

acatech DISKUTIERT

> WERKSTOFFE ALS MOTOR FÜR INNOVATIONEN

HARTWIG HÖCKER (Hrsg.)

acatech WORKSHOP

BERLIN | 17. OKTOBER 2007

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISSN 1861-9924/ISBN 978-3-8167-7580-5

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung von acatech unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

© acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2008

Geschäftsstelle	Hauptstadtbüro
Residenz München	
Hofgartenstraße 2	Jägerstraße 22/23
80539 München	10117 Berlin
Telefon +49 (0) 89/5 20 30 90	Telefon +49 (0) 30/39 88 50 71
Telefax +49 (0) 89/5 20 30 99	Telefax +49 (0) 30/39 88 50 72

E-Mail: info@acatech.de
Internet: www.acatech.de

Redaktion: Dr. Holger Jens Schnell, Dr. Marc-Denis Weitze
Umschlaggestaltung: klink, liedig werbeagentur gmbh
Satz/Layout: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, Sankt Augustin
Herstellung und Produktion: Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Printed in Germany

Verlag und Vertrieb:
Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Telefon +49 (0) 711/970 25 00
Telefax +49 (0) 711/970 25 08
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
Internet: www.IRBbuch.de

acatech DISKUTIERT

> WERKSTOFFE ALS MOTOR FÜR INNOVATIONEN

HARTWIG HÖCKER (Hrsg.)

> INHALT

> Einführung

Hartwig Höcker	9
1 Zu den Begriffen: „Werkstoffe“, „Werkstoffwissenschaft“ und „Werkstofftechnik“	9
2 Primat des Werkstoffbegriffs: Werkstofftechnologien als Schlüsseltechnologien und Zukunftsvisionen	9
3 Zielsetzungen und die Beiträge des Bandes	11
4 Literatur	12

> „Wer sie nicht kannte, die Elemente ...“

Fred Robert Heiker	13
1 Die Problemstellung	13
2 Öffentlichkeit	14
3 Werkstoffwissenschaftliche Ausbildung und Forschung	15
4 Industrie	16
5 Politik	18
6 Ausklang: ein Leitsatz	18
7 Literatur	19

> Die Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik

Pedro Dolabella Portella	21
1 Die Bundesvereinigung MatWerk: Ziele	21
2 Schlüsselstellung der Materialforschung in Geschichte und Gegenwart	21
3 Bündelung der Aktivitäten der wissenschaftlich-technischen Verbände: Aufgaben der Bundesvereinigung MatWerk	22
4 Kontakte und Kooperationen	23
5 Literatur	23

> Vom Material zum Produkt	
Reiner Kopp	25
1 Einleitung	25
2 Wie funktioniert die Produktentstehung ausgehend vom Material?	25
3 Wie kann die Marktposition bei der Entwicklung neuer Produkte verbessert werden?	31
4 Was wird durch die Entwicklungskette vom Material zum Produkt beeinflusst?	33
5 Fazit	38
6 Literatur	38
> Erwartungen an Studiengänge in Materialwissenschaft und Werkstofftechnik	
Günter Gottstein	39
1 Vorbemerkung	39
2 Entwicklung der werkstofforientierten Studiengänge in Deutschland	39
3 Generelle Anforderungen an Studiengänge der „Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“	42
4 Fazit	46
> Werkstoffforschung und Industrienachfrage am Beispiel elektronischer Werkstoffe	
Albrecht Winnacker	47
1 Funktionswerkstoffe als Motor von Innovationen	47
2 Reine Werkstoffentwicklung ist selten rentabel	48
3 Grundsätze für eine zielgerichtete Förderpolitik in der Material-F&E	50
4 Ansprechpartner für die Förderinstitutionen	50
5 Akademische Lehre	51
6 Zusammenfassung	52

> Werkstoffinnovationen am Beispiel der Automobilindustrie	
Martin Weber	53
1 Einleitung	53
2 Werkstoffentwicklungen für die Automobilindustrie	55
3 Entwicklung von Thermoplasten für Karosserieteile	56
4 Zusammenfassung und Ausblick	57
5 Literatur	58
> Bedeutung von zukünftigen Werkstoffen – Materials for a better life	
Frank Heinrich	59
1 Bedürfnisse und Megatrends als Ansatzpunkt	59
2 Schwerpunkte der Heraeus Holding GmbH	59
2.1 Megatrend Gesundheit	60
2.2 Megatrend Umwelt	60
2.3 Megatrend Freiheit und Sicherheit (sowie Kommunikation und Mobilität)	60
3 Herausforderungen der Zukunft	61
> Bedeutung der Weiterentwicklung etablierter Werkstoffe	
Peter Dahlmann/Dirk Bartels	63
1 Einleitung	63
2 Beispiele für Werkstoffinnovationen	64
2.1 Metallische Werkstoffe	64
2.2 Nicht-metallische Werkstoffe	64
3 Wachsende Anforderungen an moderne Werkstoffe	65
3.1 Entwicklung der Mehrphasenstähle	66
3.2 Alternative Möglichkeiten des Leichtbaus	69
3.3 Konzeptstudien zum Thema Leichtbau	70
4 Position Deutschlands im Werkstoffbereich	71
4.1 Zukünftige Herausforderungen im Werkstoffbereich	72
4.1.1 Werkstoffe für die Energietechnik der Zukunft	73
4.1.2 Werkstoffe für die Automobilindustrie der Zukunft	75
4.1.3 Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS)	76
5 Fazit	78
6 Literaturverzeichnis	79

> Leading Technological Institutes; Public-Private-Partnership in The Netherlands – The case of the Dutch Polymer Institute (DPI)	
Pieter J. Lemstra	81
1 Introduction to the concept of Technological Top Institutes in The Netherlands	81
2 Polymers in the Netherlands, “second-to-none” at the end of the 20th Century	82
3 The DPI from the start, Phase-I (1997 – 2001)	83
4 The DPI in Phase-II (2001 – 2007)	85
5 The DPI in Phase-III (2007 – 2011)	87
6 Epilogue	88
> Schlussbemerkungen: Zusammenfassung einiger zentraler Aussagen	
Hartwig Höcker	89
> Autorenverzeichnis	91

> EINFÜHRUNG

HARTWIG HÖCKER

1 ZU DEN BEGRIFFEN: „WERKSTOFFE“, „WERKSTOFFWISSENSCHAFT“ UND „WERKSTOFFTECHNIK“

Werkstoffe dienen der Herstellung von Gegenständen des täglichen oder professionellen Gebrauchs, von Geräten und Maschinen, Reaktoren und Gebäuden. Sie entstammen den drei großen Gruppen Metalle und Metalllegierungen, Gläser und Keramiken sowie Polymere oder makromolekulare Stoffe. Das gilt auch für die Hochleistungswerkstoffe wie Stähle und andere metallische Legierungen, Superlegierungen, technische Keramiken, Werkstoffe mit besonderen optischen, elektrischen und elektronischen sowie magnetischen Eigenschaften, Hochleistungspolymere und Verbundwerkstoffe. Diese Auswahl zeigt aber auch, dass die klassische Trennung in die drei Hauptgruppen wegen des Auftretens von Hybridwerkstoffen heute gar nicht mehr möglich ist.

Wenn Chemie, physikalische Chemie und Physik sich mit Werkstoffen befassen, stehen das Studium der Synthese, der Mikrostruktur und der physikalischen Eigenschaften im Vordergrund. Diese Richtung wird häufig als „Werkstoff“- oder „Materialwissenschaft“ bezeichnet. Die Werkstofftechnik, die auf den Ergebnissen der Werkstoffwissenschaft aufbauen und zum Produkt führen soll, entwickelt neue Werkstoffe für den Einsatz im Produkt sowie Fertigungstechniken, Formgebungs- und Fügeverfahren. Beide Gebiete, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, die sich bis heute oft ohne Verbindung nebeneinanderher entwickeln, lassen sich eigentlich nicht trennen, wenn es auf optimale Eigenschaften des Werkstoffs für die Fertigung und das Produkt ankommt. Eine Lücke in der Kette vom Material bis zum Produkt muss sich stark verzögernd auf die Entwicklung und den Einsatz neuer Materialien auswirken.

2 PRIMAT DES WERKSTOFFBEGRIFFS: WERKSTOFFTECHNOLOGIEN ALS SCHLÜSSEL-TECHNOLOGIEN UND ZUKUNFTSVISIONEN

Schließlich leben wir in einer Zeit, in der aktuelle Schlagwörter die althergebrachten Begriffe obsolet erscheinen lassen. Solche Schlagwörter sind zum Beispiel „Nanomaterialien“, „Biomaterialien“ oder Kombinationen von beiden, die selbstverständlich den Werkstoffen zuzurechnen sind, den übergeordneten Begriff der Werkstoffe aber in den Hintergrund zu drängen drohen. Und es kann nicht ohne ernste Konsequenzen bleiben,

wenn Förderorganisationen und die Öffentlichkeit infolgedessen den Schlagwörtern höhere Aufmerksamkeit widmen als dem Oberbegriff der Werkstoffe.

Vielmehr sind Werkstoffe Quelle und Basis zahlreicher Innovationen. Etwa 70 Prozent aller neuen Produkte basieren auf neuen Werkstoffen. Werkstofftechnologien stellen Schlüsseltechnologien dar. Die Stellung Deutschlands auf dem Gebiet der Werkstoffe ist weltweit (noch) sehr gut¹: Der Materialkostenanteil der deutschen Wirtschaft beträgt ca. 570 Mrd. Euro (inklusive Bausektor); das sind 40 Prozent der Bruttoproduktionskosten². Die werkstoffbasierten Branchen (ohne Bausektor) in Deutschland machen insgesamt einen Umsatz von ca. 1 Bio. Euro und beschäftigen 5 Mio. Personen³. Die Öffentlichkeit allerdings realisiert nur selten die unlösbare Verbindung zwischen Produkt und Werkstoff und unterschätzt somit die Bedeutung der Werkstoffe.

Werkstoffwissenschaftliche Studiengänge werden bei Weitem nicht in dem Maße nachgefragt, wie es wünschenswert wäre. Oft beschränken sich diese Studiengänge auf den Werkstoff und lassen Design und Produkt außen vor. Das mindert die Attraktivität des Studiengangs für die Studierenden.

In der werkstoffwissenschaftlichen Forschung findet dieses Manko seine Fortsetzung. Die Kette von der chemisch-physikalischen Werkstoffforschung über die Werkstoffverarbeitung bis hin zum Einsatz in Produkten ist vielfach unterbrochen. Die Industrie hat dies erkannt und in einigen Fällen Arbeitsgruppen eingesetzt, die sich den Lücken widmen. Interdisziplinäre Verbände in Lehre und Forschung sind daher erforderlich, wobei für die Forschung Verbände aus Forschungseinrichtungen und Industrie mit flexibler Forschungsförderung wünschenswert wären.

