neue biotechnologische Verfahren neue Wertstoffe zu gewinnen oder aber zumindest diese Stoffe aus der Umwelt zu entfernen. Durch neue nachhaltige und umweltschonende Verfahren wird die Umwelt künftig entlastet.

Medizintechnologie

Die Medizintechnologie ist ein sehr interessantes Forschungsfeld. Es findet seine Ausprägungen an der TUHH in der Biotechnologie – z.B. Tissue Engineering – und vor allem im Rahmen der Zusammenarbeit im Zentrum für Biomechanik. Darüber hinaus geht es um die Integration von Elektronik zur Entwicklung „intelligenter Implantate“. Durch Verknüpfung von Materialeigenschaften, Sensorik, Elektronik und Mikrosystemtechnik inklusive Telemetrie sollen Implantate wie Fixateure, Gelenks- und Gefäß-Prothesen aktiv überwacht und damit der Fortschritt der Heilung beschleunigt werden. In interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen der TUHH, dem Unfallkrankenhaus Boberg sowie dem AK Harburg werden dazu Systeme entwickelt und erprobt, die, als Standardausrüstung in solche Implantate integriert, die Patientensicherheit erheblich erhöhen und die Rekonvaleszenzzeit deutlich verkürzen werden. Außerdem sollen durch Lokalisierung aktiver Operations-Sonden in Bildfassungs- und Verarbeitungs-Systemen die Möglichkeiten minimal-invasiver Operationstechniken erweitert werden. Hier ist insbesondere eine Zusammenarbeit zwischen dem AK St. Georg, der Firma Philips Medizintechnik geplant.

Für die Zukunft der Biotechnologie und der Medizintechnologie an der TUHH lassen sich, basierend auf den derzeit laufenden Arbeiten, einige Schwerpunkte formulieren. Hierzu gehört die verstärkte Nutzung der Biokatalyse als Ersatz bzw. Ergänzung chemischer Verfahren oder die Entwicklung von Hochleistungsverfahren für Mikroorganismenfermentationen. Interessante Möglichkeiten ergeben sich durch die Verknüpfung mit medizinischen Anwendungen, sei es bei der Produktion von Diagnostika oder therapeutischen Wirkstoffen oder beim „Tissue Engineering“, d.h. der Gewinnung künstlicher Gewebe wie z.B. Haut, Knorpel, Leber oder Gefäßen. Zu den zukunftsweisenden Themen gehört auch die Integration neuer mess- und regelungstechnischer Konzepte für die Prozessoptimierung. Im Bereich Medizintechnologie sind es insbesondere die „intelligenten Implantate“ sowie die Fortentwicklung minimalinvasiver Operationstechniken.

Alle Forschungsgebiete erfordern ein hohes Maß an Interdisziplinarität zwischen der Biologie, Chemie, Ingenieurwissenschaften und Medizin. Für diese speziellen Anforderungen ist die TUHH dank der engen Einbindung in die regionalen und überregionalen Strukturen sowie die bestehenden internationalen Kontakte gut gerüstet.

*(Ralf Pörtner,
Jörg Müller)*

TuTech wurde 1992 von der Technischen Universität Hamburg-Harburg gegründet, die 100% der Geschäftsanteile hält. Das von der TUHH erstmals in Deutschland realisierte Konzept einer privatwirtschaftlich organisierten, hochschuleigenen Technologietransfer- und Verwertungsgesellschaft hat sich inzwischen zu einem Modell für eine Reihe anderer deutscher Hochschulen entwickelt.

Der Aufsichtsrat der TUHH-Technologie GmbH hat im Dezember 1999 folgende Unternehmensziele der Gesellschaft aktualisiert:

Zielbild

1. Förderung des Technologietransfers zwischen der Technischen Universität Hamburg-Harburg sowie anderen Forschungsinstitutionen und der Wirtschaft
2. Implementation von an der Technischen Universität Hamburg-Harburg und anderen Forschungsinstitutionen entwickelten Technologien in die Wirtschaft, Verwertung von FuE-Ergebnissen
3. Unterstützung der Entwicklung und

des Ausbaus regionaler Technologie-schwerpunkte in Kooperation mit wissenschaftlichen Einrichtungen und Unternehmen

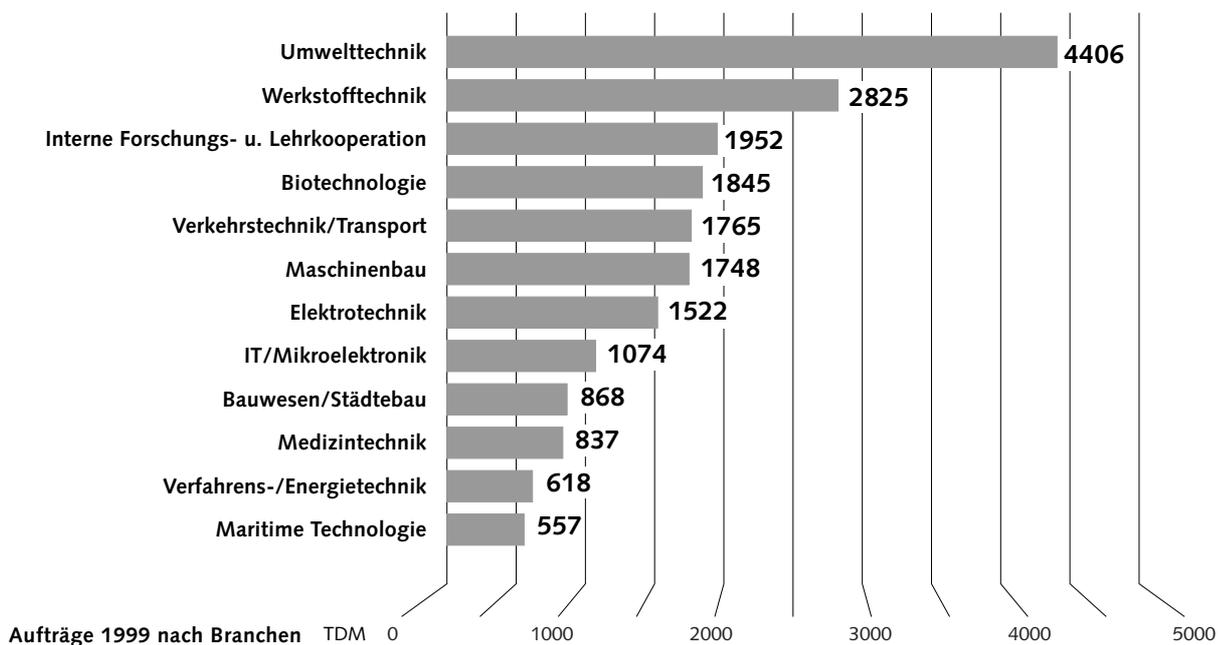
4. Beratung von vor allem mittelständischen Unternehmen in technologischen Fragen und bezüglich des Managements von Innovationen, Beratung und aktive Unterstützung von innovativen Unternehmensgründungen
5. Entwicklung und Durchführung von Weiterbildungsmaßnahmen zu Technologie- und Technologiemanagement-themen

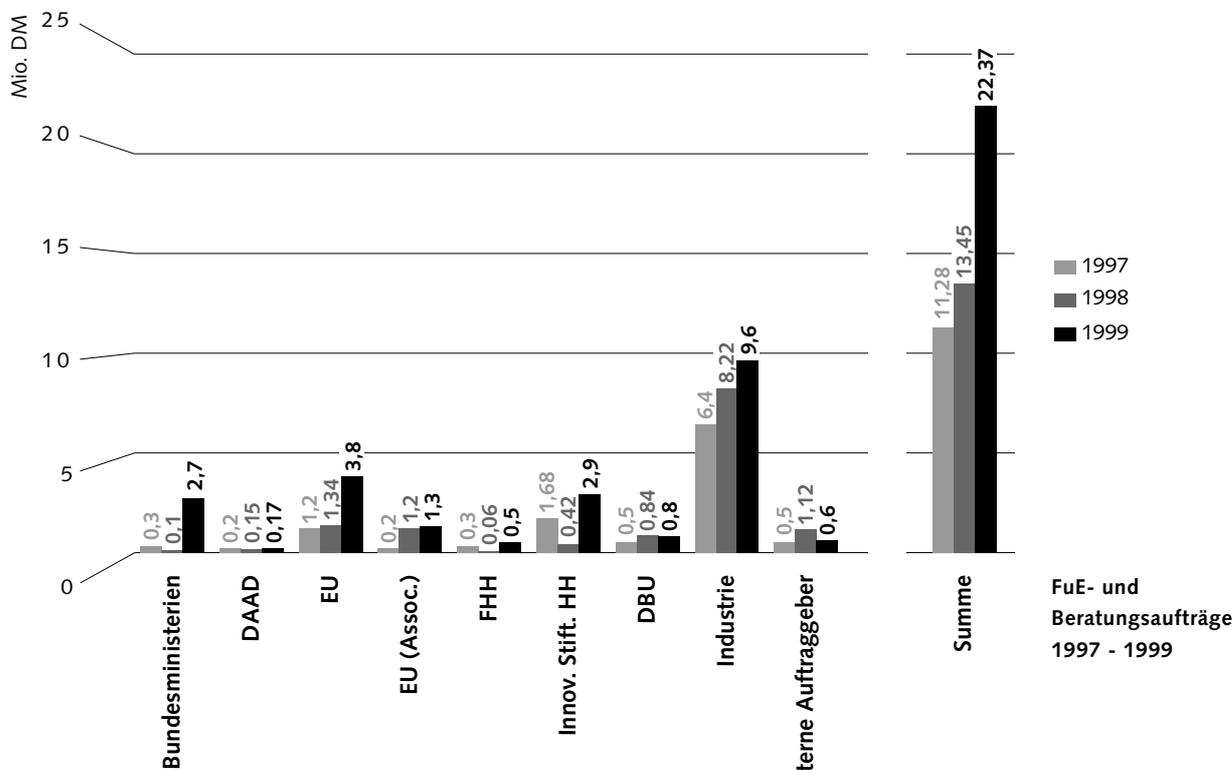
Zur Verwirklichung dieses Zielbildes wurden folgende Arbeitsfelder bestätigt:

TuTech-Leitziele

- Akquisition und Projektmanagement von Auftragsforschungs- und Entwicklungsvorhaben im Verbund mit der TUHH und anderen Forschungseinrichtungen
- Verwaltung und Koordination von nationalen und europäischen Verbundforschungsprojekten
- Prototypenentwicklung, Bau und Betrieb von Pilotanlagen

- Patentierung und Verwertung von FuE - Ergebnissen
- Aufspüren, Entwickeln bzw. Vermitteln von Problemlösungen für technische Fragestellungen aus Unternehmen
- Technologieorientierte Beratung von Unternehmen
- Unterstützung von und Beteiligung an innovativen Unternehmensgründungen als Business-Inkubator
- Förderberatung für Hochschulen und KMU (EU und nationale Programme)
- Entwicklung und Durchführung von Weiterbildungskursen zu technisch-wissenschaftlichen Themen sowie zum Technologie- und Innovationsmanagement
- Organisation von norddeutschen Gemeinschaftsständen auf Technologie-messen
- Akquisition und Organisation von technisch-wissenschaftlichen Kongressen
- Auf- und Ausbau eines Internet-basierten Technologie-Informationssystems zum technologischen Leistungsangebot der regionalen Wissenschaft und Wirtschaft im Zusammenwirken mit norddeutschen Partnerorganisationen





TuTech ist heute ein „one-stop-shop“ für Technologietransfer in Hamburg, der im Verbund mit der Technischen Universität Hamburg-Harburg, der Fachhochschule Hamburg, der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und anderen Forschungseinrichtungen sowie weiteren Partnern ein komplettes Bündel an Technologietransfer – Dienstleistungen anbietet. Mit seinen Partnern ist TuTech insbesondere in folgenden Technologiefeldern aktiv: Biotechnologie, Bauwesen, Informationstechnologien, Maschinenbau, Medizintechnik, physikalische Technologien, Systemtechnologien, Transport und Logistik, Umwelttechnik, Verfahrens- und Energietechnik, sowie Werkstofftechnik.

Zahlen 1999

Der Umsatz in 1999 belief sich auf 19,5 Mio. DM, wovon rund 70% mit Vertragsforschung erzielt werden konnte. 724 neue Auftragsforschungsprojekte und Entwicklungs- bzw. Beratungsaufträge mit einem Gesamtvolumen in Höhe von rund 24,3 Mio. DM konnten neu eingeworben werden. Dabei entfallen auf Projekte, die in Verbindung mit Arbeitsbereichen der TUHH stehen, rund 17,7 Mio. DM.

Kooperation mit Industrie und Gewerbe

In 1999 konnte TuTech in Zusammenarbeit mit Arbeitsbereichen der TUHH und Instituten der Fachhochschule Hamburg sowie der Christian-Albrechts-Universität

zu Kiel 698 neue Aufträge von privaten Unternehmen akquirieren. Das entsprechende Auftragsvolumen beläuft sich auf rd. 10,2 Mio. DM. Viele der bekannten deutschen Unternehmen zählen ebenso zu den Kunden der TuTech/TUHH wie eine Vielzahl kleiner und mittelständischer Unternehmen, insbesondere aus dem Hamburger Wirtschaftsraum. Knapp 70% der Industriaufträge stammen von Auftraggebern aus dem norddeutschen Raum, gemessen am Auftragsvolumen machen diese Projekte rund 53% aus. Von den insgesamt 337 Kunden des Geschäftsjahres 1999 handelt es sich bei 25% um kleine, bei 42% um mittlere und bei 33% um größere Unternehmen.

Europäische Forschungsprogramme

Das EU Büro der TuTech unterstützt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der TUHH bei der Antragstellung von EU Forschungsvorhaben und bringt dabei seine Erfahrungen aus nunmehr über 50 erfolgreich bearbeiteten Projekten im Rahmen der EU Forschungs-, Innovations- und Trainingsprogramme ein. Zur Zeit ist TuTech in 20 laufenden Europäischen R&T - Projekten involviert, in fünf Projekten als Koordinator. Herausragendes Beispiel ist das Projekt „Extremophiles as Cell Factories“ mit 58 Partnern aus Universitäten, Forschungsinstituten und Industrieunternehmen gewesen. Darüber hinaus führt TuTech im Verbund mit der TUHH verschiedene nationale Forschungsprojekte und Studien durch (Bun-

desministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Bundesministerium für Verkehr, Umweltbundesamt, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Wirtschaftsbehörde Hamburg etc).

StartUps

TuTech wirkt als Business Inkubator für den Start von technologieorientierten Unternehmen. Basierend auf FuE-Ergebnissen und technischem Know-How der wissenschaftlichen Partner entwickelt TuTech gemeinsam mit den Gründern korrespondierende Geschäftsideen zu kommerziellen Aktivitäten. Erfolgreiche Geschäftsfelder werden ausgegründet, wobei TuTech in der Seed-Phase das Unternehmen als einer der Gesellschafter weiter begleitet. Aktuelle Beispiele sind biotex, ein FuE- Dienstleistungs- und Produktzentrum für extremophile Biotechnologie, und die IWS Service GmbH im Bereich Werkstoff- und Schweißtechnik, die im Dezember 1999 mit Kooperationspartnern aus dem Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik der Fachhochschule Hamburg gegründet worden ist.

Im März 1999 eröffnete TuTech das „TuTech-StarterZentrum“ im Harburger Binnenhafen, in dem spin-off Unternehmen aus der Technischen Universität Hamburg-Harburg ihre ersten unternehmerischen Schritte wagen.

(Helmut Thamer)

Existenzgründungsförderung

an der TUHH-Technologie GmbH



Wachsende Bedeutung für die Technologietransferaktivitäten von TuTech hat der Bereich Existenzgründung aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

Als zentrale Informations- und Beratungsstelle für Existenzgründer aus der TUHH unterstützt TuTech die Aktivitäten des TUHH Gründerrats und ergänzt diese um eine individuelle, kommerziell ausgerichtete Beratung und Unterstützung der einzelnen Unternehmensgründung, z.B. durch Vermittlung von Coaches aus der Wirtschaft oder von Finanzierungspartnern, durch Einbindung der jungen Unternehmen in FuE bzw. Dienstleistungskooperationen, durch Bereitstellung oder Vermittlung von Flächen, durch gemeinsame Messepräsentationen und durch Vermittlung von Aufträgen.

Für Unternehmungsgründungsinitiativen aus der TUHH wirkt TuTech darüber hinaus als Businessinkubator. Unternehmensideen können als profit-center in der TuTech entwickelt und unter Beteiligung von TuTech ausgegründet werden. Ziel ist es, in einer zweiten Finanzierungsrunde einen „return of investment“ zu erzielen.

Diese Aktivitäten von TuTech sind in die Initiative Channel Harburg eingebunden. Mit dem TuTech-Starterzentrum auf dem Gelände des ehemaligen Güterbahnhofs hat TuTech einen ersten Kristallisationspunkt für innovative Unternehmensgründungen aus der TUHH geschaffen. Auf 1500 m² sind zur Zeit fünf StartUps aus der TUHH angesiedelt, die gemeinsam knapp 30 Arbeitsplätze geschaffen haben. Drei Unternehmen gehören dem Bereich Umwelttechnik an, ein Unternehmen gehört zur Biotechnologie und ein weiteres Unternehmen arbeitet auf dem Feld der Werkstoffentwicklung.

Hamburger Existenzgründungsprogramm

Als eines der zwölf Projekte des EXIST Wettbewerbs des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft stimuliert und unterstützt das Hamburger Existenzgrün-

dungs Programm – hep seit Anfang des Jahres 1999 aktiv innovative Gründungen aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen. hep wird getragen von den Hamburger Hochschulen und Partnern aus Wirtschaft, Finanzwirtschaft, Politik und Verwaltung. Zum hep Netzwerk gehören heute rund 80 Gründerinnen und Gründer sowie 250 Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Wissenschaft, die als Coaches, Mentoren, Juroren und Kapitalgeber die Gründungen fördern.

Als Projektträger des hep bietet TuTech gemeinsam mit den hep-Partnern Gründerinnen und Gründern aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen ein umfangreiches Informations- und Unterstützungsprogramm an.

hep ist ein umfassendes Programm zur Förderung von Unternehmensgründungen aus Hochschulen. Unter Adaption der vorhandenen Hamburger Instrumente für allgemeine Existenzgründungsberatung werden spezifische Maßnahmen für innovative Unternehmensgründungen aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen entwickelt und durchgeführt. Im Mittelpunkt stehen technologieorientierte Unternehmensgründungen. hep hat sich aber auch die Förderung von Gründerinnen und Gründern mit einer innovativen Dienstleistungsidee zum Ziel gesetzt.

Prozessorientierte Unterstützung der Unternehmensgründung und -entwicklung

Motivation, Information und Vermittlung der erforderlichen wirtschaftlichen/rechtlichen Kenntnisse und sozialen Kompetenz im Rahmen der Lehrveranstaltungen der einzelnen Hochschulen sowie spezieller Seminare werden gleichzeitig durch ein praktisches Maßnahmenbündel ergänzt, das sich auf ein Netzwerk kompetenter Partner stützt und die Erfolgchancen für Gründungen aus Hochschulen heraus deutlich verbessern soll. Elemente dieser prozessorientierten Förderung sind:

Twinning

Bei vielen Gründungen fehlt den Gründern ausreichendes betriebswirtschaftliches Know-how und die rechtzeitige Berücksichtigung von Marktgesichtspunkten. Im Zusammenwirken mit dem Lehrmodell „entrepreneurship“ der Hochschule für Wirtschaft und Politik wird die Zusammenführung von Betriebswirten, Ingenieuren, Natur-, Kultur- und Sozialwissenschaftlern gefördert. Hierzu kann z.B. parallel zur Gründung eine Diplomarbeit zu Fragen der Wirtschaftlichkeit oder des Marktes angefertigt werden, die neben der inhaltlichen Zusammenarbeit auch die Chance für eine Zusammenführung von Personen (twinning) bietet, die gemeinsam das Unternehmen gründen.

hep-Gründerjobs

Für die Vor- und Frühphase einer Unternehmensgründung bieten die Hochschulen ihren Absolventinnen und Absolventen Gründerjobs d.h. eine Teilzeitbeschäftigung unterstützend zur Firmengründung an, um zu Beginn der Gründung die Existenz zu sichern und den Gründern die Ressourcen der Hochschule (Bibliothek, spezielles Forschungsequipment, etc.) weiter zur Verfügung zu stellen. Am Ende dieser Förderphase soll ein fertig entwickelter Businessplan stehen.

hep-Businessplan-Wettbewerb

Ziele von Businessplan-Wettbewerben sind das Aufspüren und Entwickeln von Ideen, die Bewertung sowie die Unterstützung und Förderung der Konzepte bis zur Umsetzung. Auch hep setzt auf das Instrument Businessplan-Wettbewerb. hep hat im Verbund mit den Hamburger Partnern des bundesweiten startUp Wettbewerbs den hep-Businessplan-Wettbewerb zeitlich und inhaltlich mit startUp abgestimmt und nutzt Ressourcen gemeinsam. Im Mai 2000 wurde der erste hep-Businessplan-Wettbewerb mit der Prämierung von zwei hep-Gründerteams abgeschlossen.

(Helmut Thamer)

Gründerrat und Gründer

Im Sommer 1996 ist vom Akademischen Senat der TUHH der Gründerrat ins Leben gerufen worden. Der Gründerrat hat sich zur Aufgabe gestellt, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie den Studierenden bei der Realisierung ihrer Idee, ein eigenes Unternehmen zu gründen, zu beraten und zu helfen.

In einer Gruppe von Professoren, Mitarbeitern, Studenten und Mitarbeitern der TuTech ist zunächst über die Ausgestaltung der möglichen Aufgaben diskutiert worden. Wichtige Ergebnisse waren die Einrichtung von zwei Seminaren „Unternehmensgründung“ und „Unternehmensgründer“, die Erfassung der Gründungen aus der TUHH und die mögliche Gestaltung einer finanziellen Förderung.

Das Seminar „Unternehmensgründung“ findet jeweils im Wintersemester statt mit Vorträgen der jeweiligen Fachleute aus den Gebieten Unternehmungskonzept, Finanzierung, Förderprogramme, Recht, Steuern, Patente, Verkauf,

Vertrieb und Personalführung. Es informiert somit über die grundlegenden Kenntnisse, die junge Unternehmerinnen und Unternehmer haben sollten. Das Seminar „Unternehmensgründer“, jeweils im Sommersemester veranstaltet, gibt den Gründungswilligen die Gelegenheit, mit den Unternehmern, die aus der TUHH kommen, über deren Unternehmen und die persönlichen Erfahrungen zu sprechen.

Ferner wurden die Gründer aus der TUHH ermittelt: In den letzten zehn Jahren gründeten sich 35 Unternehmen mit insgesamt 220 Mitarbeiterstellen. Einige dieser neuen Unternehmen wurden und werden im Rahmen des Sommerseminars besucht. Die Aktivitäten zur Unternehmensgründung haben auch zu der Verpflichtung der TUHH gegenüber der Behörde für Wissenschaft und Forschung geführt, jährlich aus der TUHH fünf Unternehmen zu gründen. 1999 wurde dieses Ziel mit elf Gründungen mehr als übertroffen.

Für die Hamburger Hochschulen und Forschungsinstitute ist aus den Aktivitäten des Gründerrates sowie der TuTech die Initiative für das Hamburger Existenzgründungs Programm hep entstanden. Das hep läuft jetzt mit Erfolg und verschafft jungen Gründerinnen und Gründern die Möglichkeit, bei der Erstellung ihres Businessplans finanzielle Unterstützung zu erhalten. Der Businessplan ist neben der Produktidee die wichtigste Voraussetzung für die Gründung eines Unternehmens und Beschaffung der dafür notwendigen Mittel.

Abb.1 Existenzgründungsförderung der TUHH

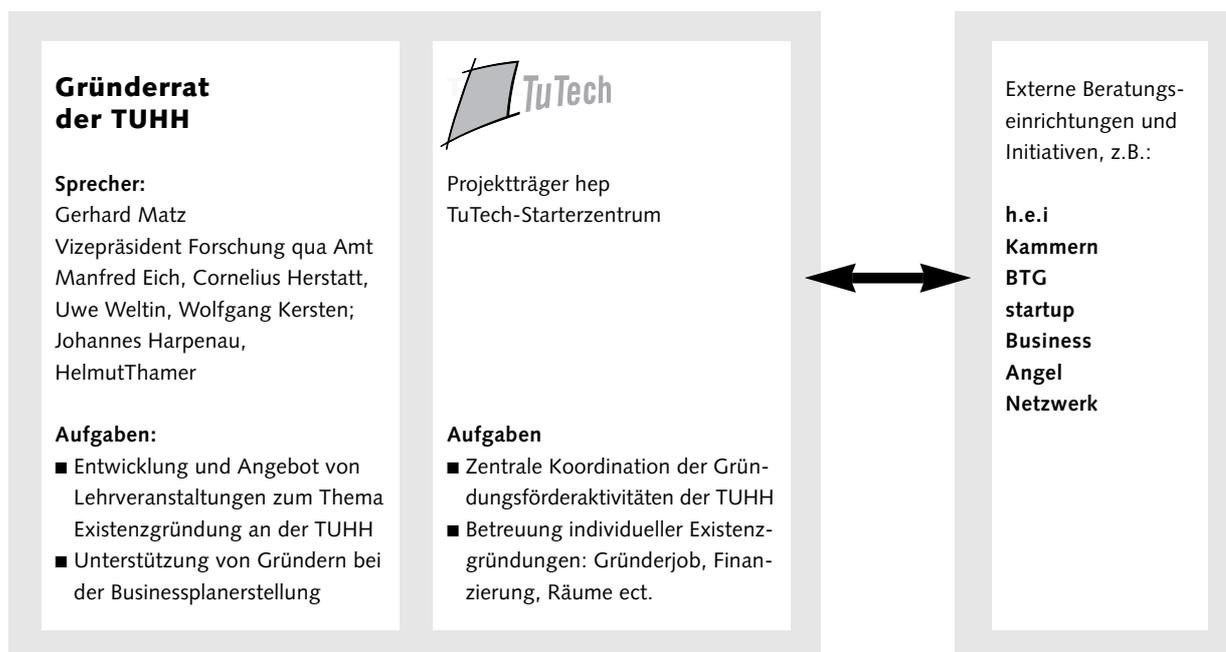




Abb2
Die Gründer Klaus Dybeck
und Ralf Nagel.