Es ließe sich also die Vision formulieren, dass Deutschland auf dem Gebiet der Werkstoffe auch in der Zukunft eine führende Position einnimmt:

- Die Öffentlichkeit nimmt die Bedeutung der Werkstoffe in angemessener Weise wahr.
- Die werkstoffwissenschaftlichen Studiengänge sind interdisziplinär, produktorientiert und daher attraktiv für die Studierenden.
- Forschung, Entwicklung und Umsetzung von neuen Werkstoffen in innovative Produkte bilden eine geschlossene Kette; dies stellt einen zügigen Transfer sicher.

¹ Vgl. Boston Consulting Group 2006.

² Vgl. Arthur D. Little GmbH et al. 2005.

³ Vgl. WING Jahrbuch 2005.

3 ZIELSETZUNGEN UND DIE BEITRÄGE DES BANDES

Dieser Band hat das Ziel, zur Operationalisierung der Vision beizutragen. Hierzu gehören folgende Anforderungen:

- Die Bedeutung der Werkstoffe muss der Öffentlichkeit vermittelt werden.
- Werkstoffwissenschaftliche Studiengänge müssen interdisziplinär und produktorientiert, auf jeden Fall attraktiv gestaltet werden.
- Flexible Forschungsförderungsmodelle (PPP-Modelle) müssen entwickelt werden.
- Methoden zur Effizienzkontrolle müssen erarbeitet werden.

Im Anschluss an die vorliegende Dokumentation soll in einer acatech Projektgruppe ein Strategiepapier erarbeitet werden, das die Analyse der Defizite und die Vorschläge vertieft, die von den Beiträgen dieses Bandes eingebracht werden. Das Papier soll der Öffentlichkeit, den Forschungsförderorganisationen, der Politik und den Hochschulen die derzeitige Situation vor Augen führen und Wege zur nachhaltigen Unterstützung der Werkstoffforschung sowie des Transfers in marktfähige Produkte aufzeigen.

In Anknüpfung an den Beitrag von Robert Heiker weist Pedro Dolabella Portella von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung auf die Notwendigkeit einer koordinierten Aktion in der Werkstoffforschung hin und stellt die BV MatWerk vor.

Reiner Kopp betont die Bedeutung der Geschlossenheit der gesamten Kette vom Material zum Produkt, und Günter Gottstein (wie Reiner Kopp von der RWTH Aachen) erläutert Anforderungen, die an werkstoffwissenschaftliche Studiengänge zu stellen sind.

Albrecht Winnacker von der Universität Erlangen-Nürnberg stellt die Bedeutung der reinen Materialforschung und der Notwendigkeit der Kooperation zwischen Forschungsinstituten und Industrie heraus, auch im Hinblick auf Förderungsmöglichkeiten.

Martin Weber von der BASF legt am Beispiel der Automobilindustrie dar, welche Anstrengungen erforderlich sind, um neue Materialien zu Innovationen zu führen.

Frank Heinrich von der Heraeus Holding GmbH hebt die Bedeutung neuer Werkstoffe hervor und Peter Dahlmann von ThyssenKrupp die Notwendigkeit der steten Weiterentwicklung konventioneller Werkstoffe.

Schließlich stellt Piet Lemstra von der Universität Eindhoven anhand des Dutch Polymer Institute (DPI) als Public Private Partnership in R&D ein Beispiel einer flexiblen Forschungsförderung mit der Idee einer schnellen Umsetzung in Innovationen vor.

Allen Autoren sei an dieser Stelle für ihre Beiträge gedankt.

4 LITERATUR

Boston Consulting Group 2006

Boston Consulting Group: *Innovationsstandort Deutschland – quo vadis?*
Dezember 2006.

Arthur D. Little GmbH et al. 2005

Arthur D. Little GmbH/Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung/Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: *Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen*, hrsg. vom BMWi. URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/studie-konzeption-eines-programms-steigerung-materialeffizienz,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> [Stand: 29.12.2007].

Werkstoffwelten 2005

Werkstoffwelten – Entdeckungen im Kosmos der Stoffe. BMBF-Broschüre. 2005. URL: <http://www.fz-juelich.de/ptj/index.php?index=576&file=7> [Stand: 28.01.2008]

> „WER SIE NICHT KENNTE, DIE ELEMENTE ...“

FRED ROBERT HEIKER

1 DIE PROBLEMSTELLUNG

„Wer sie nicht kannte
die Elemente
ihre Kraft
und Eigenschaft
wäre kein Meister
über die Geister“

Faust spricht diese Worte im ersten Teil der gleichnamigen Tragödie, als er auf des „Pudels Kern“ kommen will. Zu diesem vorzudringen, ist auch mein Anliegen. Unter Fachleuten ist bekannt, dass Werkstoffe zusammen mit Erfindergeist und Unternehmertum Voraussetzung, Basis und Motor für Innovationen sind. Es gibt vielfältige Möglichkeiten, aus Werkstoffen neue, erfolgreiche Produkte zu machen. Weshalb aber gibt es eine erhebliche Trägheit und Zähigkeit bei diesem Prozess, und was steckt dahinter?

Um dieses Problem anzugehen, müssen wir die gegenwärtige Situation der Werkstoffentwicklung und -nutzung genau betrachten, Schwachstellen klar adressieren und Wege zur Überwindung aufzeigen sowie Stärken nachhaltig fördern.

In seiner Einführung hat Hartwig Höcker schon einige Bereiche genannt, die betrachtet werden müssen, und in denen zwecks Verbesserung der Situation angesetzt werden muss:

- die Öffentlichkeit,
- die wissenschaftliche Ausbildung und Forschung an Universitäten,
- die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Industrie.

Dem möchte ich als letzten Bereich noch die Politik hinzufügen, deren Entscheidungsträger für uns wichtige Ansprechpartner sind.

2 ÖFFENTLICHKEIT

Woran liegt es nun, dass die immense Bedeutung von bekannten und neuen Materialien sowie die schier unerschöpflichen Möglichkeiten ihrer Anwendung in der Öffentlichkeit nicht breit bekannt sind und nicht umfassend gewürdigt werden? Dabei haben die Werkstoffe es doch deutlich leichter als die „Chemie“, die zwar auch fast überall dabei oder darin ist, als Bestandteil jedoch häufig nicht zu erkennen ist und damit fast nie eine eigene Identität erlangt – außer vielleicht bei Pharmazeutika.

Werkstoffe können Produkte prägen und ihnen besonders über ihr Design eine einzigartige Identität geben – von Gebrauchsgegenständen bis zu Hightech-Geräten wie Fahrräder, Autos, Yachten, Flugzeuge etc. Hier kann nahezu jeder die Leistungsfähigkeit eines Werkstoffes oder eines Werkstoffsystems erkennen. Diese Produkte gehören jedoch nur zur schmalen Spitze besonders faszinierender Materialien und deren Anwendung. Es muss gelingen, auch die ungeheure „Kärnerarbeit“ der Werkstoffe im unspektakulären täglichen Umfeld zu vermitteln.

Um für diese Vermittlungsarbeit einen Ansatzpunkt zu finden, ist es hilfreich, sich klar zu machen, wie schwer das Leben wäre ohne leistungsfähige Materialien beim Arbeiten und Wohnen, bei Mobilität und Freizeit, ja in allen Lebensbereichen. Jederzeit vertraut jedermann auf Werkstoffe und daraus gefertigte Systeme. Dass es besonders Systeme sind, die in der Regel aus einer wohldurchdachten, aber nicht transparenten Kombination verschiedenster Materialien bestehen, mag ein Teil des Vermittlungsproblems sein.

Design und Marke rücken in der öffentlichen Wahrnehmung in den Vordergrund. Bei Problemen heißt es dann aber häufig lediglich: „Materialversagen“. Nur einer Weltmacht wie China gelingt es offensichtlich, eine Firma Mattel dazu zu bringen, nach ersten pauschalen „Material-Beschuldigungen“ Designfehler als Hauptursache für die Rückrufe (ca. 80 Prozent der Problemware) einzugestehen.

Ich sehe hier einen Weg, mutig und offensiv – à la „Intel Inside“ oder auch entsprechend der alten Kampagne „Beton – es kommt drauf an, was man daraus macht“ – eine Werkstoffidentität, gepaart mit einer Systemidentität, herauszuarbeiten und dies nicht gegen den Endprodukt-Hersteller, sondern mit ihm zusammen zu leisten. Hier sollten besonders die Chancen zu neuer designerischer Freiheit durch bessere, leistungsfähigere und neue Werkstoffe herausgestellt werden. Ließe man hier als Produktdesigner der eigenen Fantasie einmal freien Lauf, so fielen einem sicher zahlreiche Alleinstellungsmerkmale für viele Werkstoffe oder werkstoffgeprägte Komponenten ein.

Die Zeiten für die Vermittlung solcher Informationen sind sicherlich nicht schlecht. In Tageszeitungen und Fachmagazinen, Funk und Fernsehen sind häufig und durchaus an prominenter Stelle naturwissenschaftlich geprägte Beiträge zu finden. Hier gilt es nachzusetzen und Aufmerksamkeit sowie Interesse zu wecken. Ist erst einmal der Wunsch nach Informationen geweckt, gibt es darüber hinaus im weltweiten Netz unzählige hervorragende Beiträge zu Werkstoffen und Systemen.

Ein weiterer Ansatz der Vermittlung des großen Wertes guter und richtig eingesetzter Materialien kann darin liegen, den Nutzen unmittelbar und eindringlich, am besten geldwert, offenbar zu machen. Yellow Strom ist aus meiner Sicht auf eine pfiffige Idee gekommen: Mit dem „Sparzähler online“ können „Stromfresser“ aufgespürt und Nutzungszeiten optimiert werden. Gelänge es zum Beispiel, einen „Zähler“ für Gas und Öl zu positionieren und diesen sogar noch durch verlässliche Simulationsprogramme vorzubereiten, so dass zum Beispiel unmittelbar zum Beispiel der Nutzen besserer Dämmung in „Euro & Cent“ dargestellt werden könnte, würde die Wertschätzung für solche Maßnahmen und die damit verknüpften Materialien deutlich steigen. Ich bin davon überzeugt, dass uns noch viele Ansätze dieser Art – und bestimmt noch viel bessere – einfielen, um die Öffentlichkeit von der Bedeutung und dem Nutzen heutiger, verbesserter und zukünftiger Werkstoffe zu überzeugen.

3 WERKSTOFFWISSENSCHAFTLICHE AUSBILDUNG UND FORSCHUNG

Betrachten wir nun den zweiten eingangs genannten Bereich: die wissenschaftliche Ausbildung und die werkstoffwissenschaftliche Forschung an Hochschulen und Forschungsinstituten. Hierbei handelt es sich um einen äußerst „sensiblen“ Bereich, insbesondere was die Hochschulen anbelangt, die zur Zeit von zahlreichen Veränderungen, Erschütterungen und Verwerfungen betroffen sind. Zu ihnen zählen:

- Struktur- und Organisationsprobleme,
- Exzellenz- und Elite-Initiativen,
- Bologna,
- föderative und Bundeseinflüsse,
- Universität versus Fachhochschule; Annäherung und/oder Abgrenzung?
- finanzielle und operative Engpässe, auch bedingt durch den Verlust der „Großforschung“, die jetzt zum Beispiel in Helmholtz- und Leibniz-Instituten zu finden ist.

Diese Liste ließe sich beliebig verlängern. Am Ende der Veränderungsprozesse wird hoffentlich eine bessere Universitäts- und Forschungslandschaft stehen. Zunächst jedoch erscheint es mir sehr schwierig, unter diesen Bedingungen erfolgreiche Forschungs- und Lehrarbeit mit langem Atem zu leisten. Darüber hinaus bedingen die Mechanismen der Geldeinwerbung und die Profilierung der jungen Wissenschaftler eine aus meiner Sicht nicht stets sinnvolle Fokussierung auf das Neue, Sensationelle, das vermeintlich allein Aufmerksamkeit und Anerkennung erringt.

Je kühner die Visionen, desto größer das Echo, auch und gerade das öffentliche: „Nano-U-Boote, die Adern des Menschen von arterio-sklerotischen Plaques befreien“, „Mikro-Roboter“, die Erstaunliches zu leisten versprechen. Ich könnte noch viele andere faszinierende Visionen nennen. Sollte diese Übergewichtung völlig visionärer Ansätze und grundlagenorientierter Projekte anhalten, sehe ich für die werkstoff- und

ingenieurwissenschaftliche Forschung die Gefahr, Solidität und Glaubwürdigkeit zu verlieren. Deshalb muss ein angemessenes Verhältnis von Grundlagenorientierung und Anwendungsbezug angestrebt werden.

Anders als zum Beispiel in der Biochemie, Gentechnologie und Medizin, wo Fortschritte oft nur durch ein völlig neuartiges Herangehen an Probleme erzielt werden können, werden technische Systeme häufig durch inkrementelle, aber nicht minder wichtige und effiziente Verbesserungen an die Spitze des Fortschritts gebracht. Sicher gibt es auch technologische Quantensprünge; diese finden in der Regel ihre Ausprägung in neuen Systemen, wie sie es zum Beispiel die Eisenbahn, das Auto, das Flugzeug, der Fernseher oder der Computer waren. In ihnen steckt oft nur eine Basisinnovation (Dampfmaschine, Benzin-/Dieselmotor, Turbine, Kathodenstrahlröhre, Transistor etc.). Mindestens genauso wichtig sind danach mehr oder weniger große Fortschritte durch inkrementelle Innovationen bei Werkstoffen und darauf basierenden technischen Komponenten, die am Ende zum entscheidenden Erfolg führen. Dies verdeutlicht die unabdingbare, enge Verknüpfung natur-, werkstoffwissenschaftlicher und ingenieurtechnischer Ausbildung und Forschung mit der entwicklungs- und anwendungskompetenten Industrieforschung.

In Deutschland sind wir in vielen dieser Bereiche sicher immer noch sehr gut, aber andere Länder holen zügig auf, und wir müssen ständig besser werden, wollen wir nicht, wie in der Vergangenheit, wichtige Industriesegmente verlieren oder schwächen (Computerindustrie, Audio-, Video-, Kameraindustrie, Pharmaindustrie und mehr)! Ein Zitat mag belegen, dass auch schon vor 100 Jahren Schwachstellen gesehen wurden. Hans Krämer schrieb in dem von ihm um 1900 herausgegebenen Werk *Weltall und Menschheit*:

„Amerika ist die Stätte, wo die wagemutige Kunst der Ingenieure sich am freiesten entfalten konnte; was sonst von verblüffenden Neuheiten [Innovationen!] im Dollarlande auftauchte, um einen Siegeszug durch die Welt zu versuchen, das war vielfach nur den Forschern des alten Europa abgelauscht, aber allerdings von dem Staub der Studierstube befreit und in das praktische Leben eingeführt.“¹

4 INDUSTRIE

Damit komme ich zum dritten Bereich, in dem ich ebenfalls nachhaltigen Handlungsbedarf sehe: die Industrie. Die Bandbreite der Werkstoffe und Materialien ist groß, und genauso divers sind die involvierten Unternehmen: von Holz über Glas, Keramik, Beton, Steine, Eisen, Stahl und viele andere Metalle und Legierungen, Silizium bis zu unzähligen Kunststoffen und deren Blends. Und in allen stecken noch viele Chancen für Weiterentwicklungen, die auch in vielen Unternehmen sehr professionell genutzt werden. Hier möchte ich insbesondere die mittelständische Industrie nennen, die es häufig, wenngleich in der Regel nur in klar definierten und begrenzten Segmenten, zu einer internationalen Spitzenstellung gebracht hat. Deutliches Verbesserungspotenzial sehe ich vor allem bei einigen Großunternehmen; dort vermisste ich Risikobereitschaft und Wagemut.

¹ Krämer et al. 1900.

2007 wurde der Nobelpreis Peter Grünberg und Albert Fert (Physik) sowie Gerhard Ertl (Chemie) verliehen. Die Entdeckung des giant magneto resistance- (GMR-) Effekts erfolgte vor fast 20 Jahren durch Grünberg. Er war klug und weitsichtig; er patentierte die Beobachtung sofort, aber nur IBM (und andere asiatische Firmen) prüften schnell die Patente, nahmen schließlich eine Lizenz und entwickelten die Computerfestplatte, beruhend auf diesem Prinzip. Siemens nahm auch eine Lizenz, leider nur für eine sehr begrenzte Anwendung im Robotic-Bereich.

In den zahlreichen Interviews und Kommentaren der letzten Oktobertage 2007 zu den Nobelpreisen wurde von den Preisträgern, anderen Forschern und den Journalisten als großes Problem in Deutschland häufig die Zähigkeit und Langsamkeit des Transfers von Forschungsergebnissen in eine industrielle Nutzung benannt. Ich bin davon überzeugt, dass es andere Entdeckungen der Grundlagen- oder sogar angewandten Forschung gibt, wo ein beherztes Zugreifen der deutschen Großindustrie, die allein über die ausreichenden finanziellen Mittel verfügt, erfolgen muss. Nur so kann eine vielversprechende Fortentwicklung in Innovationen ermöglicht werden. Dieses wahrhaft „unternehmerische“ Handeln wird jedoch zunehmend schwächer. Neben vielen nachteiligen Veränderungen – zum Beispiel die kurzfristige Shareholder-Value-Orientierung und die häufig falsch umgesetzte Konzentration auf die Kerngeschäfte – sehe ich auch eine Ursache in der internen Veränderung der Forschungsorganisationen und der zögerlichen Ausweitung oder gar Reduktion der F & E-Aufwendungen.

Die wirklich großen, innovativen Konzerne (IBM, GE, 3M, BASF und andere) haben immer noch leistungsfähige, multidisziplinäre, zentrale Forschungseinrichtungen (ich meine hier nicht „Forschungszentralen“) neben der fokussierten Ressortforschung, die vier wichtige Funktionen auszeichnen:

- breite Kontaktpflege zur Forschungsszene an Universitäten und Forschungseinrichtungen,
- anerkannte Eingangspforte für Hochschulabsolventen,
- umfassende Beurteilungskompetenz für Projekte von außen,
- tiefes Systemverständnis durch interdisziplinäre Methodenvielfalt in den Projektgruppen.

Die Kunst der erfolgreichen Führung solcher Einheiten besteht im Halten der Balance zwischen einer starken kunden-, projekt- und systemorientierten Forschung für inkrementelle Innovationen und im Aufgreifen von Chancen zu Basisinnovationen im richtigen Moment sowie in deren fester Verankerung im Blick und Kalkül der Unternehmensführung. Hier haben viele Firmen die vermeintliche „Komplexität“ gescheut, sie nicht als Chance, sondern als Führungs- und Kostenbelastung empfunden, sie eliminiert und sich damit eines wichtigen Instrumentes für Innovationen beraubt.

5 POLITIK

Zuletzt sei die Politik betrachtet. Zwar sind die Politiker fachlich am weitesten von der hier gestellten Thematik entfernt, aber sie können wichtige Anstöße und Richtungsimpulse geben. Die Politikberatung sollte deshalb (auf Bundes- und Länderebene), auch wenn sie bisweilen zäh und ermüdend sein mag, für Promotoren werkstoffbasierter Innovationen ein wichtiges Tätigkeitsfeld sein. Die Beispiele Bayern, Baden-Württemberg und Sachsen zeigen, dass eine mutige Schwerpunktsetzung bei der Forschungs- und Industrieansiedlung sehr erfolgreich sein kann. Die Bedeutung der Werkstoffe kann der Politik sicherlich vermittelt werden, wenn man darauf hinweist, dass ein erheblicher Anteil der Kosten der Wiedervereinigung von über drei Billionen Euro durch das „Fahren auf Verschleiß“ einer ganzen Volkswirtschaft und deren Infrastruktur verursacht wurde (und man könnte augenzwinkernd hinzufügen, dass politische Systeme auch wegen Vernachlässigung der Infrastruktur am Ende hinweggefegt werden können).

6 AUSKLANG: EIN LEITSATZ

Ich möchte zum Abschluss noch ein heiter-tröstliches Zitat anbringen. Dass neue Werkstoffe es schwer haben, ist nicht erst ein Phänomen unserer Zeit. Ein besonders bezeichnender Fall findet sich im „Buch der Erfindungen“ aus dem Jahre 1866 zum Werkstoff Aluminium:

„Die Aluminiumtechnik – so weit von einer solchen noch die Rede sein kann – befindet sich fast ausschließlich noch in den Händen der Franzosen, und es ist kein geringes Lob für dieselben, dass es ihnen durch ihre geschmackvollen Formen gelungen ist, einen Stoff noch wohl oder übel über dem Wasser zu erhalten, dessen eignes Wesen eine besondere Berücksichtigung nicht beanspruchen kann.“²

Ich bin mir sicher, dass heute derart Eklatantes nicht mehr passieren kann. Dennoch müssen wir genaue Vorstellungen dazu entwickeln, wie man den Wert der Materialien umfassend ausloten und die Chancen der Werkstoffe und Materialvielfalt für die Sicherung von wirtschaftlichem Erfolg, Lebensqualität und volkswirtschaftlicher Prosperität signifikant erhöhen kann und wie wir diese Bedeutung möglichst jedermann eindringlich vermitteln können. Und dann müssen wir auch dementsprechend handeln!