Erfolgreiche Firmengründung: Dynatechnik – von der Forschung zum Produkt und zum Unternehmen

Ohne Hilfe musste die Firma Dynatechnik im Jahre 1995 auskommen, als die beiden Gründer Klaus Dybeck und Ralf Nagel sich zur Unternehmensgründung entschieden. Als wissenschaftliche Mitarbeiter von Prof. Hermann Singer hatten sie DFG-Projekte zur „Analyse der Größenverteilung kleinster Partikel“ und „Massetdurchsatzmessung bei verfahrenstechnischen Prozessen“ bearbeitet. Hier wurden die Grundlagen für den Einsatz neuer Messsysteme gelegt, die auf der elektrostatischen Aufladung von Partikeln und deren messbarer influenzierter Ladung beruhen. Mit diesem Effekt kann der Massedurchsatz und die Geschwindigkeit von rieselfähigen Feststoffen in Transportleitungen berührungslos gemessen werden. Anwendung findet dieses neue Messsystem bei Abfüllanlagen für Kunststoffgranulate oder Düngemittel oder für die Brennersteuerung in großen Kraftwerken, die mit Kohlestäuben geheizt werden. Die bei der Forschung gewonnene Expertise und das Know-how der Gründer hat zu ihrer Produktidee geführt, an deren Vermarktung sie jetzt erfolgreich mit sechs festen Mitarbeitern arbeiten. Dazu waren allerdings zunächst die Beschaffung von Mitteln und erste Kunden notwendig. Mit einem derartig innovativen Produkt ist das sehr mühsam. Einen Startimpuls gab der Gewinn des Deutschen Gründerfonds 1995 – einer Initiative von Rhone-Poulenc und Impulse. Für ihr innovatives Produkt erhielten die Gründer eine Förderung von 70.000 DM. Die Finanzierung der Kosten für die Überführung eines Prototypen in ein vermarktbares Produkt gestaltete sich für die jungen Unternehmer als Techniker schwieriger als erwartet. Es gelang aber mit Hilfe der Förderung der Wirtschaftsbehörde Hamburg und Krediten der Hamburger Bürgschaftsgemeinschaft. Mit dieser Finanzierung konnte ein sehr erfolgversprechendes Produkt entwickelt werden, und erste Kunden und Vertriebspartner wurden gefunden.

Eine neue Runde für die Finanzierung der Markteinführung und die Gewinnung von potenten Vertriebspartnern war im letzten Jahr notwendig, und sie gelang mit der Erstellung eines fundierten Businessplans. Dabei führten gute Kontakte zu Frau Prof. Sonja Bischoff von der Hochschule für Wirtschaft und Politik zu einem erfolgreichen „Twinning“ der Techniker mit Betriebswirten. Zwei Studierende der Betriebswirtschaftslehre befassten sich im Rahmen ihrer Diplomarbeit mit dem Businessplan für Dynatechnik. Dieser war so erfolgreich, dass die Finanzierung mit Hilfe einer Beteiligung der Schleswig-Holsteinischen Kapital-Beteiligungsgesellschaft an der Firma gelang. Außerdem konnte mit Fa. Global Weighing Technologies ein weltweit agierendes Unternehmen als Vertriebspartner für eine der Produktlinien gewonnen werden. Jetzt kann, auch mit Hilfe des Businessplanerstellers und jetzigen Unternehmensberaters Dipl.-Kfm. Meerstein als Partner, mit der erforderlichen Sicherheit im Rücken die Firma weiter aufgebaut werden. Es ist den Gründern zu wünschen, dass ihr enormes Engagement belohnt wird und damit ein Produkt der TUHH-Forschung erfolgreich in den Markt überführt wird.

(Gerhard Matz)

Mikroelektronikanzentrum



Kooperationen

Das Mikroelektronikanzentrum (MAZ) – Ideen zum Markterfolg: 10 Jahre erfolgreiche Zusammenarbeit TUHH-MAZ.

Die bis heute aktuelle Gründungsidee des von der Freien und Hansestadt Hamburg 1990 gegründeten Mikroelektronik Anwenzungszentrum – kurz MAZ – ist und war, einerseits Know-how Transfer von der Hochschule in Hamburger Unternehmen zu ermöglichen und andererseits die Anforderungen der Wirtschaft mit Forschung und Lehre zu synchronisieren. Umgesetzt wurde dies bis etwa Ende 1994 durch von der MAZ durchgeführte F & E Projekte, die auf die Bedürfnisse kleiner und mittelständischer Unternehmen ausgerichtet waren, komplementär finanziert durch Mittel der EU und des BMBF.

Unterstützt wurde die Geschäftsführung des MAZ hierbei durch wissenschaftliche Leiter, die sich ausnahmslos aus Professoren der TUHH und der Universität Hamburg rekrutieren. Die Fachgebiete in der Anfangsphase waren Digitale Bildverarbeitung, Digitale Signalverarbeitung, Künstliche Intelligenz, ATM Technologie und ASIC System Design und Test.

Um diese enge Verzahnung zur Hochschule zu erreichen, wurde MAZ in unmittelbarer Nachbarschaft zur TUHH errichtet. Aus den zunächst auf Grundlagenforschung ausgerichteten Projekten entwickelten sich ab 1995 durch sukzessive Einbeziehung von kommerziellen Gesichtspunkten praktisch von alleine innovative Produkt- und Geschäftsideen, die zur Gründung eines ersten Tochterunternehmens 1996 führte. 1997 wurde die Internet Services GmbH & Co. KG gegründet, einer der ersten Internetprovider Deutschlands, der kürzlich, mittlerweile aufgegangen in die ISSION AG, einen erfolgreichen Börsenstart realisieren konnte.

1998 entstand als Ergebnis der TUHH-Grundlagenforschung zur ATM-Technologie die Firma bbcom GmbH & Co. KG mit heute mehr als 100 Mitarbeitern.

Mit der Entwicklung des Neuen Marktes und der vermehrten Bereitstellung von Risikokapital erfolgte ab 1998 eine konsequente Ausrichtung der MAZ als sogenannter Business-Incubator, einem Gewächshaus für Hochtechnologieunternehmen mit heute neun „ausgebrüteten“ Gesellschaften. Die aus Anteilsverkäufen realisierten Einnahmen werden in eine Art „Technologie-Kreditbank“-Modell in das MAZ zurückgeführt und zur Finanzierung neuer Aktivitäten genutzt. So entstand in unmittelbarer Umgebung vom MAZ und der TUHH, unterstützt durch eine Art Campus-Atmosphäre, der Channel Harburg, in dem sich neben den MAZ-Ausgründungen viele andere Technologieunternehmen angesiedelt haben.

Heute betreibt MAZ ein TUHH-Startup und unterstützt Projekte von Universität und TUHH. Im Gegenzug helfen Professoren als Spezialisten auf ihrem Gebiet bei der Bewertung von innovativen Geschäftsideen und unterstützen die Arbeit des MAZ-Managements durch ihre Gremientätigkeit im Aufsichtsrat und Beirat. Zusammen mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der TUHH findet regelhaft ein „Markt der Ideen“ statt. Ziel ist es, kreativ im Dialog neue grundlegende Konzepte und Visionen zu entwickeln und Lösungen für anstehende technisch-wissenschaftliche Probleme zu suchen. Hier bewährt sich insbesondere die Tatsache, daß fast alle Professoren der TUHH über lange Industrieerfahrung verfügen.

Die enge Verzahnung zwischen MAZ und TUHH dokumentiert nicht zuletzt die Tatsache, dass ein ehemaliges MAZ-Tochterunternehmen, die „TC Trust Center GmbH“, eine Stiftungsprofessur für Kryptologie finanzieren wird.

Voraussichtlich noch in diesem Jahr wird die Freie und Hansestadt Hamburg, als Förderer und Initiator der „MAZ-Idee“ das Unternehmen mehrheitlich privatisieren, um talentierten unterneh-



mungslustigen jungen Leuten aus dem universitären Umfeld Zugang zum Kapitalmarkt über das „Gewächshaus MAZ“ zu ermöglichen. Und hier bekommt insbesondere die TUHH für MAZ eine ganz neue Qualität: durch ihren hohen praxisbezogenen Ausbildungsstandard ist sie nicht nur sprudelnde Talentquelle, sondern auch wichtiger künftiger Impulsgeber für das neue Unternehmen.

*(Michael Lübbehusen,
Sören Denker)*

Kooperation

mit dem GKSS-Forschungszentrum Geesthacht

Kooperationen

Die Kooperation zwischen der TUHH und dem GKSS-Forschungszentrum ist für beide Partner von strategischer Bedeutung. Da sich die jeweiligen personellen, technischen und administrativen Ausstattung in idealer Weise ergänzen, können auch komplexe Lösungen erarbeitet werden; innovative Ergebnisse der Grundlagenforschung werden beschleunigt in die wirtschaftliche Nutzung überführt.

Das GKSS-Forschungszentrum ist ein nationales Forschungszentrum mit stark anwendungsorientierter Ausrichtung. Es gehört der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF) an und liegt ortsnahe zur TUHH in Geesthacht. Die GKSS-Forschung ist derzeit ausgerichtet auf die Programmschwerpunkte:

- Materialforschung: Leichtbau in der Verkehrs- und Energie-Technik
 - Umweltforschung: Wasser und Klima im Lebensraum Küste
 - Trenn- und Umwelttechnik: Membranen in der Prozesstechnik
- sowie auf die strategischen Projekte:
- Bio- / Medizintechnik
 - Neutronen- und Synchrotronstreuung

Die Zusammenarbeit zwischen der TUHH und dem GKSS-Forschungszentrum wurde 1982 durch einen Kooperationsvertrag initiiert. Seitdem ist sie kontinuierlich verstärkt worden und bezieht sich auf alle oben genannten Forschungsbereiche, mit deutlichem Schwerpunkt bei der Werkstoffforschung. In DFG-, BMBF- und EU-Projekten arbeiten Wissenschaftler der TUHH und des GKSS-Forschungszentrums interdisziplinär zusammen; internationale Seminare, Konferenzen und Tagungen werden gemeinsam organisiert. Daneben wird die Zusammenarbeit insbesondere durch das GKSS-Hochschulprogramm unterstützt, in dem das GKSS-Forschungszentrum eigene Forschungsmittel zur Finanzierung von Forschungsaufträgen für die TUHH in Höhe von derzeit ca. 400 TDM pro Jahr aufwendet.

Im Bereich der Werkstoffforschung entwickeln die TUHH und das GKSS-Forschungszentrum seit 1984 neuartige Werkstoffe wie z.B. intermetallische Hochtemperatur-Werkstoffe auf der Basis von TiAl-Legierungen. Auch die notwendigen Herstellungs- und Verarbeitungstechnologien werden gemeinsam erarbeitet, und zwar auf der Basis anwendungsorientierter Grundlagenforschung in enger Kooperation mit Industriepartnern. Die TUHH und das GKSS-Forschungszentrum haben durch diese gemeinsamen Entwicklungen einen internationalen Ruf gewinnen können, der sie als Kompetenzzentren auf dem Gebiet der TiAl-Werkstoffe ausweist.

Dieses erfolgreiche Konzept – simultane Entwicklung von Legierungszusammensetzung und zugehöriger Herstellungs- und Verarbeitungstechnologie – soll künftig auch auf die Entwicklung neuartiger Polymer-Werkstoffe und warmfester Magnesium-Leichtbau-Legierungen übertragen werden. Die komplementären experimentellen Einrichtungen der TUHH und des GKSS-Forschungszentrums (unter Einbeziehung der Neutronenquelle des GKSS-Forschungsreaktors) werden in Zusammenarbeit mit der Anwenderindustrie genutzt, um eine wettbewerbsfähige Entwicklung dieser für den PKW-Bereich technologisch hochinteressanten Werkstoffklassen zu ermöglichen.

Die Kooperation mit dem GKSS-Forschungszentrum auf dem Gebiet der Werkstoffforschung hat zur Gründung eines gemeinsamen Sonderforschungsbereiches „Mikromechanik mehrphasiger Werkstoffe“ geführt, der seit 1994 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird. Der Sonderforschungsbereich zeichnet sich durch eine hohe Anzahl von Projekten (25%) aus, die gemeinsam von Wissenschaftlern der TUHH und des GKSS-Forschungszentrums bearbeitet werden. Die enge Vernetzung der Projekte hat ganz wesentlich die Kooperation auf dem Gebiet der Werkstoffwissenschaften stimuliert und intensiviert.

So ist aus der Zusammenarbeit mit dem GKSS-Forschungszentrum heraus ein Institutsverbund unter Beteiligung der Anwenderindustrie entstanden, der das technische Verwertungspotenzial der im Sonderforschungsbereich entwickelten (inter)metallisch verstärkten Al₂O₃-Verbundwerkstoffe demonstrierte. Der Institutsverbund wurde 1996-1999 vom BMBF mit einer Summe von über 3 Mio. DM gefördert. Die Ergebnisse des Institutsverbunds werden in bilateralen Industrieprojekten sowie (seit 1999) in einem vom BMBF geförderten Verbundforschungsprojekt für die Herstellung von keramikverstärkten Bauteilen im PKW-Bereich umgesetzt (Gesamtvolumen 3,8 Mio. DM).

Im dem 1999 gegründeten Netzwerk „NanoMat“ (bestehend aus 17 Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft) arbeiten Wissenschaftler der TUHH auf dem Gebiet der Nanotechnologie eng mit dem GKSS-Forschungszentrum zusammen, um neuartige nanostrukturierte Werkstoffe in die wirtschaftliche Nutzung zu überführen. Erste Anwendungsfelder zeichnen sich im Bereich der Röntgenoptik (Diffraktometrie, Spektrometrie), der Wasserstoffspeicherung für emissionsfreie Automobile und wiederaufladbare Batterien sowie für neuartige Metall-Keramik-Verschleißschutzschichten im Maschinenbau ab.

Die TUHH und das GKSS-Forschungszentrum waren gemeinsam Initiatoren des „Hamburger Werkstoffverbundes“, eines Zusammenschlusses verschiedener Forschungseinrichtungen mit dem Ziel, Forschungsergebnisse im Rahmen von gemeinsamen Veranstaltungen intensiver zu kommunizieren. Diese Aktivitäten sollen durch ein „Kompetenzzentrum Werkstofftechnik“ ergänzt werden, das die FuE-Aktivitäten auf den Gebieten Werkstoffentwicklung, Werkstofftechnik und Werkstoffanwendung zunächst im Hamburger Raum (TUHH, GKSS-Forschungszentrum, TUHH-Technologie GmbH, Universität der Bundeswehr Hamburg, Fachhochschule Hamburg), später auch im norddeutschen Raum (unter anderem

mit der Christian-Albrecht-Universität Kiel sowie den Fachhochschulen Flensburg und Lübeck), nutzerorientiert darstellen soll und als Ansprechpartner der Industrie, insbesondere aus dem Bereich kleiner und mittlerer Unternehmen, fungiert. Durch die stärkere Vernetzung von Wissenschaft und Industrie soll zum einen eine schnellere Umsetzung der Forschungsergebnisse erreicht werden, zum anderen ist damit intendiert, die Wirtschaftsunternehmen im norddeutschen Raum bei der Lösung werkstofftechnischer Probleme besser zu unterstützen.

Im Bereich der Trenntechnik erstreckt sich die Zusammenarbeit mit dem GKSS-Forschungszentrum von der Entwicklung von Membranen für die hochselektive Trennung, der Plasmabehandlung von Membranen und der Entwicklung von Membranreaktoren bis zur verfahrenstechnischen Optimierung von Prozessen. Zudem ist geplant, gemeinsam die europäische Membrantagung 2004 auszurichten. Dazu wurden erste Vorgespräche mit dem Beirat der Europäischen Membrangesellschaft geführt.

Auch in der Umweltforschung und Umwelttechnik wurden vielfältige Kooperationen initiiert und mit Drittmitteln gefördert: Seit 1998 beteiligt sich das GKSS-Forschungszentrum am Sonderforschungsbereich „Reinigung kontaminierter Böden“ der TUHH und der Universität Hamburg. In einem dreijährigen Forschungsprojekt entwickelt das GKSS-Forschungszentrum ein Dampfstripping-Verfahren, das zur Dekontamination von Reststoffen und Abfällen aus der Rohstoffgewinnung, der industriellen Produktion und der Bodenreinigung eingesetzt werden kann. Im Rahmen des BMBF-Förderprogramms „Flusseinzugsgebietmanagement“ wird das GKSS-Forschungszentrum im Verbundprojekt „Feinsedimentdynamik und Schadstoffmobilität in Fließ-, Ästuar- und Küstengewässern“ (Koordination: Umweltschutztechnik der TUHH) insbesondere Naturmessungen und die Modellierung zu Sedimentumlagerungen in Buhnenfeldern der Elbe sowie zum Sediment- und

Schadstofftransport in der Tide-Elbe bearbeiten. Die Meerestechnik der TUHH entwickelte mit dem GKSS-Forschungszentrum ein Standardverfahren zur Bestimmung der Erosionseigenschaften kohäsiver Sedimente unter natürlichen und schiffsbedingten Strömungsvorgängen. Die TUHH und das GKSS-Forschungszentrum kooperieren ferner im Rahmen des 1999 gegründeten environmental technology center (etc).

Auf dem Gebiet der Bio- und Medizintechnik werden erste gemeinsame Projekte bearbeitet, die sich mit der Gewinnung neuer Wert- und Wirkstoffe aus marinen Ressourcen beschäftigen. Langfristig ist geplant, zusammen mit weiteren Institutionen eine Kompetenzregion zu gründen.

Auch im personellen Bereich wird eine enge Zusammenarbeit angestrebt. Leitende Wissenschaftler des GKSS-Forschungszentrums halten regelmäßig Vorlesungen und Seminare im Grund- und Hauptstudium der TUHH, TUHH-Professoren wirken bei externen Begutachtungen und in den Gremien des GKSS-Forschungszentrums mit; sie waren Mitglieder und Vorsitzende im technisch-wissenschaftlichen Beirat.

Im Bereich der Werkstoffwissenschaften sind drei gemeinsame Berufungsverfahren durchgeführt worden. Die Leitung des Geschäftsbereichs Werkstofftechnologie am Institut für Werkstoffforschung des GKSS-Forschungszentrums und die Leitung des Arbeitsbereiches Werkstoffphysik und -technologie der TUHH sind in Personalunion besetzt, um eine engere strategische Abstimmung zu erreichen. Ein intensiver Personalaustausch (kurz- und mittelfristig) auf allen Ebenen und gemeinsame Gastwissenschaftler sollen den Know-how-Transfer gewährleisten und zu einer engen Vernetzung der Forschungsaktivitäten führen. In diesem Sinne nutzen auch Diplomierende und Promovierende der TUHH die experimentellen und technischen Möglichkeiten am GKSS-Forschungszentrum für ihre Diplomarbeiten und Dissertationen.

Die Kooperationen auf den verschiedenen Forschungsgebieten sowie im personellen Bereich sind durch Verträge und Rahmenvereinbarungen festgelegt, die die strategische Bedeutung der Zusammenarbeit der TUHH mit dem GKSS-Forschungszentrum in Geesthacht unterstreichen. Die Zusammenarbeit ist langfristig angelegt und kann als beispielhaft für eine erfolgreiche Kooperation zwischen einer Universität und einem nationalen Forschungszentrum angesehen werden.

(Rüdiger Bormann)

Luftfahrtforschung

Kooperation mit der DaimlerChrysler Aerospace Airbus

Kooperationen

Im April 2000 jährte sich zum zehnten Mal die Unterzeichnung des Kooperationsvertrages zwischen der DaimlerChrysler Aerospace Airbus GmbH (DA) und der Technischen Universität Hamburg-Harburg.

Die TUHH als moderne, forschungsorientierte Universität und der am technologischen und wirtschaftlichen Erfolg des AIRBUS-Programms wesentlich beteiligte industrielle Großpartner DA beschlossen damit, ihr Wissens- und Handlungspotential in eine Zusammenarbeit auf gemeinsamen Interessengebieten zur Stärkung des Luftfahrtstandorts Hamburg einzubringen: Der Aus- und Weiterbildung, die sich am Bedarf nach wissenschaftlich ausgebildeten Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie unternehmerisch denkenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern orientiert, sowie der Forschung auf Sektoren der Technologieentwicklung im Flugzeugbau, wo breitgefächerte wissenschaftliche Grundlagen und Methoden auf luftfahrtspezifische Problemstellungen übertragbar sind.

Entsprechende Kernelemente dieser ebenso einzigartigen wie zukunftsweisenden erfolgreichen public-private-partnership zwischen DA und TUHH beinhalten

- die Errichtung des Technologiezentrums Hamburg-Finkenwerder (THF), als Forum dieser Zusammenarbeit
- die Einrichtung des europaweit gänzlich neuen Studienschwerpunkts 'Flugzeug-Systemtechnik' im Rahmen des Maschinenbaus an der TUHH, einhergehend mit der Gründung des gleichnamigen Arbeitsbereiches
- die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Fort- und Weiterbildung

Die Höhe der Investitionen zu Beginn der Kooperation und die Kosten ihrer langfristigen Absicherung belegen die hohe bilaterale Bedeutung. Neben den gemeinsamen Investitionskosten über etwa 30 Mio. DM in das THF, trägt die TUHH den Arbeitsbereich Flugzeug-System-

technik, während DA eine inzwischen verlängerte C4-Stiftungsprofessur für den Leiter des Arbeitsbereichs finanziert sowie ein Budget für aktuelle, bilaterale Forschungsvorhaben bereitstellt.

Im Technologiezentrum Hamburg-Finkenwerder, im September 1994 eingeweiht, stehen der TUHH neben zwei Geschossen im fünfstöckigen Bürotrakt etwa 1200 qm an Versuchslabors, Rechnerräumen, Laborwerkstätten und einer Versuchshalle zur Verfügung.

Die Nutzung dieser Flächen ist, neben dem Arbeitsbereich Flugzeugsystemtechnik, insbesondere auch Forschungsaktivitäten anderer TUHH-Arbeitsbereiche mit besonders enger Verbindung zur DA und versuchsintensiven Arbeiten zugeordnet. So arbeiten dort zwei Forschungsgruppen mit jungen Wissenschaftlern aus den Arbeitsbereichen 'Kunststoffe und Verbundwerkstoffe' sowie 'Mechanik' an Technologieentwicklungen. Hieraus wird bereits die technologisch-fachliche Themenbreite ersichtlich, zu der eine Vielzahl von Arbeitsbereichen der TUHH mit Forschungs- und Entwicklungsabteilungen sowie Fertigungsbereichen der DA kooperieren. Thematisch lassen sich die Forschungsprojekte insgesamt drei Schwerpunktgebieten zuordnen, im Folgenden anhand stellvertretender Themen bzw. Problemstellungen charakterisiert, die gleichzeitig wesentliche Technologiebedarfsfelder im modernen Flugzeugbau darstellen.

Werkstoff- und Bauweisentechnologien

Neben modernen, leistungsfähigen metallischen Leichtbaulegierungen haben Faserverbundwerkstoffe eine erst beschränkte Anwendung in sicherheitskritischen und hohe Anforderungen an den Fertigungsprozeß stellenden Primärstrukturen von Flugzeugen gefunden. Die Forschungsprojekte Werkstoffentwicklung für den CFK-Rumpf sowie Degradationsverhalten von Faserverbundwerkstoffen unter dynamischer Belastung haben zum Ziel, Werkstoffsysteme für eine umfassende, belastungs- und fertigungs-

gerechte CFK-Strukturanwendung bzw. Modelle zur Beschreibung des Versagensmechanismus und Schadensakkumulation unter dynamischer Belastung dieser Werkstoffe zu entwickeln. Das Ergebnis vorausgegangener Forschungsarbeiten der TUHH zum Ersatz von Leitfähigkeitslacken durch elektrische leitfähige glasfaserverstärkte Prepregsysteme wird ab Herbst 2000 in die Serienfertigung der Seitenleitwerksnasenstruktur eingeführt. Das Potenzial und die Anwendungsgrenzen von Mehrschicht-Verbundrohren anstelle von beheizten Stahlrohren in den Frischwassersystemen großer Transportflugzeuge wie der Airbus wurden unter werkstofftechnischen, konstruktiven sowie funktionellen Anforderungen untersucht und bewertet. Der deutsche Airbuspartner nimmt bei dieser Werkstoffanwendung eine führende Rolle ein; trotzdem zeigen diese Beispiele den Handlungsbedarf und die Bedeutung der Forschungsarbeiten der TUHH.

Systemtechnik

Dieses umfangreichste und interdisziplinär besetzte Forschungsgebiet spiegelt das Entwicklungsinteresse der DA im Airbusprogramm wider. Es geht um konkurrenzfähige und überlegene Flugzeuge und Flugzeugsysteme.

Bei Flugsteuerungs- und Bordenergiesystemen geht es einerseits um Fragen, wie durch neue antriebs- und regelungstechnische Prinzipien leistungsoptimierte, funktionserweiterte und zuverlässigere Systemarchitekturen erreicht werden können. Beispiele von Forschungsprojekten zu diesen mechatronischen Systemen sind elektrohydraulische Antriebe kleiner Leistung für Ruder, sekundärregelte hydraulische Antriebe in Klappen- und Flossenstellensystemen, neue robuste Zustandsregelungen von Ruderstellensystemen in aeroelastischer Umgebung zur Beeinflussung strukturdynamischer Eigenmoden sowie bidirektionale hydraulisch-elektrische Leistungswandler zum Leistungs- und Redundanzmanagement in den Energiesystemen eines 'more electric aircraft'.

Ein komplementärer Themenkomplex befasst sich mit rechnergestützten, speziell auf Systementwurfs-, Analyse- und Bewertungsfragen ausgerichteten Entwicklungswerkzeugen: Der 'virtual iron bird', ein gekoppeltes, hybrides Simulationssystem für Flugmechanik und Systeme zu deren Auslegung, Mehrkörpersystembasierte Verfahren zur Synthese und dynamischen Analyse von Klappensystemmechanismen sowie Untersuchungen zur Bewertungsstrategie neuer Systemtechnologien ('Technologienavigator') im Flugzeugentwurfsprozeß sind Beispiele.

An Bord- und Kabinensysteme werden in modernen Großflugzeugen gänzlich neue Anforderungen gestellt. Mit gesteigertem Kabinenkomfort, Informations- und Kommunikationsangebot auf Langstrecken sowie zur Beherrschung des thermischen Systems 'Kabine' entwickelt sich ein zunehmender Bedarf an neuen Technologien und dem Verständnis von thermischen, Stofftransport- und akustischen Vorgängen im Kabinenbereich. Die in enger Zusammenarbeit mit DA laufenden Forschungsprojekte „Integrierte Bordkühlsysteme auf der Basis von CO₂ als Kältemittel“, „Modellierung des Wärme- und Feuchtetransports in Kabinenwandmaterialien“ mit dem Ziel, verbesserte Isolationsmaterialien zu entwickeln, „Untersuchungen und Modellierung der vibroakustischen Transmission aerodynamischen Strömungslärms durch Kabinenwandstrukturen“ als Grundlage für Berechnungsmöglichkeiten der Innenraumakustik sowie zu Systemkonzepten eines redundanten und hochleistungsfähigen integrierten Kommunikationsnetzes in der Kabine auf Basis von ATM (asynchronous transfer mode)-Technologie kennzeichnen Vielfalt und Komplexität der Problemstellungen auf diesem Systemgebiet. Ein charakteristisches Beispiel für die Übertragung von Grundlagenforschung in praktische Anwendungsfälle, hier aus dem Gebiet der Halbleitertechnologie (Messtechnik), stellt das Forschungsprojekt Dehnungsmeßstreifen für Kraftmessungen in Kryo-Windkanal dar; auf der



Basis keramischer Dünnschichten konnte eine Kraftwaage entwickelt werden, die über den gesamten Temperaturzyklus hochauflösend ist und keine Messverfälschungen aufweist.