Dabei sollten wir nicht zu bescheiden sein. Ein Leitsatz könnte lauten:
„Wirkstoffe können das Leben sichern und verlängern, Werkstoffe jedoch sichern und erweitern die Grenzen unserer Welt“.

² Luckenbacher/de Roth 1866.

7 LITERATUR

Krämer et al. 1900

Krämer, Hans et al. (Hrsg.): *Weltall und Menschheit. Geschichte der Erforschung der Natur und der Verwendung der Naturkräfte im Dienste der Völker*. Berlin: Bong Verlag 1900.

Luckenbacher/de Roth 1866

Luckenbacher, Franz/de Roth, Karl: *Das Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien, Bd. IV. Die chemische Behandlung der Rohstoffe. Eine chemische Technologie*. Leipzig, Berlin: Verlag Otto Spamer 1866.

> DIE BUNDESVEREINIGUNG MATERIALWISSENSCHAFT UND WERKSTOFFTECHNIK

PEDRO DOLABELLA PORTELLA

1 DIE BUNDESVEREINIGUNG MATWERK: ZIELE

Ziel der Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (BV MatWerk) ist eine Intensivierung der Zusammenarbeit und eine Bündelung der Interessen der technisch-wissenschaftlichen Verbände, die auf diesem Gebiet tätig sind.¹ In ihrer Gründungsversammlung am 22. Oktober 2007 in Berlin haben sich 25 Mitglieder aus dem gesamten Wissensgebiet von den naturwissenschaftlich, grundlagenorientierten Verbänden bis hin zu den anwendungsnahen Organisationen aus allen Werkstoffklassen abgestimmt. Die BV MatWerk soll unter anderem als Kontaktstelle zu Wissenschaft, Wirtschaft und Politik fungieren, die Öffentlichkeitsarbeit ihrer Mitglieder koordinieren und Aktivitäten zur Nachwuchsförderung, wie sie zum Beispiel vom „Studientag Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“ entwickelt werden, unterstützen.

2 SCHLÜSSELSTELLUNG DER MATERIALFORSCHUNG IN GESCHICHTE UND GEGENWART

Die Entwicklung des Menschen ist eng mit seiner Fähigkeit, neue und komplexere Werkzeuge und Utensilien aus verschiedenen Materialien herzustellen, verknüpft. Vor wenigen Jahren hat uns die Entdeckung der Himmelsscheibe von Nebra² beeindruckend zu der Erkenntnis geführt, dass der Mensch in der Frühbronzezeit über astronomische Kenntnisse verfügte und diese in eine komplexe Mythologie einzuordnen versuchte. Von der technischen Seite her warf diese bronzene Scheibe eine Vielzahl von Fragen zur Echtheit des Funds und zur Herstellungstechnik auf, die durch den Einsatz von hochmodernen materialwissenschaftlichen Methoden zuverlässig beantwortet werden konnten. In vergleichbarer Form sehen wir heute viele technische Entwicklungen heranreifen, die erst durch die Verfügbarkeit von geeigneten Werkstoffen konkretisiert und umgesetzt werden können.

Für die Bundesrepublik Deutschland als hochindustrialisierten Standort nimmt das Fachgebiet Materialwissenschaft und Werkstofftechnik eine Schlüsselstellung in allen produktiven Sektoren der Wirtschaft ein. Die Vielfalt dieses Fachgebietes spiegelt sich in der Anzahl von Fachverbänden wider, die mit hoher Kompetenz und vor dem Hintergrund

¹ <http://www.matwerk.de>.

² Vgl. Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt 2007.

einer langjährigen Tradition – einige wurden bereits im 19. Jahrhundert gegründet – die Aktivitäten ihrer Mitglieder in der Lehre, in der Forschung und in der Produktion bündeln. Bereits im Jahr 1996 hat der Wissenschaftsrat in einer umfassenden Stellungnahme zur Materialforschung die existenzielle Bedeutung dieses Fachgebiets für Deutschland unterstrichen und die Bildung einer integrierenden Initiative für alle Fachgesellschaften gefordert (Titel der Pressemitteilung Nr. 7/96: Wissenschaftsrat verabschiedet umfassende Stellungnahme zur Materialforschung in Deutschland).

3 BÜNDELUNG DER AKTIVITÄTEN DER WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHEN VERBÄNDE: AUFGABEN DER BUNDESVEREINIGUNG MATWERK

Mit der Entstehung der Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik wird eine Einheit in der Vielfalt gesucht, die Gemeinsamkeiten potenziert und eine größere Integration fördert. Die BV MatWerk beabsichtigt nicht, im großen Ausmaß eigene fachliche Aktivitäten zu entfalten. Sie will vielmehr die Verbände zum Austausch ihrer Produkte anregen, zur Erstellung neuer Unterlagen motivieren und bei der Verbreitung unter den verschiedenen Zielgruppen unterstützen. Im Dialog mit den diversen Akteuren wird die BV MatWerk Tendenzen und Erfordernisse identifizieren und vermitteln; für die Förderinstitutionen will die BV MatWerk als ständiger Partner bereit stehen. Verschiedene Kanäle werden hierfür genutzt, über gemeinsame Veranstaltungen und andere Aktivitäten wird nachgedacht.

Großes Interesse an der Arbeit der BV MatWerk zeigen verschiedene Einrichtungen, die durch ihre Rechtsform nicht zu den technisch-wissenschaftlichen Verbänden gehören; darunter sind unter anderem Institute der Fraunhofer- und der Leibniz-Gesellschaft. Sie werden als beobachtende Mitglieder formell in die Bundesvereinigung aufgenommen; über ihre Mitarbeit in den verschiedenen Verbänden werden sie sich aktiv an den Entscheidungsprozessen beteiligen können.

Durch die enge Kooperation mit dem „Studententag Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“ will die BV MatWerk die zentrale Frage der Ausbildung an den Hochschulen unterstützen.

Zu einer der wichtigsten Aufgaben der technisch-wissenschaftlichen Verbände gehört die Weiterbildung unserer Fachkräfte – ein weiteres Feld für die Bündelung ihrer vielfältigen Aufgaben durch die Bundesvereinigung. Auf der anderen Seite will die BV MatWerk die Frage der Ausbildung des technischen Personals ins Bewusstsein rufen, zur Diskussion und Nachfrage des gegenwärtigen Wegs einladen und bei der Suche von gemeinsamen Lösungen helfen.

4 KONTAKTE UND KOOPERATIONEN

Schließlich wird die Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik den Kontakt mit vergleichbaren Institutionen außerhalb Deutschlands pflegen. In der Fédération Française des Matériaux³ und Materials UK⁴ hat die BV MatWerk Partner in Frankreich und in Großbritannien, mit denen sie in Kontakt steht. Auf der europäischen Ebene arbeitet sie mit verschiedenen Organisationen zusammen, zu denen unter anderem die Federation of European Materials Societies (FEMS)⁵ und die European Steel Institutes Confederation (ESIC)⁶ gehören.

5 LITERATUR

Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt 2007

Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt: *Die Himmelscheibe von Nebra. Einführung: Das Universum ist eine Scheibe*. URL: <http://www.archlsa.de/sterne> [Stand: 29.12.2007].

³ <http://www.ffmateriaux.org/Plan.htm>.

⁴ <http://www.matuk.co.uk>.

⁵ <http://www.fems.org/index.php>.

⁶ <http://www.iom3.org/esic>.

> VOM MATERIAL ZUM PRODUKT

REINER KOPP

1 EINLEITUNG

Deutschland zählt auf dem Gebiet der Material- bzw. Werkstofftechnik und der Produktion noch zu den führenden Industrienationen. Auch bei Ausbildung und Forschung im Werkstoff- und Produktionsbereich belegt Deutschland einen Spitzenplatz im internationalen Vergleich. Der vorliegende Bericht soll den Weg vom Material zum Produkt beschreiben und deutlich machen, wie Deutschland auch in Zukunft auf diesen Gebieten den Spitzenplatz verteidigen kann. Ferner wird die Frage untersucht, welche Bereiche der Gesellschaft durch die Prozesskette Material – Produkt beeinflusst werden und welche Folgen es hätte, wenn diese Industriezweige in Deutschland an Bedeutung verlieren würden.

2 WIE FUNKTIONIERT DIE PRODUKTENTSTEHUNG AUSGEHEND VOM MATERIAL?

Die meisten Gebrauchsgegenstände wie Auto, Waschmaschine, Fotoapparat etc. bestehen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Werkstoffe. Werkstoffe sind in der Regel Legierungen, die aus teilweise zahlreichen Legierungselementen bestehen, wie Si, Mo, Cr etc.

Legierungselemente erhält man durch metallurgische Verfahren aus Rohstoffen wie Bauxit, Eisenerz, Titanschwamm. Dabei müssen erhebliche Massen bewegt werden, um am Ende ein Produkt aus Stahl, Aluminium oder Titan zu produzieren. So werden zum Beispiel für die Herstellung eines Pkw mit einer Tonne Fahrzeuggewicht ca. 30 Tonnen Material benötigt.

Deutschland muss nahezu alle Rohstoffe aus dem Ausland beziehen, wie zum Beispiel Nickel für rostfreie Stähle, was zurzeit erhebliche Probleme bei den Kosten verursacht. Der Nickelpreis ist seit Januar 2006 innerhalb eines Jahres von ca. 13.000 US-Dollar pro Tonne auf ca. 46.000 US-Dollar pro Tonne gestiegen. Zurzeit liegt er wieder unter 30.000 US-Dollar pro Tonne.¹

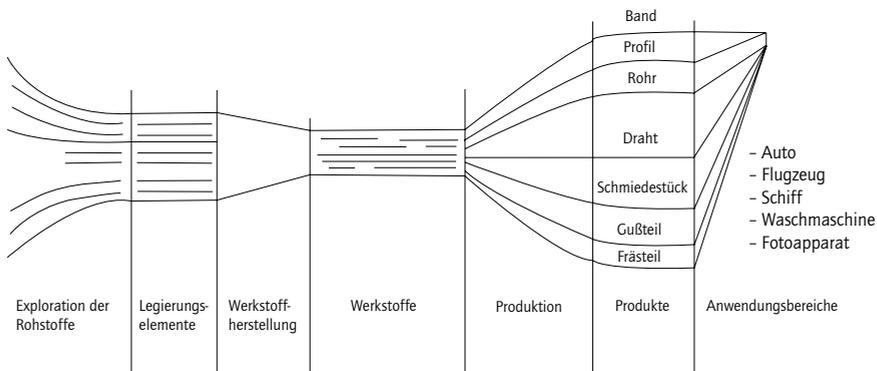
Dies hat Konsequenzen. Wird ein Werkstoff zu teuer, versucht der Anwender Substitutionswerkstoffe einzusetzen, zum Beispiel Alulegierungen anstatt Edelstahl. Der Werkstoffentwickler hat hier also eine Optimierungsaufgabe zu lösen, die richtige Kombination der Legierungselemente und die kostengünstigsten Legierungselemente zu

¹ ThyssenKrupp Nirosta (persönliche Mitteilung)

finden. In Deutschland wird mit Hochdruck an neuen Legierungstypen geforscht, um unter anderem die Anforderungen der Automobilindustrie zu erfüllen. Dies geschieht meist in enger Kooperation zwischen Werkstoffhersteller und Anwender.