Entwicklungs- und Produktionsprozesse/Fertigungstechnologie

Entwicklungs- und Produktionsprozesse müssen flexibel, reaktiv auf Dispositionseingriffe und qualitätsbeobachtbar sein. Dies gilt um so mehr für Produkte hoher „lead times“ und Qualitätsstandards, wie sie im Flugzeugbau gegeben sind. Vorausgegangene und laufende Untersuchungen verschiedener Arbeitsbereiche haben zum Ziel, für die spezifischen Belange eines Flugzeugbauunternehmens Lösungskonzepte für die Prozeßgestaltung zu entwickeln. Stellvertretend seien genannt Qualitätskennzahlen in Entwicklung und Konstruktion, Schließen der Datenkette von der Konstruktion bis Qualitätssicherung sowie Benchmarking, Qualitätsmanagement und Maschinen- und Prozessüberwachung für ein flexibles Fertigungssystem. Die Integration moderner rechnergestützter Werkzeuge wie der graphischen Simulation und der Animation sind Inhalt des Verbundprojekts Virtuelle Realität im Bereich der Montage, um bereits in den frühen Konstruktionsphasen die spätere Montierbarkeit sicherzustellen und Montagefehler zu reduzieren.

Bilanz und Ausblick

Neben und aus dieser Forschung in direkter Zusammenarbeit mit DA ist eine Vielzahl von Projekten angeregt worden, die mit anderen Hochschulen, Ausrüstungs- und Halbzeug-Herstellfirmen oder dem Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR) gemeinsam bearbeitet wurden und werden.

Eine Reihe von Patenten aus diesen Arbeiten bezeugt den Innovationsgehalt und Nutzen der Forschungsk Kooperation. Gleichzeitig ist das so entstandene Netzwerk luftfahrtbezogener Forschungsbeziehungen eine solide Ausgangsbasis für die Weiterentwicklung anwendungsorientierter Forschung an der TUHH. Mit einem Drittmittelauftragsvolumen der TUHH von zur Zeit ca. neun Mio. DM aus direkten Industrieaufträgen und Luftfahrtforschungsprogrammen verläuft die Entwicklung positiv.

Das Ziel dieser Forschungsk Kooperation, die technisch-wissenschaftliche Basis des Luftfahrtstandortes Hamburg zu stärken, ist erreicht. Weitere Forschungsvorhaben – im Rahmen des A3XX – signalisieren, dass die Kooperation zwischen DA und TUHH ausgebaut wird.

(Udo Carl)

Abb.1
Das gemeinsam von DA und TUHH gebaute und genutzte Gebäude des THF in Finkenwerder

Abb.2
Auch für die Entwicklung des A319 hat der Arbeitsbereich Flugzeugsystemtechnik Forschungsarbeit geleistet.

Das Zentrum für Biomechanik

Ingenieurwissenschaftliche Forschung für die Medizin

Kooperationen

Das Zentrum für Biomechanik an der Technischen Universität Hamburg-Hamburg (TUHH) und der Universität Hamburg (am Universitäts-Krankenhaus Eppendorf, UKE) wurde 1989 mit dem Ziel der Stärkung des Forschungs- und Wirtschaftsstandortes Hamburg eingerichtet.

Der Senat der Freien und Hansestadt Hamburg ging in seiner Entscheidung von der Überlegung aus, dass Innovationen und Verbesserungen in der Chirurgie und Orthopädie nur durch engen Kontakt der klinischen Anwender mit den theoretischen und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen zu erzielen sein würden. Seit der Gründung des Zentrums wird deshalb erfahrenen Medizinern die Möglichkeit geboten, für eine begrenzte Zeit in einem gut ausgerüsteten, technischen Umfeld tätig zu werden, um ein von medizinischer Seite formuliertes, klinisch relevantes Problem mit Hilfe von Fachleuten verschiedener Disziplinen der Technischen Universität anzugehen.

Das Vorhandensein einer solchen Einrichtung in Hamburg hat große Bedeutung im Hinblick auf den Stand der regionalen medizinischen Versorgung, die Qualität der Implantate und die Innovationsfähigkeit der Hersteller von chirurgischen Implantaten, Instrumenten und Geräten. Operationsmethoden und Implantationsmaterialien werden verbessert, weil Erkenntnisse aus der Biomechanik, den Werkstoffwissenschaften, der Mechanik, der Informatik und Messtechnik sowie der Konstruktions- und Fertigungstechnik zusammen kommen. Das aktuelle Wissen aus Forschung und Ent-

wicklung fließt an die Klinik zurück und trägt zur Verbesserung des allgemeinen Ausbildungsstandes bei. Die Sicherheit, Effizienz und Qualität von neuen und bestehenden Implantaten wird sowohl aus klinischer als auch aus technischer Sicht verbessert. Um diese Ziele mit sinnvollem Zeit- und Materialaufwand zu verwirklichen, ist hoch qualifiziertes Personal aus verschiedenen Disziplinen unabdingbar.

Das Zentrum für Biomechanik ist ein von den Partnern (TUHH, UKE, Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales (BAGS), Berufsgenossenschaftliches (BG) Unfallkrankenhaus Hamburg) institutionalisierter Zusammenschluss von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, der die interdisziplinäre Zusammenarbeit unterstützt, die gemeinsame und kostenlose Nutzung von Einrichtungen und Geräten ermöglicht und die Wahrnehmung von gegenseitigen Lehraufgaben fördert. Dieser Zusammenschluss ist über die ursprüngliche Verbindung der beiden Universitäten hinaus zu einem wirklichen Verbund wissenschaftlicher Institutionen geworden. Bei der Delegation von Ärzten an das Zentrum geht es primär um den Aufbau einer neuen Forschungsrichtung in der entsprechenden Abteilung des Krankenhauses, die nach Rückkehr des Arztes mit Unterstützung des Zentrums weitergeführt werden kann.

Neben dieser grundsätzlichen Innovationsförderung werden auch aktuelle klinische Verfahren einer vergleichenden experimentellen oder theoretischen Untersuchung unterworfen. Das Zentrum betreibt somit sowohl grundlagenbezogene als auch angewandte – vornehmlich pati-

entorientierte – Forschung in der Biomechanik des Stütz- und Bewegungsapparates. Das Schwergewicht liegt dabei auf den Gebieten der Osteosynthese, der Endoprothetik, des Gefäßersatzes und der Biomaterialien, bei spezieller Beachtung von Belastung, Festigkeit, Grenzflächenvorgängen und Regulationsmechanismen von Implantaten, Knochen und anderen Bindegewebsystemen.

An der TUHH wurde ein besonderes Konzept für die Projektbearbeitung eingeführt: jedem ärztlichen Projektleiter wird ein Ingenieur zur Seite gestellt, der mitverantwortlich am jeweiligen Projekt arbeitet und für die technischen Aspekte verantwortlich ist, und umgekehrt. Diese enge Verzahnung hat sich als außerordentlich effektiv, didaktisch wertvoll und langandauernd erwiesen.

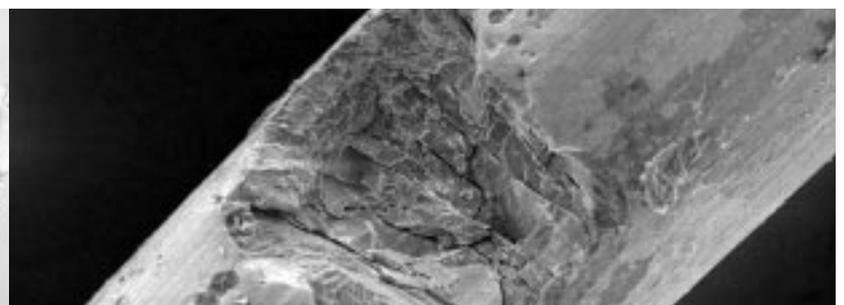
An der TUHH ist der Arbeitsbereich Biomechanik der Ansprechpartner und Koordinator für gemeinsame Projekte. Einzelne Untersuchungen auf dem Gebiete der Biomechanik werden auch von den Arbeitsbereichen Elektrotechnik, Fertigungstechnik, Konstruktionstechnik, Kunststoffe, Meerestechnik, Optik und Messtechnik, Regelungstechnik, Technische Informatik, Technische Keramik, Mechanik sowie Werkstoffphysik und -technologie durchgeführt. Im UKE gehören das Anatomische Institut, das Pathologische Institut, die Chirurgische Klinik, die Orthopädische Klinik, sowie die Klinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie zur biomechanischen Arbeitsgruppe. Ansprechpartner und Koordinator ist die Abteilung für Osteopathologie (Prof. Dr. Günther Delling).

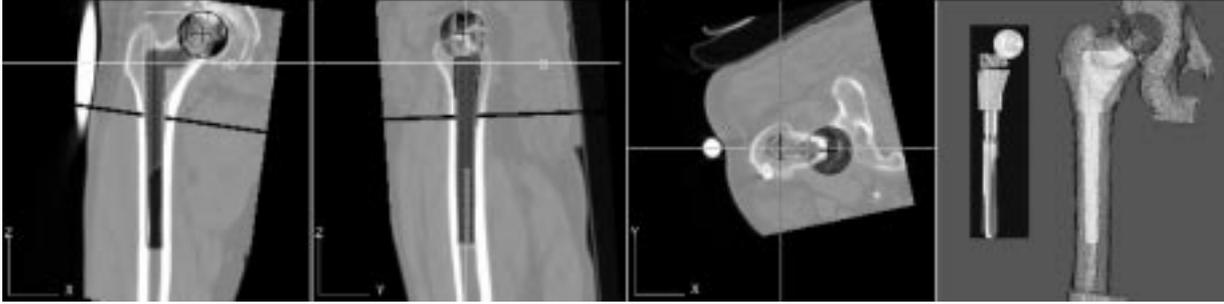
Von den außeruniversitären Kranken-

Abb. 1

(links)
Nach Versagen
explantierte
Gefäßprothese.

(rechts)
Korrosion an einem
NiTiNol Draht des
Prothesengerüstes.
Ob derartige Schäden
für das Versagen
verantwortlich sind
ist noch unklar.





häusern Hamburgs haben sich vor allem die Allgemeinen Krankenhäuser Altona, Barmbek, St. Georg sowie das AK Harburg kontinuierlich in das Zentrum eingebracht. Dieses Engagement wird durch die finanzielle Unterstützung der BAGS ermöglicht. Das BG Unfallkrankenhaus Hamburg delegiert ebenfalls Ärztinnen und Ärzte an das Zentrum oder nimmt Ingenieurinnen und Ingenieure aus der TUHH für Projekte im Zusammenhang mit den spezifischen berufsgenossenschaftlichen oder unfallchirurgischen Tätigkeiten einer BG Klinik auf. Seit zwei Jahren besteht zudem eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Zentrum für Biomechanik und der Endo-Klinik.

Dieses gemeinsame Vorgehen von klinisch und biomechanisch versierten Forschern ist essentiell, um einen Beitrag zur Lösung der Vielzahl gegenwärtig anstehender Probleme zu leisten:

- Im Bereich der Endoprothetik kommen durch die zunehmenden Schwierigkeiten mit der durch Abriebpartikel aus z.B. Polyäthylen bedingten Lockerung große Probleme auf die Kliniken zu. Eine Zunahme der aufwendigen Wechseloperationen ist zu erwarten.
- In der Wirbelsäule besteht ein großer Bedarf nach Implantaten für den Ersatz degenerierter Zwischenwirbelscheiben.
- Bei steigender Lebenserwartung müssen Implantate (Gelenksendoprothesen; Gefäßprothesen, Abb.1) entwickelt werden, die diesen gestiegenen Anforderungen gerecht werden.
- Die Einführung billiger, generischer Prothesen und Implantate bedingt durch den zunehmenden Kostendruck erfordert eine verbesserte Normierung und Qualitätssicherung.
- Der Einsatz von aufwendigen Methoden (z.B. Einsatz von Robotern (Abb. 2) oder Navigationsverfahren) muss durch quantifizierbare Verbesserungen für den Patienten gerechtfertigt werden.

Diese wenigen Beispiele betreffen nur eine kleine Auswahl der Probleme, die derzeit bearbeitet werden und in Zukunft verstärkt bearbeitet werden müssen. Es wird hieraus deutlich, dass von sportlichen über arbeitende bis hin zu älteren Menschen eine Vielzahl von Bevölkerungsgruppen von den Aktivitäten des Zentrums für Biomechanik profitiert.

(Michael Morlock)

Abb.2
Bestimmung der Lage des Schaftes einer Hüftgelenksendoprothese im Oberschenkelknochen auf der Planungsstation eines Operationsroboters. Entsprechend dieser Planung wird die Fräsung der Kavität für den Schaft intraoperativ durchgeführt.

Sonderforschungsbereich

„Reinigung kontaminierter Böden“

SFB

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es eine große Anzahl kontaminierter Standorte, wie beispielsweise Industrie(alt)standorte, an denen zum größten Teil in der Vergangenheit umweltschädigende Produktionsrückstände unsachgemäß (ab-)gelagert wurden. Diese Standorte stellen ohne Behandlung des anstehenden Bodens und eventuell des Grundwassers oder zumindest Unterbrechung der Ausbreitungspfade der Schadstoffe im umliegenden Boden- und Grundwasserkörper ein großes Gefährdungspotential dar; die Standorte sind nur eingeschränkt nutzbar. Bodenschutz ist eine dringende Aufgabe.

Diese Thematik wird in dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) eingerichteten Sonderforschungsbereich „Reinigung kontaminierter Böden“ untersucht. In enger Zusammenarbeit zwischen der Universität Hamburg, dem GKSS Forschungszentrum in Geesthacht und der TU Hamburg-Harburg als Sprecherhochschule sind eine Vielzahl von Forschungsprojekten durchgeführt worden.

Die Teilprojekte wurden überwiegend interdisziplinär in Kooperation miteinander durchgeführt. Diese integrierte Zusammenarbeit von Bauingenieurinnen und -ingenieuren, Verfahrenstechnikerinnen und -technikerinnen, Chemikerinnen und Chemikern, Mikrobiologinnen und -biologen, Bodenkundlerinnen und Bodenkundlern, Geologinnen und Geologen sowie Umweltplanerinnen und -planern hat zu hohem Wissenszuwachs, neuen Forschungsansätzen und fachübergreifenden Ergebnissen geführt.