Durch die Kombination der Legierungselemente sind die Eigenschaften des fertigen Produktes weitgehend vorprogrammiert. So muss der Werkstoffentwickler die Einsatzbedingungen seines Werkstoffes kennen, um den Werkstoff hierauf zu trimmen. Insofern ist ein Werkstoffentwickler ein Systemingenieur, der ein komplexes Beziehungsgeflecht optimieren muss. Die örtliche Nähe zum Anwender ist von entscheidendem Vorteil. Er muss neben der Legierungsauswahl auch den Herstellungsweg beim Anwender bis zum Produkt beachten, denn auf diesem Weg kann der Werkstoff seine Eigenschaften signifikant verändern (Festigkeit, Duktilität etc.).

Abb. 1: Vom Material zum Produkt – Stufen der Produktentstehung



Ein Werkstoffingenieur sollte deshalb auch fertigungstechnologisches Know-how besitzen. Um hier erfolgreich zu sein, muss sich der moderne Werkstoff-/Fertigungsingenieur der Simulations- und Optimierungstechnik bedienen. Diese Tools sind neben dem Werkstoffwissen ebenfalls mittlerweile Schlüsselfaktoren bei der Entwicklung und Herstellung neuer Produkte und haben einen hohen Leistungsstand erreicht, wie das folgende Beispiel zeigt (siehe Abb. 2).

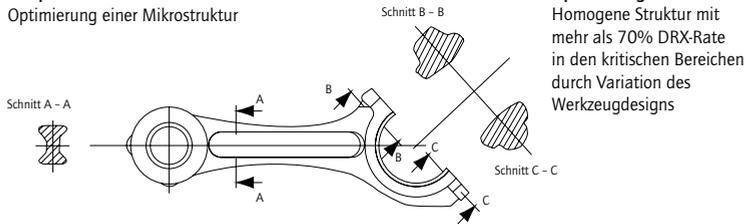
Abb. 2: Rechnerische Optimierung der Mikrostruktur eines Schmiedeteils

(a): Optimierungsziel

Wichtigstes Tool: Numerische Simulation und Optimierung

Beispiel:

Optimierung einer Mikrostruktur



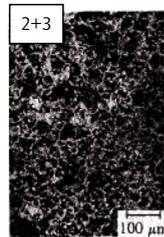
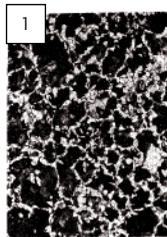
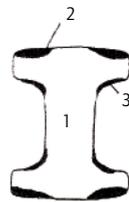
Optimierungsziel:

Homogene Struktur mit mehr als 70% DRX-Rate in den kritischen Bereichen durch Variation des Werkzeugdesigns

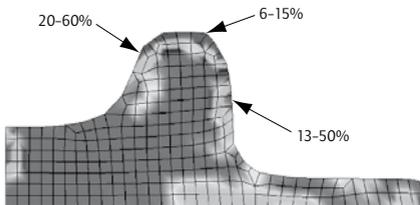
LKW-Pleuel aus 49MnVS3

Höhere Ferrit-Konzentration

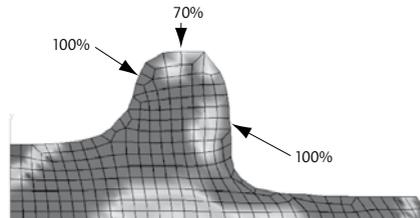
Inhomogenitäten der Mikrostruktur im Schnitt A-A



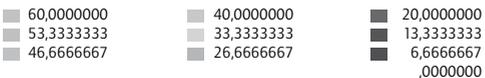
(b): Ergebnis



DRX-Rate der Startkonfiguration



DRX-Rate der optimierten Konfiguration



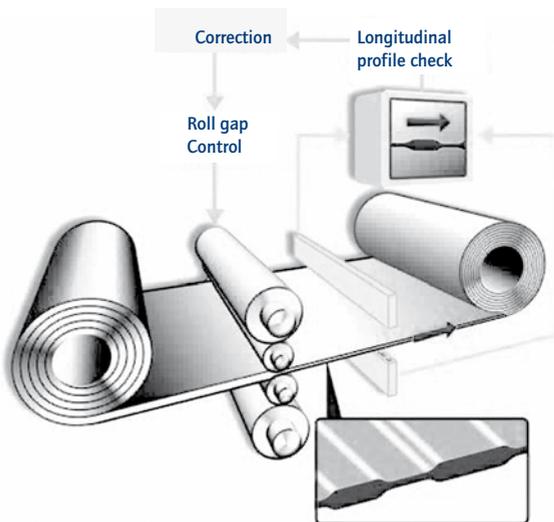
Der Schlüssel zum Erfolg liegt neben der korrekten Werkstoffmodellierung in der Ermittlung der Stoff- und Randwerte. Viele Institute haben hierfür die erforderlichen Einrichtungen und sind im internationalen Vergleich auch wieder an vorderster Stelle. Die Forschungsinstitute spielen also bei vielen Produktentwicklungen eine zunehmend wichtige Rolle.

Wo entstehen neue Produkte? Hauptsächlich entstehen sie erwartungsgemäß in den Entwicklungsabteilungen der Firmen, aber teilweise auch in Universitätsforschungsinstituten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Durch die immer stärkere Vernetzung der Industrie mit Forschungsinstituten entsteht ein leistungsstarkes Wissensnetzwerk, das durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die EU und verschiedene Stiftungen finanziell unterstützt wird. Dieses Wissens- oder Forschungsnetzwerk im Bereich Material- und Produktionsforschung gehört ebenfalls im internationalen Vergleich zu den besten der Welt.

Der größte Vorteil bei der Produktentstehung ist die örtliche Nähe aller Know-how-Träger. Dies wird am Beispiel maßgeschneiderter Produkte für die Automobiltechnik eindrucksvoll deutlich.

Im Rahmen eines DFG-Schwerpunktprogramms wurde das Flexible Walzen von dicken optimierten Stahlbändern entwickelt (siehe Abb. 3).

Abb. 3: Flexibles Walzen von maßgeschneiderten Platinen



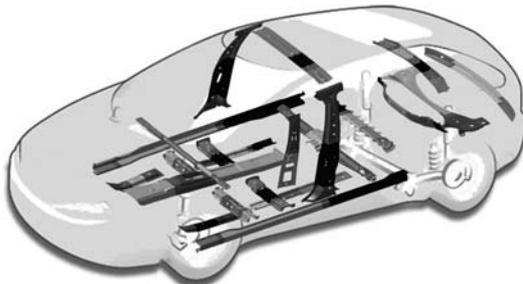
Ein vom BMBF gefördertes Vorhaben im Anschluss sollte die Industrietauglichkeit der neuen Produkte untersuchen, was dazu führte, dass ein Projektpartner – die Firma Mubea – sich zur Übernahme des Verfahrens entschloss. Heute steht in Attendorn bei der Firma Mubea eine Fabrik (siehe Abb. 4).

Abb. 4: Neues Flexibles Walzwerk der Fa. Mubea



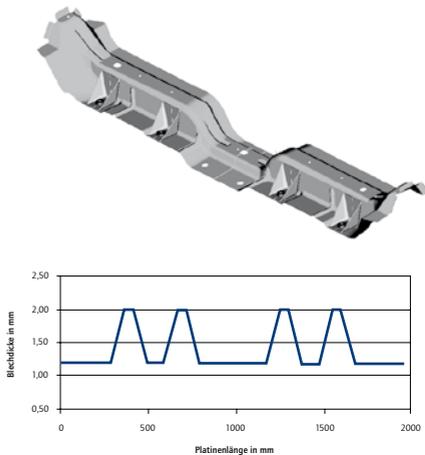
Mubea kann bis zu 60.000 maßgeschneiderte Stahlplatten jährlich an verschiedene Autofirmen liefern. In enger Kooperation mit Stahlunternehmen, Autofirmen und Hochschulinstituten wird nun versucht, hochfeste Stahllegierungen, zum Beispiel Mehrphasenstähle, für das Flexible Walzen tauglich zu machen. In den Abb. 5 bis 7 sind Beispiele und das Potenzial dieser neuen Gemeinschaftsentwicklung zwischen Universität und Industrie gezeigt.

Abb. 5: Beispiel für die Anwendung des Flexiblen Walzens



Die Technologie bietet großes Potenzial für unterschiedliche Bauteile im Struktur- und Fahrwerksbereich.

Abb. 6: Beispiel eines maßgeschneiderten Produkts (Strukturteil eines Pkw)



> Konventionelle Bauweise:

1 Bauteil
4 Verstärkungen 5 Bauteile

> TRB-Bauweise: 1 Bauteil

> Einsparung von:
 > Fertigungskosten
 > Werkzeugkosten/Investitionen
 > Fügeoperationen
 > Logistikkosten
 > Flächenbedarf

> Kosteneinsparpotenzial ohne Gewichtserhöhung

Tailor Rolled Blanks ermöglichen die Reduzierung von Baugruppen.

Abb. 7: Beispiel maßgeschneiderter Produkte und bisherige Liefermengen

			> Serienproduktion in 2 Kaltwalzwerken mit einer Gesamtkapazität von ca. 70.000 t p.a.
Längsträger	Verst. Schweller	Querträger HA	
			> Serienproduktion Tailor Rolled Tubes® mit einer Gesamtjahreskapazität von 1,6 Mio. Rohre auf 2 Anlagen
Fersenträger	Verst. Längsträger	Sitzquerträger	
			> Serienproduktion von Pressteilen und Formschnitten auf einer 1100 t-Pressen direkt vom Coil
Schließblech Querträger	Cockbit-Querträger	Anschlussräger	
			> Bis dato über 50 Serienaufträge bei Audi, BMW, DC, GM, PSA, Skoda & VW
Bumper	Verst. Sicherheitsgurt	B-Säule	
			> Serienbelieferung mit bis dato über 35.000 t / 15 Mio. TRB®

Die Herstellung von Tailor Rolled Products hat sich in Fahrzeugkarosserie- und -fahrwerksanwendungen als wirtschaftliche Leichtbautechnologie etabliert.