Die Zielsetzung des SFB war es, die wissenschaftlichen Grundlagen für die verschiedenen zum Teil bereits vorliegenden Verfahren zu erarbeiten, um diese zu optimieren und eine zweckmäßige Auswahl von Verfahrensschritten und Apparaten für die verschiedenen Anwendungsfälle zu ermöglichen. Des Weiteren war die Neuentwicklung zusätzlicher Verfahren angestrebt. Der Schwerpunkt lag dabei auf den biologischen Verfahren und deren Kombination mit chemisch-physikalischen Methoden.

Um diese übergeordneten Ziele zu erreichen, waren insbesondere die analytischen und meßtechnischen Verfahren zu optimieren, um Belastungen zuverlässig feststellen, Grenzwerte aufstellen und Reinigungserfolge quantifizieren zu können. Wichtig sind in diesem Zusammenhang auch die Untersuchungen zur Definition von Reinigungszielen. Um diese zu erreichen, sind unter anderem Schadstoffbilanzen zu erstellen, ökotoxikologische Grenzwerte zu erarbeiten und die Schadstoffverfügbarkeit für Mikroorganismen zu quantifizieren.

Der Lösungsprozess der gestellten Aufgaben läßt sich grob in vier Phasen unterteilen. In der ersten Phase wurde zum Erkennen grundlegender Zusammenhänge zunächst mit ausgewählten künstlich ölverunreinigten Bodentypen gearbeitet. Diese Vorgehensweise bot sich an, da die Vielfalt der Bodenstrukturen und der Kontaminationen keine universell anwendbaren Behandlungsrezepte zuläßt. Auf diese Weise sollten methodische Ansätze in der Bodenreinigung entwickelt werden. In der zweiten Phase wurden vermehrt andere künstlich und real-kontaminierte Bodenmaterialien untersucht, wobei die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) im Vordergrund standen. Während der dritten Phase erfolgte die Entwicklung hin zu einem stärkeren Praxisbezug, die Untersuchungen wurden auf organisch als auch anorganisch belastete Realkontaminationen ausgeweitet. In der vierten Phase wurden Verfahren entwickelt, optimiert und um einige Schritte erweitert. Neben organischen und anorganischen Kontaminationen wurden nun auch Mischkontaminationen behandelt. Die Entwicklung erfolgte unter starkem Praxisbezug und unter Gesichtspunkten der Kostenminimierung. Neben den mechanischen, chemischen und thermischen Reinigungsverfahren spielten die biologischen eine wichtige Rolle. Schwerpunktmäßig wurde hier untersucht, in welcher Weise die Bioverfügbarkeit der im Boden vorliegenden Schadstoffe gezielt verbessert werden kann. Weitere Aspekte stellen Gelän-

Bereich A

Chemisch-Physikalische
Verfahrensentwicklung

Bereich B

Biologische
Verfahrensentwicklung

Bereich C

Grundlagen und Bewertungskriterien
für Verfahren

Bereich D

Naturwissenschaftliche Grundlagen
zur Verfahrensentwicklung

Zentralbereich Z

Serviceanalytik, Verwaltung

Abb. 1
Struktur des
Sonderforschungs-
bereiches

deuntersuchungen dar, um praxisnahe Aussagen über die Wirksamkeit der ablaufenden Prozesse gewinnen zu können. Begleitet wurden alle Untersuchungen durch eine fundierte und effiziente chemische Analytik. Hierbei standen die Verfeinerung und Ausweitung schneller Analyseverfahren, die Charakterisierung sanierungsrelevanter Leitparameter und Fragen zur Mobilität und Festlegung von Schadstoffen an der Huminstoffmatrix im Boden eine zentrale Rolle.

Welche Ergebnisse wurden erzielt? Im Bereich der biologischen Bodenbehandlungen wurden verschiedene Verfahren zur Optimierung der Abbauprozesse sowie der Erhöhung der Bioverfügbarkeit entwickelt. Als Folge der aufgetretenen Schadstoffbilanzierungslücken wurde eine intensive Forschung auf dem Gebiet der „bound residues“ durchgeführt. Für Verfahren der Bodenwäsche wurden umfangreiche wissenschaftliche Grundlagen erarbeitet. Thermische Verfahren wurden für hochkontaminierte Konzentrate aus der Bodenwäsche entwickelt. Für schwermetallbelastete Böden stehen Verfahren zur erfolgreichen Behandlung zur Verfügung. Sehr umfangreich waren die Forschungsbemühungen auf dem Gebiet der Analytik, wo Entwicklungen im Bereich der Messgenauigkeit und -geschwindigkeit, beim Messen von Kleinstkonzentrationen und bei der Identifikation von Metaboliten stattfanden. Auch das Thema des „natürlichen Rückhaltes“ von Schadstoffen in Böden ist aufgegriffen worden.

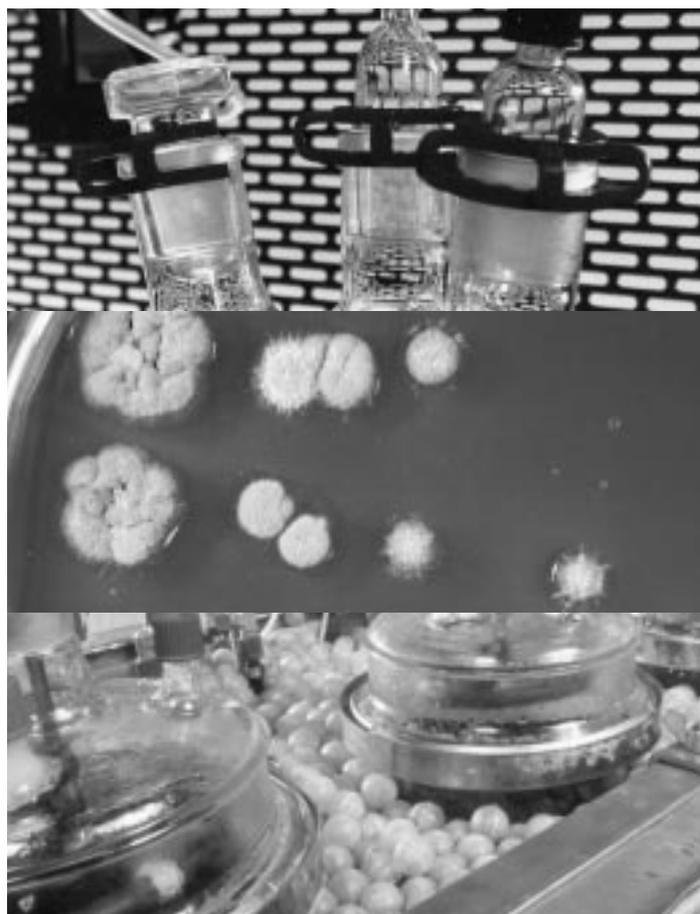
Neben den angesprochenen Zugewinnen auf fachlicher Ebene sind jedoch noch einige weitere Aspekte erwähnenswert. Die schon angesprochene intensive Kooperation der unterschiedlichen Disziplinen war schon von Beginn an ein herausragendes Merkmal des SFB. So wurden Arbeitsgruppen gebildet, die über den gesamten Zeitraum gemeinsam unterschiedliche Fragestellungen bearbeitet und Koordinationen von Gemeinschaftsversuchen durchgeführt haben. Es fanden regelmäßig Kolloquien statt. Sehr erfolgreiche SFB-Tagungen sind immer un-

ter Beteiligung externer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durchgeführt worden. Workshops (beispielsweise mit Fachkollegen aus Wageningen, mit der DECHEMA und der GBF Braunschweig sowie dem BMBF) sowie die Präsentation des gewonnenen Fachwissens auf nationalen und internationalen Veranstaltungen zeugen von der erfolgreichen Zusammenarbeit.

Der SFB ist Zeit seiner Laufzeit mit ca. 26 Millionen DM von der DFG gefördert worden, 51 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wurden beschäftigt – drei von ihnen erhielten Berufungen. Es entstanden eine Fülle von Veröffentlichungen: 51 Dissertationen, 244 Veröffentlichungen, 117 Vorträge und Poster sowie 109 Diplom- und Studienarbeiten. Des Weiteren wurden vier Konferenzen und vier Workshops veranstaltet. Ein formales Ende des SFB bildete die an der Technischen Universität Hamburg-Harburg stattgefundene Abschlussveranstaltung, wiederum unter Beteiligung internationaler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, in der die Ergebnisse aus 12-jähriger Forschungsarbeit dargestellt wurden.

Dieser Abschluss bedeutet jedoch nicht das Ende der oben dargestellten interdisziplinären Kooperation, sondern das entwickelte Know-how wird Basis sein für zukunftsweisende Forschungsarbeiten und -projekte.

(Rainer Stegmann)



Sonderforschungsbereich

„Mikromechanik mehrphasiger Werkstoffe“

SFB

Der SFB „Mikromechanik mehrphasiger Werkstoffe“ wird gemeinsam von der TUHH und dem GKSS-Forschungszentrum Geesthacht interdisziplinär bearbeitet mit dem Ziel, die Stellung Norddeutschlands im Bereich der Werkstofftechnologie nachhaltig zu stärken.

Gegenwärtig sind sieben Arbeitsbereiche der TUHH und drei Geschäftsbereiche der GKSS beteiligt, insgesamt 52 Wissenschaftler unterschiedlicher Fachrichtungen arbeiten in 16 Teilprojekten zusammen. Seit 1994 wird der SFB von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) mit ca. 3 Mill. DM pro Jahr finanziell gefördert.

Das wissenschaftliche Programm des SFB befasst sich schwerpunktmäßig mit der Frage, wie bei Belastung eines Werkstücks die äußeren Kräfte innerhalb der mikroskopischen Gefügebestandteile übertragen werden, welche lokal wirkenden Kräfte sich daraus ergeben und wie der jeweilige Werkstoff durch elastische Verformung, plastisches Fließen, Porenbildung, Porenwachstum, Rissbildung und Rissausbreitung darauf reagiert. Derartige Fragen spielen eine wesentliche Rolle für die Prozessführung bei der Halbzeugherstellung und bei der Bauteilfertigung; sie gewinnen in zunehmendem Maß an Bedeutung, weil die Beherrschung kritischer Bauteile auf den verschiedenen Ebenen der Sicherheitsanforderungen garantiert sein muss. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Belastungsgrenzen aufgrund technischer, ökonomischer oder ökologischer Anforderungen heraufgesetzt werden müssen.

Technologisches Ziel des SFB ist die Optimierung konventioneller und die Entwicklung neuartiger Werkstoffe durch ein besseres Verständnis der mechanischen Wechselwirkungen zwischen den mikroskopischen Gefügebestandteilen und deren Einfluss auf das makroskopische Verhalten. Damit liefert der SFB einen Beitrag zur wissenschaftlichen Entwicklung von Konstruktionswerkstoffen mit erhöhter Leistungsfähigkeit innerhalb des Eigenschaftsspektrums fest, zäh, duktil, leicht, ökonomisch, ökologisch und zuverlässig. Dieser Katalog enthält teilweise gegenläufige Forderungen an die Werkstoffeigenschaften, so dass die gezielte Optimierung des Werkstoffgefüges im Hinblick auf ein bestimmtes Anforderungsprofil ein grundlegendes Verständnis der mikromechanischen Zusammenhänge erfordert.

Die Besonderheit des SFB besteht darin, dass die lokal an der TUHH und im GKSS-Forschungszentrum etablierten Forschungsaktivitäten für die Herstellung, Optimierung und – insbesondere – Anwendung von mehrphasigen metallischen bzw. intermetallischen Legierungen, Keramiken und Polymerwerkstoffen werkstoffübergreifend mit der speziellen Ausrichtung auf die Konzepte der Mikromechanik zusammengefasst werden.

Der SFB 371 ist in vier Projektbereiche strukturiert, die sich an den primär verfolgten Beiträgen der insgesamt 16 Teilprojekte zu den Zielsetzungen des SFB orientieren.

Projektbereich A

„**Mikrostruktur und mechanische Eigenschaften**“ umfasste Vorhaben, in denen die experimentelle Ermittlung des Zusammenhangs zwischen den Charakteristika des Werkstoffgefüges und den mechanischen Eigenschaften und – daraus abgeleitet – die Bestimmung von Verformungs- und Schädigungsmechanismen im Vordergrund standen. Dieser Projektbereich wurde 1999 abgeschlossen. Die Ergebnisse werden in den neuen Teilprojekten des Bereiches C und D genutzt, um spezielle für die technische Anwendung vorteilhafte Gefüge durch neuartige Herstellungs- und Verarbeitungstechnologien einzustellen bzw. um Konstruktionswerkstoffe und technische Produkte mit erhöhter Leistungsfähigkeit zu entwickeln.

Projektbereich B

„**Modellierung und Simulation**“ fasst die Teilprojekte zusammen, deren Untersuchungsmethoden und -verfahren so angelegt sind, dass die Ergebnisse zur mikromechanischen Modellbildung und für Modellierungen von Verformungs- und Bruchvorgängen geeignet sind. Die Entwicklung der Rechenmodelle wird durch Analyse der Mikrostruktur gestützt, die Modelle anhand numerischer Simulation von Experimenten validiert und verifiziert. Es besteht eine enge – insbesondere methodische – Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Teilprojekten sowie zu denjenigen der Bereiche C und D.

Projektbereich C

„**Gefügedesign und Verfahren**“ enthält die Vorhaben, bei denen spezielle für die technische Anwendung vorteilhafte Gefüge – im Sinne eines Gefügedesigns – durch neuartige Verfahren und Verarbeitungstechnologien hergestellt werden. Auf der Basis der in den Projektbereichen

A und B ermittelten Zusammenhänge zwischen Gefüge und mechanischen Eigenschaften wird damit eine verfahrenstechnische Optimierung des Verformungs- und Bruchverhaltens von technischen bzw. anwendungsnahen Werkstoffen erreicht. Neben verbesserten Gebrauchseigenschaften von Bauteilen werden durch die Einstellung spezieller Gefüge auch kostengünstige Verarbeitungs- und endformnahe Formgebungsverfahren angestrebt.

Im Projektbereich D

„Anwendungen der Mikromechanik“ werden die gewonnenen Erkenntnisse des SFBs für die Optimierung technischer bzw. für die wissensbasierte Entwicklung neuartiger Werkstoffe und Bauteile genutzt. Die praktischen Anwendungen sind vielfältig und überdecken die Bereiche Endoprothesen für die Medizintechnik, Hochtemperatur-Leichtbauwerkstoffe für die Energie- und Verkehrstechnik bis zu Wendeschneidplatten und Verschleißschutzschichten für den Maschinenbau.

Der Sonderforschungsbereich war von Beginn an so angelegt, dass kontinuierlich eine thematische Verlagerung der grundlagenorientierten Forschungsschwerpunkte von A und B zu Projekten aus den Bereichen C und D mit starkem Anwendungsbezug erfolgen sollte. Dieses Ziel wird in der derzeitigen Förderperiode 2000-2002 konsequent durch den Abschluss von neun Projekten und die Bearbeitung von acht neuen Projekten angestrebt, die überwiegend auf den bisherigen Ergebnissen des SFBs basieren und zudem die Bereiche Fertigungstechnik und Elektrotechnik der TUHH in den SFB integrieren. Damit gewinnt der SFB ein deutlicher anwendungsorientiertes Profil.

In den letzten Jahren hat sich eine enge Zusammenarbeit der beteiligten Wissenschaftler entwickelt. Auf der Basis gemeinsamer wissenschaftlicher Fragestellungen und Methoden haben sich vielfältige Kooperationen zwischen den Teil-

projekten, den beteiligten Arbeitsbereichen und insbesondere zwischen TUHH und GKSS entwickelt. Ein intensiver Erfahrung- und Problemaustausch findet auf regelmäßig abgehaltenen Veranstaltungen (Seminare, Kolloquien) des SFBs sowie im Rahmen von Arbeitsgruppen (Modellierung, Metall-Keramik-Werkstoffe, TiAl) statt. Die kooperative und interdisziplinäre Arbeitsweise des SFBs kommt auch darin zum Ausdruck, dass vier neu konzipierte Teilprojekte Gemeinschaftsprojekte verschiedener Arbeitsbereiche bzw. Kooperationen zwischen TUHH und GKSS darstellen.

Insgesamt steht dem SFB an den beteiligten Institutionen, TUHH und GKSS, eine gute Infrastruktur zur Verfügung, die z. T. aus Mitteln des SFB verstärkt wurde. Dies gilt insbesondere für die Bereiche Materialherstellung durch Pulvertechnologie und Schmelzmetallurgie, chemische Analytik, Gefügeanalyse, Lichtmikroskopie, Röntgen- und Neutronenbeugung, Elektronenmikroskopie, Rasterkraftmikroskopie sowie mechanische Prüfung bis hin zur Bauteilprüfung. Für die Modellierung sind umfangreiche Erfahrungen mit Computerprogrammen auf der Basis analytischer Ansätze, der FE-Methode und anderer numerischer Simulationstechniken vorhanden. Die verfügbare Rechenleistung ist kontinuierlich erweitert worden.

Umgekehrt hat der SFB einen bedeutenden Einfluss auf die mittel- und langfristigen Planungen der beteiligten Institutionen in Forschung und Lehre. Nicht zuletzt durch die Existenz des SFB hat das Institut für Werkstoffforschung bei GKSS seine Schlüsselrolle für die langfristige Entwicklung der GKSS in Richtung eines technologisch orientierten Helmholtz-Zentrums erheblich stärken können. Als wichtigste neue Entwicklungen sind das 1996 bei GKSS gegründete „Werkstoffanwendungs- und Technologiezentrum (WATZ)“ und die Gründung eines dritten Geschäftsbereichs „Werkstofftechnologie“ zu nennen. Beide Einrichtungen sollen die Umsetzung von Forschungsergebnissen in technische Anwendungen forcieren.

Durch den SFB ist die Werkstoffforschung einer der Schwerpunktbereiche an der TUHH-Forschung geworden. In der Lehre sind die Werkstoffwissenschaften an der TUHH traditionell durch die Vertiefungsrichtung Werkstofftechnik im Studiengang Maschinenbau verankert. Hier fließen die im SFB erarbeiteten Ergebnisse direkt in die Vorlesungsinhalte ein. Ein gemeinsames werkstoffwissenschaftliches Seminar wird unter dem generellen Thema „Mikromechanik mehrphasiger Werkstoffe“ angeboten. Ferner besteht eine Vertiefungsrichtung Materialwissenschaft als Modul in dem neuen Studienkonzept Allgemeine Ingenieurwissenschaft, die im Rahmen der Internationalisierung des Studiums zum Zwischendiplom (Bachelor of Science) führt. Dieses Angebot wird durch ein eigenständiges Hauptstudium mit dem Abschluss Diplom-Ingenieur für Materialwissenschaft bzw. durch ein internationales Master-Programm „Materials Science“ (in englischer Sprache) ergänzt. Das Master-Programm ist auch in die künftigen Studienangebote des neu gegründeten „Northern Institute of Technology (NIT)“ integriert und wendet sich insbesondere an ausländische Studierende.

Insgesamt lässt sich gut sechs Jahre nach seiner Einrichtung bereits feststellen, dass der SFB im Sinne der allgemeinen Zielsetzung der DFG eindeutig zur Bildung eines regionalen Schwerpunktes in Forschung und Lehre geführt hat und auf vielfältige Weise die lokalen Kooperationen in der Werkstoffforschung fördert. Darüber hinaus wird bereits jetzt deutlich sichtbar, dass von dem SFB entscheidende Impulse für die Entwicklung der Werkstoffforschung und -technologie im norddeutschen Raum ausgehen.

(Rüdiger Bormann)

Forscherguppe

„Submillimeterwellen-Schaltungstechnologie“

Im September 1998 wurde an der TU von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) die Forschergruppe „Submillimeterwellen-Schaltungstechnologie“ für einen Zeitraum von sechs bis acht Jahren eingerichtet. Ihr gehören die Arbeitsbereiche Hochfrequenztechnik und Halbleitertechnologie sowie die beiden Institute für Hochfrequenztechnik der Universität Erlangen-Nürnberg und der Technischen Hochschule Darmstadt an.

Innerhalb der ersten Arbeitsphase von drei Jahren werden sechs Forschungsvorhaben bearbeitet, davon vier in Harburg und je eins in Erlangen und Darmstadt. Das Ziel dieser Forschergruppe ist es, den Frequenzbereich der Submillimeterwellen (der sich nach geläufiger Definition von 100 bis 1000 Milliarden Hertz erstreckt) für technische Anwendungen zu erschließen, nachdem er bis heute lediglich für naturwissenschaftliche Anwendungen (Radioastronomie) genutzt wird. Der darunter liegende Frequenzbereich der Millimeterwellen ist bereits weitgehend für technische Anwendungen erschlossen, z.B. für Nachrichtenverbindungen über Fernmeldesatelliten und Radar-Systeme für die Wetterbeobachtung, zur Abbildung der Erdoberfläche und zur Umweltüberwachung. Außerdem gibt es diverse industrielle und medizinische Anwendungen. Millimeterwellensysteme sind klein, leicht, für die Massenproduktion geeignet und damit kostengünstig herzustellen. Ihre elektrischen Eigenschaften, wie die Empfindlichkeit von Nachrichtenempfängern, die Reichweite von Sendern, die Genauigkeit und Auflösung bei der messtechnischen Bestimmung vielfältiger physikalischer Größen, sind häufig konkurrenzlos.

Anders stellt sich die Situation dagegen im Frequenzbereich der Submillimeterwellen dar: Wegen der um den Faktor 10 höheren Frequenz und damit um den Faktor 10 geringeren Abmessungen ergeben sich so stark miniaturisierte Schaltungen, dass eine kostengünstige Technologie mit vergleichbar hervorragenden

elektrischen Eigenschaften noch nicht bekannt ist. Daneben gibt es ein weiteres großes Problem: das Fehlen ausreichend großer elektrischer Signalleistungen. Solche Leistungen müsste mit Halbleiterquellen wie Transistoren erzeugt werden. Da die Leistung einzelner Transistoren zu niedrig ist, wurde vor mehr als 30 Jahren das Prinzip der Leistungsaddition vorgeschlagen. Dabei wird in einer geeigneten Schaltung die Leistung von vielen Halbleiterquellen summiert und einem einzigen Ausgangstor der Summierschaltung zugeführt. Die dazu bekannten Schaltungsprinzipien versagen jedoch sämtlich bei Miniaturisierung und sind damit im Submillimeterwellenbereich nicht anwendbar.

In diesem Frequenzbereich warten jedoch viele lohnende und teilweise faszinierende technische Anwendungen auf ihre Verwirklichung: die Überwachung der terrestrischen Umwelt und der Atmosphäre, die Wetterbeobachtung und -vorhersage, die Klimaforschung, die Beobachtung der Ozonschicht, messtechnische Anwendungen für die Steuerung von Werkzeugrobotern, die Kommunikation zwischen Satelliten, von denen Hunderte in einem erdumspannenden Netz für künftigen Mobilfunkverkehr geplant sind, die Einrichtung von sogenannten mikrozellularen Kommunikationsnetzen, wobei die einzelnen Zellen und Zellenkomplexe durch Glasfasern miteinander verkabelt sind, während der Verkehr zwischen den Basisstationen der einzelnen Zellen und der sich in ihnen bewegenden „Mobilstationen“ über eine drahtlose Funkverbindung bei den hohen Frequenzen der Submillimeterwellen hergestellt wird, und zahlreiche weitere Anwendungen.

Deren künftige Einführung soll durch die grundlegenden Untersuchungen der Forschergruppe vorbereitet werden. Ausgangspunkt dazu ist eine genial einfache Idee, die von Mahmoud Shahabadi in seiner 1998 am Arbeitsbereich Hochfrequenztechnik abgeschlossenen Dissertation entwickelt wurde. Sie hat das Problem der Leistungsaddition sogar für

beliebig hohe Frequenzen (d.h. auch für Laser-Oszillatoren) gelöst. Die einzelnen Quellen werden in einem Matrixschema im freien Raum angeordnet und strahlen auf ein transparentes dielektrisches oder metallisches Gitter, das in seiner Periodizität ein genaues Abbild der Quellenmatrix darstellt. Die Oberfläche des Gitters erhält dann eine reliefartige Struktur aus parallel verlaufenden Gräben, wodurch die beliebig vielen Einzelstrahlen ohne Verluste zu einem einzigen Summenstrahl zusammengefasst werden. Das Problem ist dabei die rechnergestützte Erzeugung dieser Struktur, für die die bekannten Verfahren der Elektromagnetischen Theorie versagten. Eine Lösung dazu bietet erstmals die genannte Dissertation, die wegen ihrer außergewöhnlich großen wissenschaftlichen Kreativität und zukünftigen technischen Bedeutung mit dem „Preis der Norddeutschen Metall- und Elektroindustrie 1999“ ausgezeichnet wurde.

Auf die beschriebene Idee aufbauend wird in der Forschergruppe eine elektrisch hochwertige und für Massenanwendungen kostengünstig herzustellende Schaltungstechnik für den Submillimeterwellenbereich entwickelt. Die in den aufgezählten Anwendungen benötigten Mess- und Nachrichtensysteme bestehen sämtlich aus Sender und/oder Empfänger, in denen die Funktionen Schwingungserzeugung, Modulation, Empfang und Weiterverarbeitung von Halbleiterbauelementen ausgeführt werden müssen. Diese Schaltungen werden in zwei Teile getrennt: die eigentlichen Halterungen der Halbleiter-Bauelemente und in die sogenannte passive Schaltung zur Signalformung und -beeinflussung. Beide Aufgabengebiete werden von der TUHH wahrgenommen. Zur Halterung der Bauelemente werden mit den Hilfsmitteln der Mikrosystemtechnik planare Vielschichtstrukturen entwickelt, die in der Fachsprache auch Membrantechnologie genannt werden. Es handelt sich dabei um superdünne Schichten, auf denen photolithographisch Metallstrukturen zur Aufnahme der winzigen Halbleiter-Bau-

elemente definiert werden. Deren Ausgangssignale werden an die passiven Schaltungen gekoppelt, in denen quasi-optisch mit Gitterstrukturen und Spiegeln die diversen Schaltungsfunktionen realisiert werden. So werden Oszillatoren, Verstärker, Frequenzvervielfacher, Mischer, Filter und Signalteiler bzw. -addierer aufgebaut. Begleitend dazu müssen einige Halbleiter-Bauelemente für diesen hohen Frequenzbereich erst noch entwickelt werden. Das ist Aufgabe des Partners in Darmstadt sowie eines gemeinsamen Vorhabens zwischen der TUHH und dem DaimlerChrysler Forschungszentrum in Ulm. Die für die Schaltungsentwicklung benötigten Messmittel werden schließlich von dem Partner in Erlangen entwickelt.