Der Erfolg dieses Beispiels beruht auf der örtlichen Nähe aller am Entwicklungsprozess beteiligten Partner. Ein Herausbrechen der Werkstoff- und/oder Fertigungskompetenz hätte für zukünftige Entwicklungen fatale Folgen. Zahlreiche Hochschullehrer sind als Berater und Aufsichtsräte mit der Industrie vernetzt und können dadurch für einen

schnellen Know-how-Transfer zwischen Hochschule und Industrie sorgen. Umgekehrt sind zahlreiche Industriefachleute durch Lehraufträge in die Ausbildung eingebunden. Wir sehen hier eine Kooperationsdichte, um die uns viele Länder beneiden.

3 WIE KANN DIE MARKTPosition BEI DER ENTWICKLUNG NEUER PRODUKTE VERBESSERT WERDEN?

Um auf dem Weltmarkt erfolgreich zu sein, sind drei Voraussetzungen wichtig:

- Innovationsführerschaft
- Kosten- und Zeitführerschaft
- Qualitätsführerschaft

Um Innovationsführerschaft zu erlangen, müssen ständig neue Ideen kreiert, bewertet und die aussichtsreichsten von ihnen umgesetzt werden. Um hier erfolgreich zu sein, müssen alle Ideengeber zu einem Innovationsnetzwerk zusammengeschlossen werden. Universitätsinstitute, außeruniversitäre Institute (Fraunhofer-Institute, Max-Planck-Institute etc.) müssen eng zusammenarbeiten, um die für eine Innovationsführerschaft erforderliche Innovationsdichte (Innovationen pro Zeiteinheit) zu erzeugen. Vor allem die interdisziplinäre Zusammenarbeit auf den Gebieten Werkstoff, Fertigungs-, Automatisierungs- und Simulationstechnik ist eine notwendige Voraussetzung, um schnell zu neuen Produkten zu kommen. Würde zum Beispiel das Werkstoff-Know-how in Deutschland fehlen, wäre eine Innovationsführerschaft des deutschen Automobilbaus undenkbar.

Innovationsführerschaft wird auch durch die Kosten- und Zeitführerschaft bedingt. Wenn eine Innovation zu spät kommt oder zu teuer ist, wird sie sich auf dem Markt nicht durchsetzen. Kosten und Zeit hängen aber entscheidend ab von dem vor Ort verfügbaren Wissens- und Umsetzungsnetzwerk. Fehlt ein notwendiger Partner in der Entwicklungskette, zum Beispiel der Werkstoffpartner, hat das zu entwickelnde Produkt entscheidende Kosten- und Zeitnachteile.

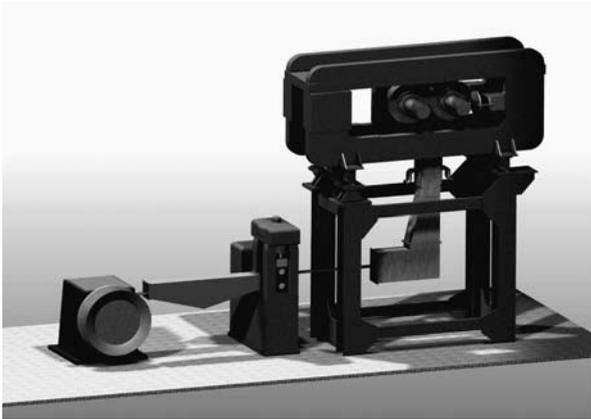
Im Folgenden werden konkrete Maßnahmen zur Reduktion von Zeit und Kosten bei der Entwicklung von Produkten erläutert.

Ein neues Produkt hat in der Regel eine mehrjährige Vorlaufzeit. Die Universitäten können hierbei im Vorfeld wichtige Beiträge zur Klärung prinzipieller Fragestellungen leisten, wobei die DFG derartige Projekte finanziert. Bei Aussicht auf Erfolg kann in einer zweiten Phase, meist durch das BMBF, die AiF oder durch EU-Mittel unterstützt, zusammen mit der Industrie der Prototyp realisiert werden. Dieser kann auch nach der Realisierung in der Industrie in der dritten Phase vielfach als Modellanlage zur Klärung von Einzelfragen genutzt werden.

Eine seit vielen Jahren praktizierte Kooperation in einem Projekt der ThyssenKrupp AG und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen ist das Dünnbandgießen und Walzen von Stahlbändern. Das Institut für Bildsame Formgebung (IBF) der RWTH Aachen beschäftigt sich mit den Grundlagen des Dünnbandgießens und

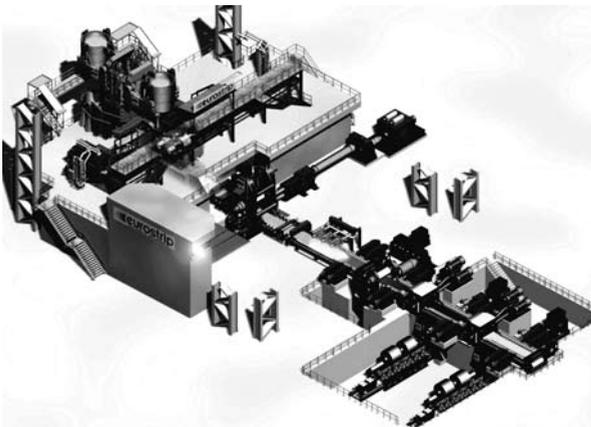
Walzens; zahlreiche Doktorarbeiten sind seitdem entstanden. Es existiert ein Prototyp-Labor in Aachen, das gemeinsam von ThyssenKrupp und der RWTH Aachen unter der Leitung des IBF betrieben wird (siehe Abb. 8).

Abb. 8: Prototyp-Anlage zum Dünnbandgießen und Walzen



Mit dieser Anlage werden Grundversuche und Parameteroptimierungen gefahren. Die Ergebnisse fließen dann der großen Anlage zu, die mittlerweile in Krefeld bei ThyssenKrupp arbeitet (siehe Abb. 9).

Abb. 9: Produktionsanlage Dünnbandgießen und Walzen (ThyssenKrupp, Krefeld)



Ohne die Pilotanlage in Aachen wären die vielen Optimierungsversuche wesentlich teurer und langfristiger verlaufen.

Derartige Kooperationen gibt es bereits an verschiedenen Stellen; allerdings ist hier eine deutliche Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Industrie noch möglich! Diese könnte in Zukunft einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung von Kosten und Zeit bei der Entwicklung neuer, hochqualitativer Produkte leisten.

4 WAS WIRD DURCH DIE ENTWICKLUNGSKETTE VOM MATERIAL ZUM PRODUKT BEEINFLUSST?

Material, Werkstoff und Produktion sind Energieträger bzw. Energienutzer, die teilweise noch ein erhebliches Einsparungspotenzial beinhalten, welches einen direkten Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung verspricht. Zwar sind in vielen Industriebereichen in der Vergangenheit schon deutliche Fortschritte bei der Energieeinsparung erreicht worden. So hat zum Beispiel die Stahlindustrie von 1990 bis 2003 ihren spezifischen Primärenergieverbrauch von 30,81 Mt SkE auf 27,67 Mt SkE gesenkt.²

Trotzdem gibt es zahlreiche weitere Einsparungspotenziale, die im Lichte der Energiepolitik der Regierung an Bedeutung gewinnen. Einige Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Produkte können mit vielfältigen Methoden hergestellt werden, unter anderem durch Gießen, Umformen, Zerspanen, Fügen oder durch eine Kombination dieser Formgebungsverfahren. In jüngerer Zeit hat die Formgebung im teilflüssigen Bereich Interesse geweckt, bei dem ein Metall in den semisolid-Bereich erwärmt und unter Druck in eine Werkzeugform gepresst wird. Der Nachteil besteht in der Wiedererwärmung eines bereits hergestellten Halbzeuges (zum Beispiel eines Stangenabschnitts), was zusätzliche Energie erfordert. Eine energieärmere Herstellung stellt einen Prozess dar, bei dem die Schmelze nach einem speziellen Abkühlverfahren in einen thixotropen Zustand gebracht wird und aus diesem direkt in die Endgeometrie geformt wird (Rheoforging). Das Diagramm (Abb. 10) zeigt den energetischen Vorteil des neuen Verfahrens.

Abb. 10: Vergleich Thixo-/Rheoforging hinsichtlich Energiebedarf

Rheoforging

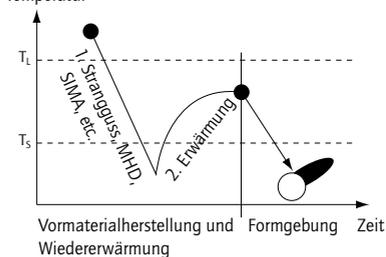
> Formgebung im teilflüssigen, thixotropen Zustand

> Rheoforging: Formgebung aus der flüssigen Phase über den thixotropen Zustand in die feste Form.

Signifikante Energieeinsparung gegenüber Thixoforging.

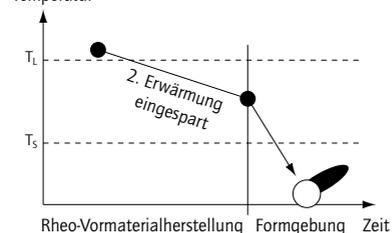
Thixoforging

Temperatur



Rheoforging

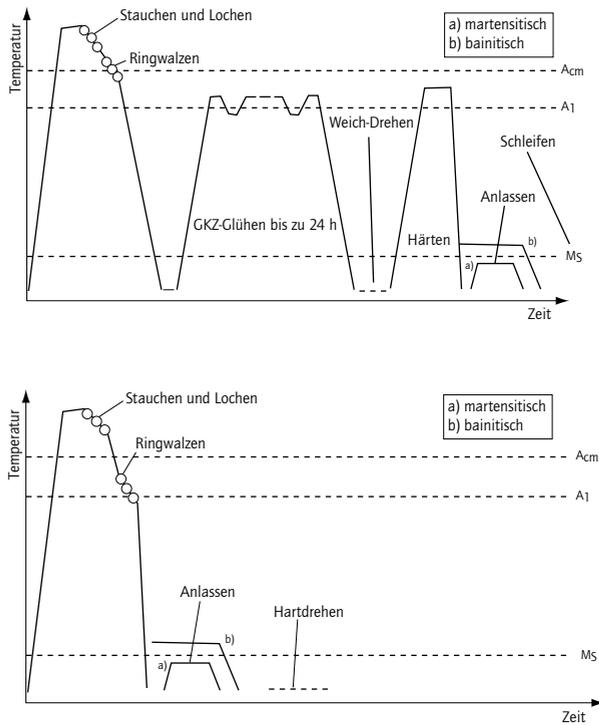
Temperatur



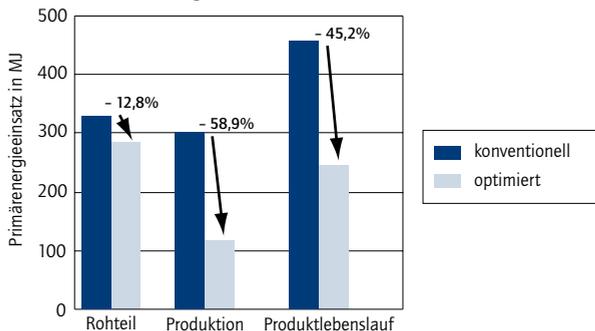
² Vgl. Aichinger 2005, S. 19-32.

Ähnlich verhält es sich beim thermomechanischen Umformen, bei dem Umformen und Wärmebehandlung kombiniert sind und in einem Arbeitsschritt ebenfalls zu deutlichen Energieeinsparungen führen (siehe Abb. 11).

Abb. 11: Energieeinsparung durch Thermomeschanisches Umformen (TMB)



Primärenergieeinsparung durch bainitische Direkthärtung



Ein anderes Beispiel zeigt, dass neue Werkstoffe den Betriebspunkt von Turbinen nach oben verschieben und damit den Wirkungsgrad signifikant erhöhen können. Es handelt sich hierbei um offenporige Werkstoffe, die zu Kühlzwecken eingesetzt werden können (siehe Abb. 12 und 13).

Abb. 12: Dampfturbine mit Positionsangabe für den Einsatz offenporiger Werkstoffe

Offenporige Werkstoffe zur Kühlung von Turbinen

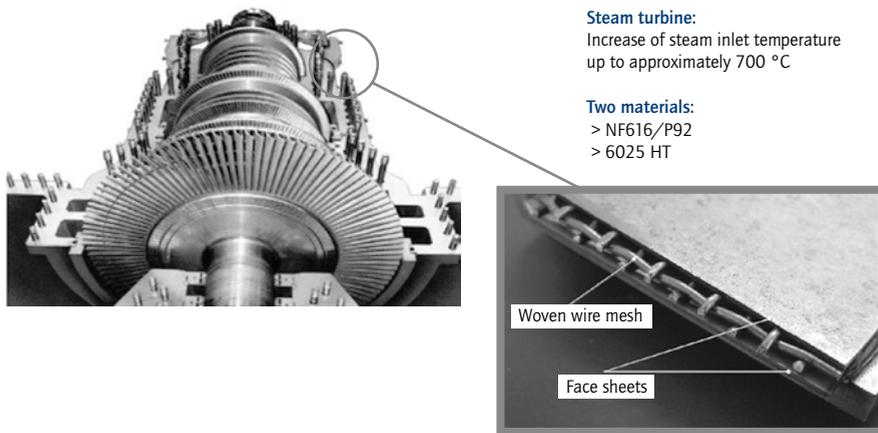
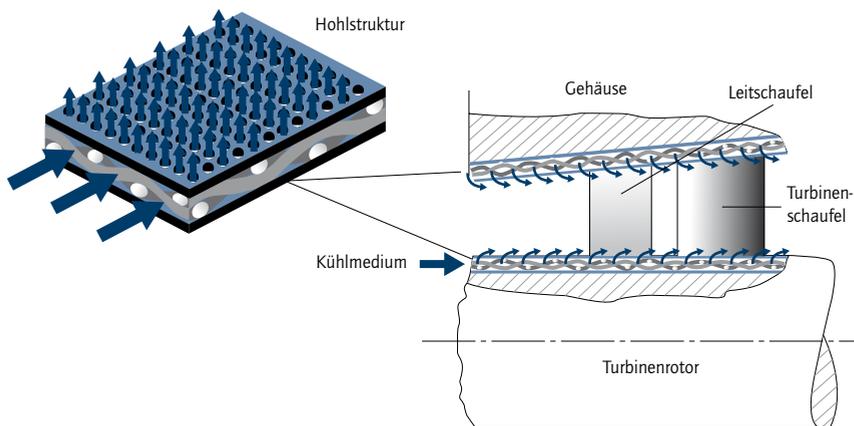


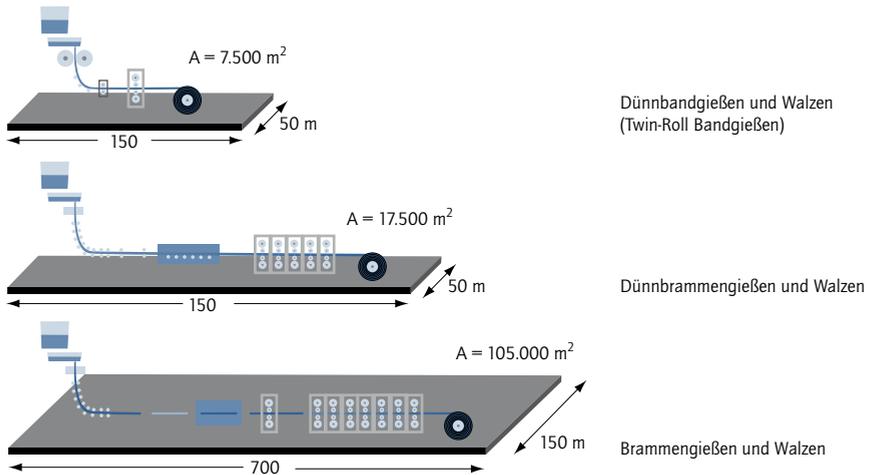
Abb. 13: Einsatzmöglichkeiten von offenporigen Werkstoffen und Strukturen am Gehäuse und Rotor einer Dampfturbine



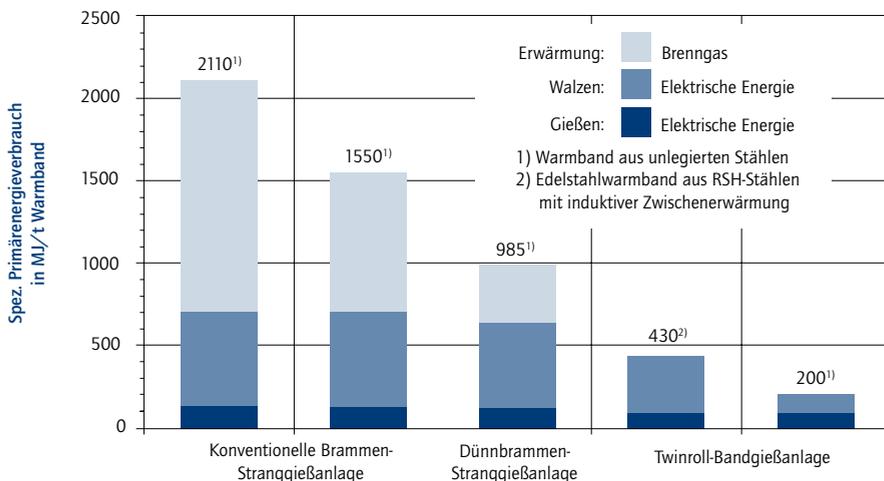
Auch das bereits erwähnte Dünnbandgießen und Walzen stellt eine Quelle für Energieeinsparung dar (siehe Abb. 14).

Abb. 14: Energieeinsparung durch Dünnbandgießen und Walzen

a) verschiedene Stahlband-Herstellungsmöglichkeiten



b) Vergleich Energiebedarf



Einsatztemperatur, °C:	20	600	1080	Walztemperatur
Gießgeschwindigk. m/min:	1,5	1,5	5	60 - 90
Gießdicke, mm:	250	250	90 - 50	3 - 1

Material- und Produktionstechnik sind also Schlüsseltechnologien für positive Beiträge zur Energie- und Umweltsituation. Auch die Forschungs- und Ausbildungslandschaft wird signifikant geprägt durch die Bereiche Werkstoffe und Produktion.

In Deutschland gibt es über 1.000 Produktionswissenschaftler in der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik (WGP), dazu ca. 400 Konstruktionswissenschaftler im Berliner Kreis. Zu ihnen zählen viele Hundert ausländische Wissenschaftler.

Auch unter den Studenten an deutschen Universitäten ist ein großer Anteil in werkstoff- und produktionstechnischen Lehrgebieten eingeschrieben, welchem ebenfalls zu einem großen Teil Ausländer zuzurechnen sind. Deutschland ist also auch in der Ausbildung von Studenten ein attraktiver Standort für den Werkstoff- und Produktionsbereich.

Auf dem Weltkongress in Madras im März 2007 wurde deutlich, welche Anstrengungen gerade die asiatischen Länder unternehmen, um die Anteile am Bildungsmarkt zu erhöhen. In Abb. 15 sind Fakten über die Dynamik des Bildungsmarktes wiedergegeben.³

Abb. 15: Zur Entwicklung des Bildungsmarktes

Zur Entwicklung des Bildungsmarktes

- > globaler Bildungsmarkt nimmt an Bedeutung zu
- > Gesamtsumme Bildungsmarkt weltweit heute 13 Milliarden US-Dollar
 —————> 225 Milliarden in 2020!
- > 2,5 Mio. Studenten studieren jährlich in Übersee, die Anzahl steigt!
- > 2025: 7,5 Mio. Studenten werden voraussichtlich eine Ausbildung außerhalb ihrer Heimatländer anstreben.
- > Englischkurse werden weltweit verstärkt angeboten.
- > Niederlande: mehr als 50 Prozent der Masterkurse sind in englischer Sprache
- > Neuseeland: Internationale Studenten in 1997: 4.000, in 2004: 21.000
- > Japan: Ein Viertel der Studierenden sind ausländische Studenten
- > Der Markt für Online-Kurse wächst rasch, insbesondere in Asien
- > Marktforscher sagen voraus: Der Weltmarkt für das e-learning wird rapide steigen, von 8 Milliarden (2005) auf 26 Milliarden US-Dollar in 2010!
- > In den USA: 65 Prozent der Hochschulen bieten Online-Kurse an, für Studenten weltweit

³ Newsweek 08/2006.

5 FAZIT

Letztlich hängt der Innovationsstandort Deutschland entscheidend von dem verfügbaren Wissen im Material-/Werkstoff- und Produktionsbereich ab. Die meisten Zukunftsbranchen sind von diesen Bereichen signifikant abhängig. Zu ihnen gehören:

- Großraumflugzeuge: Kohlefaser, Alu-Lithiumlegierungen, Titanlegierungen und deren Verarbeitung zu Strukturteilen
- Auto der Zukunft: höchstfeste Stähle und Leichtbaulegierungen (Al, Mg, Kunststoffe) sowie deren Produktionsverfahren; nachwachsende Werkstoffe
- Adaptronik: Funktionswerkstoffe und Herstellungsverfahren
- Mikrosysteme für Mikrofertigungsverfahren Energie, Medizin
- Intelligente Kleidung: Textilien mit integrierter Elektronik

In all diesen Entwicklungen sind neuartige Struktur- und Funktionswerkstoffe gefragt. In vielen Fällen wachsen Struktur- und Funktionswerkstoffe mehr und mehr zusammen.