Die Arbeiten der Forschergruppe werden einen der letzten unerforschten Bereiche des elektromagnetischen Spektrums den technischen Anwendungen erschließen. Von ihrem Charakter wie von ihrer Zielsetzung her bieten sie dem wissenschaftlichen Nachwuchs sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren besonders faszinierende Aufgaben: Zum einen sind grundlegende und damit besonders anspruchsvolle Arbeiten auf den Gebieten der Elektromagnetischen Theorie, Mikrosystemtechnik, Hochfrequenz-Schaltungstechnik und Hochfrequenz-Messtechnik durchzuführen, die von den Doktoranden große Kreativität erfordern und zu einem besonders hohen Ausbildungsstand führen werden. Gleichzeitig bieten diese Arbeiten eine Fülle von Teilprojekten für Diplomierende, um die später im Beruf vorausgesetzten Kenntnisse über Entwurf, Aufbau oder Messung einer Komponente oder eines kleinen Systems unter herausfordernden Randbedingungen zu erlernen und zu üben. Diese an einem Forschungsbeispiel erlernten Verfahren sind im Berufsleben auf die dann kommerziellen Anwendungen direkt zu übertragen. Zum anderen sollten die Anwendungen, die in ihrer überwiegenden Mehrzahl gesellschaftlich relevante Problemstellungen von zum Teil höchster Bedeutung für die zukünftige Entwick-

lung betreffen, gerade junge Menschen faszinieren und so helfen, die Schönheiten einer Disziplin zu entdecken, die naturwissenschaftlich breit fundierte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen erforscht.

(Klaus Schünemann)

Graduiertenkolleg

„Biotechnologie“

Graduiertenkollegs (GK) werden seit 1990 als Einrichtungen der Hochschulen zur Ausbildung des graduierten wissenschaftlichen Nachwuchses für maximal neun Jahre von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. In diesen Einrichtungen haben Doktorandinnen und Doktoranden die Möglichkeit, ihre Arbeit im Rahmen eines koordinierten, von mehreren Hochschullehrern getragenen Forschungsprogramms durchzuführen. Sie werden über die Betreuung durch einzelne Hochschullehrer hinaus in die Forschungsarbeit der am Kolleg beteiligten Einrichtungen einbezogen. Das zusätzliche Angebot eines systematisch angelegten Studienprogramms gewährleistet zudem eine fundierte Einführung in und ein breiteres Verständnis für den Wissenschaftszweig, in dem die Arbeit entsteht. Die interdisziplinäre Ausrichtung ist ein wesentliches Ziel des Forschungs- und Studienprogramms.

In dem von der TUHH und der Universität Hamburg getragenen und von der TUHH koordinierten interdisziplinären GK Biotechnologie haben bisher 38 Biologinnen und Biologen, Chemikerinnen und Chemiker sowie Verfahrenstechnikerinnen und -techniker promoviert. Von den bisherigen Absolventinnen und Absolventen sind mehr als 50 Prozent in der Industrie, rund 20 Prozent in Universitäten und rund 15 Prozent im öffentlichen Dienst beschäftigt, drei haben sich selbständig gemacht.

Das während der Laufzeit des GK mit den Doktorandinnen und Doktoranden weiter entwickelte Studienprogramm besteht aus einem einsemestrigen Kursteil, der im ersten Jahr der Promotion absolviert werden muss. Dieser wurde unabhängig vom normalen Studienbetrieb in Blockveranstaltungen durchgeführt. Die interdisziplinäre Arbeitsweise im GK wird gezielt gefördert durch die regelmäßigen Treffen der Doktorandinnen und Doktoranden mit den Dozenten bei den Exkursionen und Workshops, in denen mindestens einmal jährlich der Stand der Promotionen vorgestellt und diskutiert wird, sowie durch die Seminare während der gesamten Promotionsphase. Dieses bereitet auf Tätigkeiten im Berufsfeld Biotechnologie vor, in dem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus unterschiedlichen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fachdisziplinen zusammenarbeiten und Forschungsthemen angehen müssen.

Für ihre Forschungsarbeit haben die Doktorandinnen und Doktoranden neben den beiden Betreuern ihrer Promotionen im GK mehrere Ansprechpartner, um die fachlichen Probleme zu diskutieren und zu lösen. Dieses wurde von ihnen in dem interdisziplinär angelegten Forschungsprogramm

- Anwendung, Charakterisierung und Optimierung von Zellen und Enzymen für die Herstellung von Bioprodukten und in der Umweltbiotechnik sowie
- Optimierung der Produktion, Gewinnung und Entsorgung von Bioprodukten mit Enzymen oder Zellen in Bioreaktoren und Aufarbeitungsanlagen genutzt.

Das GK fördert und unterstützt die schnelle Vorstellung der Ergebnisse der Promotionsarbeiten auf wissenschaftlichen Tagungen und Kongressen. Im Durchschnitt haben die Doktorandinnen und Doktoranden während der Promotionszeit an mindestens zwei Tagungen im In- und Ausland aktiv mit eigenen Beiträgen teilgenommen. Die Qualität und Originalität der wissenschaftlichen Ergebnisse in den Doktorarbeiten wird auch dadurch dokumentiert, dass inzwischen in mehr als 70 Veröffentlichungen in international referierten wissenschaftlichen Zeitschriften erschienen sind.

(Volker Kasche)

Graduiertenkolleg

„Meerestechnische Konstruktionen“

Meerestechnische Konstruktionen sind sowohl in küstennahen Bereichen als auch auf offener See anzutreffen. Bekannte Beispiele sind Küstenbefestigungsanlagen und Offshore-Bauwerke wie Bohrplattformen oder Ölfördereinrichtungen. Ziel des Graduiertenkollegs ist es, einen Beitrag zur Lösung von Problemen zu leisten, die bei meerestechnischen Konstruktionen auftreten. Das seit Februar 1995 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Kolleg ist für einen Zeitraum von insgesamt neun Jahren konzipiert.

Eine Gruppe von acht hochqualifizierten Stipendiaten mit Abschlüssen der Ingenieurwissenschaften und der Mathematik hat zur Zeit die Möglichkeit, sich im Rahmen des Graduiertenkollegs weiterzubilden und auf die Promotion vorzubereiten. Aufgrund des großen Spektrums der Forschungsthemen wurde weiteren wissenschaftlichen Mitarbeitern die aktive Mitarbeit im Kolleg ermöglicht. Diese nehmen an den angebotenen Veranstaltungen teil und tragen zu einer deutlichen Erweiterung des Forschungsprogramms bei.

Bei meerestechnischen Konstruktionen treffen viele Gebiete zusammen, die sowohl Grundlagencharakter haben als auch anwendungsorientiert sind. Übergeordnetes Ziel des Forschungsprogramms ist daher die fachübergreifende Zusammenarbeit verschiedener Arbeitsbereiche. Mathematiker und Ingenieure arbeiten eng zusammen, wenn es darum geht, neue Modelle zu entwickeln, diese mathematisch zu beschreiben und in numerische Rechenverfahren umzusetzen. Einen besonderen Stellenwert hat dabei die experimentelle Validierung unter Berücksichtigung von neueren Entwicklungen auf dem Gebiet der Füge-technik sowie der Mess- und Regelungstechnik.

Die Forschungsschwerpunkte des Kollegs wurden wie folgt festgelegt:

- Fluiddynamische Beanspruchung,
- Dynamisches Verhalten,
- Schadenserkennung,
- Schadensbeurteilung und -beseitigung.

Die genannten Forschungsschwerpunkte sind inhaltlich eng miteinander gekoppelt. Sie lassen sich nur durch eine Zusammenarbeit aller Kollegiaten umfassend lösen. So sind der Entwurf und die Konstruktion sowie die Schadensbeurteilung meerestechnischer Konstruktionen nicht möglich ohne die Kenntnis der fluid-dynamischen Beanspruchung und des dynamischen Verhaltens dieser Bauwerke im Wasser. Zudem sind leistungsfähige mathematische Algorithmen erforderlich, die eine rechnerische Untersuchung realer Konstruktionen zulassen.

Die Forschungsarbeiten der Kollegiaten werden durch ein auf die Bedürfnisse des Graduiertenkollegs abgestimmtes Studienprogramm unterstützt. Es werden gezielt Seminare und Vorlesungen angeboten, die zum Teil von externen Experten aus Forschung und Industrie, aber auch von den Kollegiaten selbst, abgehalten werden. Bei der Ausbildung wird besonderes Gewicht auf das Erkennen von Systemzusammenhängen, auf den Einsatz modernster Rechner, auf das Erlernen und Weiterentwickeln zugehöriger Rechentechniken sowie auf das Arbeiten mit Programmsystemen im Zusammenhang mit Konstruktion, Werkstofffragen, Schadensforschung, Betriebsfestigkeit, Robotik, Hydrodynamik und Gründung gelegt.

Es ist mit einem weltweit steigenden Reparaturbedarf im Bereich der meerestechnischen Konstruktionen zu rechnen; aber auch der Rückbau von Offshore-Bauwerken wird in den nächsten Jahren erheblich zunehmen. Daher gilt es, nicht nur aus wissenschaftlichen Erwägungen heraus, die einschlägigen Methoden weiterzuentwickeln. Das Ergebnis ist wissenschaftlicher Fortschritt, Gewinn von ingenieurmäßiger Erfahrung und eine Verbesserung der deutschen Wettbewerbssituation auf dem Gebiet der Meerestechnik.

(Otto von Estorff)



Anschriften und Autoren

Vizepräsident Forschung der TUHH

Prof. Dr.-Ing. Joachim Werther
Tel. ++49 40 42878-3039, Fax: -2678,
werther@tu-harburg.de

Vorstandsbereich Forschung

Dr. Johannes Harpenau
Tel. ++49 40 42878-3574, Fax: -4166,
harpenau@tu-harburg.de

Forschungsschwerpunkte der TUHH

Forschungs- schwerpunkt

Sprecher

(gewählt bis 3/2002)

- | | |
|--|--|
| FSP 1
Stadt, Umwelt
und Technik | Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Calmano
Tel.: ++49 40 42878-3108, Fax: -2315
calmano@tu-harburg.de |
| FSP 2
Systemtechnik | Prof. Dr.-Ing. Udo Carl
Tel.: ++49 40 42878-8201, Fax: -8270
carl@tu-harburg.de |
| FSP 3
Bautechnik und
Meerestechnik | Prof. Dr.-Ing. Edwin Kreuzer
Tel. ++49 40 42878-3020, Fax: -2028
kreuzer@tu-harburg.de |
| FSP 4
Informations- und
Kommunikationstechnik | Prof. Dr. Heinrich Voß
Tel. ++49 40 42878-3279, Fax: -2696
voss@tu-harburg.de |
| FSP 5
Werkstoffe -
Konstruktion - Fertigung | Prof. Dr.-Ing. Klaus Rall
Tel. ++49 40 42878-3034, Fax: -2500
rall@tu-harburg.de |
| FSP 6
Verfahrenstechnik
und Energieanlagen | Prof. Dr.-Ing. Jobst Hapke
Tel. ++49 40 42878-3048, Fax, -2938
prof.hapke@tu-harburg.de |

Gemeinsame Verwaltung der Forschungsschwerpunkte

Schlossmühlendamm 32
21073 Hamburg
Günter Lindhauer (FSP1-3)
Tel. ++49 40 42878-3096
lindhauer@tu-harburg.de
Herbert Stöhr (FSP 4-6).
Tel. ++49 40 42878-3097
stoehr@tu-harburg.de

Autorenverzeichnis (alphabetisch):

Anschrift soweit nicht
besonders ausgewiesen:

TUHH
21071 Hamburg
Telefon (040) 428 78-0
www.tu-harburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Rüdiger Bormann
Prof. Dr.-Ing. Gerd Brunner
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Calmano
Prof. Dr.-Ing. Udo Carl
Prof. Dr.-Ing. Otto von Estorff
Dr. Johannes Harpenau
Prof. Dr. Volker Kasche
Prof. Dr.-Ing. Alfons Kather
Dipl.-Ing. Dr. mont. Eva-Maria Kern
Prof. Dr. rer. pol. Wolfgang Kersten
Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Killat
Prof. Dr.-Ing. Eckhard Kutter
Prof. Dr. rer. pol. Dieter Läßle
Dr. Michael Lübbehusen, Sören Denker
MAZ
Mikroelektronikanwendungszentrum
Harburger Schloßstr. 6-12
21079 Hamburg
Tel. 76629-0
www.maz-hh.de
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Matz
Prof. Dr.-Ing. Heinrich Mecking
PD Dr. habil. Michael Morlock
Prof. Dr.-Ing. Jörg Müller
Prof. Dr.-Ing. Christian Nedeß
Prof. Dr.-Ing. Ralf Otterpohl
Prof. Dr.-Ing. Joseph Pangalos
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Pietsch
Dr.-Ing. Ralf Pörtner
Prof. Dr.-Ing. Klaus Rall
Dr. rer. pol. Dirk Schubert
Prof. Dr.-Ing. Klaus Schünemann
Prof. Dr.-Ing. Lars Sjøstedt
Prof. Dr.-Ing. Rainer Stegmann
Dr. rer. nat. Helmut Thamer
TUHH-Technologie GmbH
Schellerdamm 4
21079 Hamburg
Tel. 766180-81
Prof. Dr. Friedrich Vogt
Prof. Dr.-Ing. Joachim Werther
Prof. Dr.-Ing. Knut Wichmann

Impressum

Herausgeber: Präsident der
Technischen Universität Hamburg-Harburg
Redaktion: Rüdiger Bendlin,
Johannes Harpenau, Ingrid Holst
Tel. (040) 42 878 - 34 58;
Assistenz: Katharina Braack-Jeorgakopoulos,
Britta Bünning, Kerstin Worobiow
Gestaltung: Kerstin Schürmann, formlabor,
Fotos: Roman Jupitz, DaimlerChrysler
Aerospace Airbus GmbH; Titelfotos: Roman
Jupitz, Druck: Schüthe Druck;
Anzeigen: Marketing der TUHH,
Tel. (040) 42 878 - 3085/-34 58
Erscheinungsdatum:
Juli 2000, Auflage 6.000
Namentlich gekennzeichnete Artikel
erscheinen in Verantwortung der Autoren.
Abdruck honorarfrei, Belegexemplar erbeten.
Technische Universität Hamburg-Harburg,
21071 Hamburg, www.tu-harburg.de