Der Werkstoff, seine Herstellung und Weiterverarbeitung spielen bei allen zukünftigen Produkten eine dominierende Rolle. Ohne Material/Werkstoffe und Herstellungsverfahren fährt Deutschland in die Deindustrialisierung. Produktion, Design und Research sind bereits auf dem Weg ins Ausland. Eine kreative und gut vernetzte Infrastruktur in Forschung und Entwicklung auf den Kerngebieten unserer Wirtschaft können hingegen dafür sorgen, dass die Schlüsselgebiete in Deutschland bleiben. Die verstärkte Kooperation zwischen Universitäten und Industrie wird in Zukunft in noch größerem Maße ein strategischer Wettbewerbsvorteil für Deutschland sein.

Die Werkstoffingenieur-Ausbildung muss als eine Schlüsseldisziplin in Deutschland attraktiver gestaltet werden. Sie muss zusätzlich zur Ausbildung von Experten für spezielle Bereiche im Betrieb Werkstoffdesign mit Produktdesign verbinden. Dadurch können die Studiengänge für Werkstoffwissenschaften und -technik für deutsche und ausländische Studenten attraktiver werden.

6 LITERATUR

Aichinger 2005

Horst M. Aichinger, Stahlinstitut VDEh: *5. CO₂-Monitoring-Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland für die Berichtsjahre 2000 bis 2003*. URL: http://www.rwi-essen.de/pls/porta130/docs/FOLDER/PROJEKTE/CO2MONITORING/MONITORING_DATAEIEN/FB_STAHL.PDF [Stand: 29.12.2007].

> ERWARTUNGEN AN STUDIENGÄNGE IN MATERIALWISSENSCHAFT UND WERKSTOFFTECHNIK

GÜNTER GOTTSTEIN

1 VORBEMERKUNG

Zur Vermeidung von Missverständnissen sei vorab betont, dass es sich bei diesem Beitrag nicht um verbindliche Vorschriften zur Gestaltung von Studiengängen der Disziplin Materialwissenschaft und Werkstofftechnik handelt. Die Entwicklung von Leitlinien und Anforderungen an entsprechende Studiengänge ist Aufgabe des jüngst gegründeten Studententages „Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“, dem hier nicht vorgegriffen werden soll. Vielmehr sollen im Folgenden aus einem Verständnis der geschichtlichen Entwicklung der Querschnittsdisziplin „Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“ die generellen Erwartungen und Hoffnungen an Studiengänge auf diesem Gebiet formuliert werden.

2 ENTWICKLUNG DER WERKSTOFFORIENTIERTEN STUDIENGÄNGE IN DEUTSCHLAND

Wenn man die Zukunft aktiv gestalten will, lohnt es sich, die Gegenwart sorgfältig zu analysieren und die Entwicklung der gegenwärtigen Situation zu verstehen. Blicken wir 40 Jahre zurück, so geraten wir in eine Zeit, in der die Werkstoffwelt noch geordnet und etabliert war. Es gab den angesehenen Hütteningenieur, der sich um die Prozesse von der Metallgewinnung bis zum Halbzeug kümmerte, und den Werkstoffkundler im Maschinenbau, der um das Betriebsverhalten der Werkstoffe wusste und den richtigen Werkstoff für die gewünschte Konstruktion benennen konnte. Daneben suchten Festkörperphysiker und -chemiker den Grundlagen der Festkörperphänomene auf die Spur zu kommen. Den verschiedenen Ausbildungsrichtungen entsprechend gab es spezifische Industrien, die den Absolventen der Hochschulen eine Karriere in der Wirtschaft ermöglichten, beispielsweise die Hüttenindustrie, den Maschinenbau oder die Halbleiterindustrie.

In den vergangenen 40 Jahren hat sich das industrielle Umfeld und damit auch der Bedarf an Werkstofffachleuten grundsätzlich gewandelt. Die klassische Hüttenindustrie, in den 50er und 60er Jahren Garant für wirtschaftlichen Aufschwung und Stabilität, hat gesamtwirtschaftlich wesentlich an Bedeutung verloren und nur noch einen geringen Bedarf an klassischen Hütteningenieuren. Gleichzeitig entwickelten sich viele

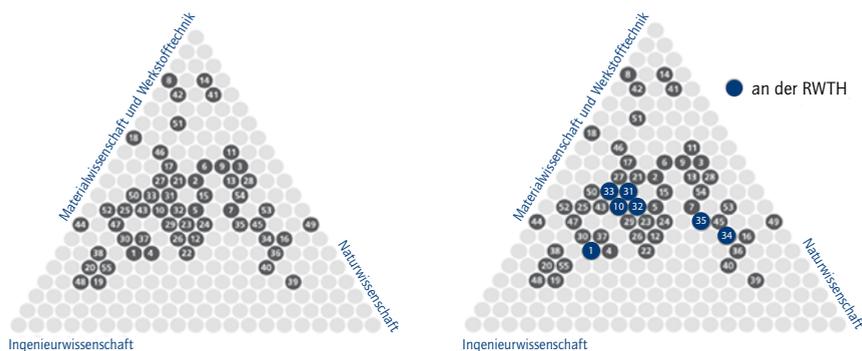
Industriezweige, deren Produkte auf Werkstoffkompetenz beruhten und die Absolventen suchten, die eine Breitbandausbildung in Werkstoffen erhalten hatten. Wie bereits zuvor in den USA wurden die klassischen Werkstoffe Metalle, Glas, Keramik und Kunststoffe nunmehr im Zusammenhang gesehen und Gemeinsamkeiten in ihren Aufbauprinzipien und Eigenschaftsprofilen entdeckt. Der Werkstoffwissenschaftler wurde aus der Taufe gehoben – vielerorts als neues Studienmodell (beispielsweise an der Universität Erlangen), an klassischen Ausbildungsorten (zum Beispiel an der RWTH Aachen) eher als optionale Studienrichtung. Während in den USA praktisch ausnahmslos die klassischen Werkstoffdepartments zu Departments of Materials Science and Engineering zusammengefasst wurden und einen Studiengang unter dem gleichen Namen anboten, ja per Auflage der Akkreditierungsbehörde (ABET) nur mit diesem Namen und nicht anders anbieten durften, hielt sich in Deutschland eine heterogene Ausbildungsszene, deren Vielfalt noch dadurch verstärkt wurde, dass vermehrt auch naturwissenschaftliche Fakultäten mit materialwissenschaftlich geprägten Studiengängen auf den Markt drängten. Diese Heterogenität fand ihren Ausdruck auch in den Bezeichnungen der Studiengänge, die von „Metallurgie“ und „Werkstofftechnik“ über „Werkstoffwissenschaften“ bis hin zur „Materialwissenschaft“ reichten, ohne dass ersichtlich war, worin nun der besondere Unterschied zwischen ihnen lag. Konnten schon die Akademiker sich nicht zu einer klaren Begrifflichkeit durchringen, so darf man nicht erwarten, dass sich in der breiten Öffentlichkeit ein markantes Profil dieser Ausbildungszweige entwickelte. Im Gegenteil: Die Öffentlichkeit konnte mit dem Begriff „Werkstoff“ nichts Konkretes identifizieren; er war und ist in der Gesellschaft praktisch nicht besetzt. Zwar war Fachleuten wie Politikern die Bedeutung der Werkstoffe für unsere heimische Industrie durchaus bewusst, aber es bestand keinerlei Anlass, ein Werkstoffverständnis öffentlich zu propagieren.

In der Mitte der 90er Jahre stürzte die Ausbildung im Ingenieurwesen in eine ernsthafte Krise, als große Industrien zum ersten Mal ihre Experten und „Know-how-Träger“, die Ingenieure, entließen, um kurzfristigen wirtschaftlichen Gewinn zu maximieren. Das traf besonders die Werkstoffindustrien; speziell die großen Stahlwerke entließen langgediente und erfahrene Ingenieure in den Vorruhestand und aufgrund deren Alters ohne Hoffnung auf eine künftige Anstellung, mit dem Ergebnis, dass etwa 50.000 Ingenieure in Deutschland arbeitslos gemeldet waren. Das hatte geradezu ruinöse Konsequenzen für die akademischen Institutionen. Die Anzahl der Studienanfänger für Ingenieurfächer ging dramatisch zurück, teilweise bis auf 20 Prozent der üblichen Zahlen. Die Not bei den werkstofforientierten Studiengängen war besonders groß, brach doch damit das klassische Klientel aus dem Umfeld der Hüttenindustrien nun völlig weg. In ihrer Not stellten viele Werkstoff-Fakultäten ihre Programme um, um ein neues Profil und damit

neue Studenten zu gewinnen. Die Folge war eine Vielfalt von neuen akademischen Angeboten. Begünstigt durch den allgemeinen Trend im Ingenieurwesen wurden damit auch wieder Interessenten für die werkstofforientierten Studiengänge gewonnen, aber ein klares, öffentlichkeitswirksames Ausbildungs- und Berufsprofil wurde damit nicht geschaffen. Die thematische Breite der Werkstoffausbildung in Deutschland spiegelt sich deutlich wider in einer Umfrage der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM), in der Vertreter der werkstofforientierten Studienrichtungen in Deutschland nach den Ausbildungsinhalten gefragt wurden, das heißt welcher Anteil der Lehrveranstaltungen eines Studiengangs jeweils naturwissenschaftlichen, ingenieurwissenschaftlichen oder konkret werkstoffwissenschaftlichen Charakter hat.¹ Das Ergebnis ist in Abb. 1 anhand des charakteristischen Ausbildungsdreiecks wiedergegeben. Die breite Streuung der Punkte und selbst die Vielfalt an einer einzigen Universität, wie der RWTH Aachen (siehe Abb. 2) belegen eindrucksvoll, dass die Materialwissenschaft und Werkstofftechnik eine Querschnittswissenschaft ist und in Deutschland in der akademischen Ausbildung entsprechend multifakultativ repräsentiert wird. Dem entspricht auch der Aufgabenbereich von Werkstofffachleuten in der Industrie.

Abb. 1 (links): Das schoolpool Ausbildungsdreieck wurde von der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde aufgrund einer Umfrage an deutschen Hochschulen erstellt. Die nummerierten Punkte bezeichnen verschiedene materialwissenschaftlich und werkstofftechnisch orientierte Programme. Die Position im Dreieck wird bestimmt durch den Anteil der Lehrveranstaltungen im betreffenden Programm, die den Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und den Werkstoffen zuzuordnen sind. Die große Streuung der Punkte dokumentiert die Heterogenität der Ausbildung in Naturwissenschaft und Werkstofftechnik in Deutschland.

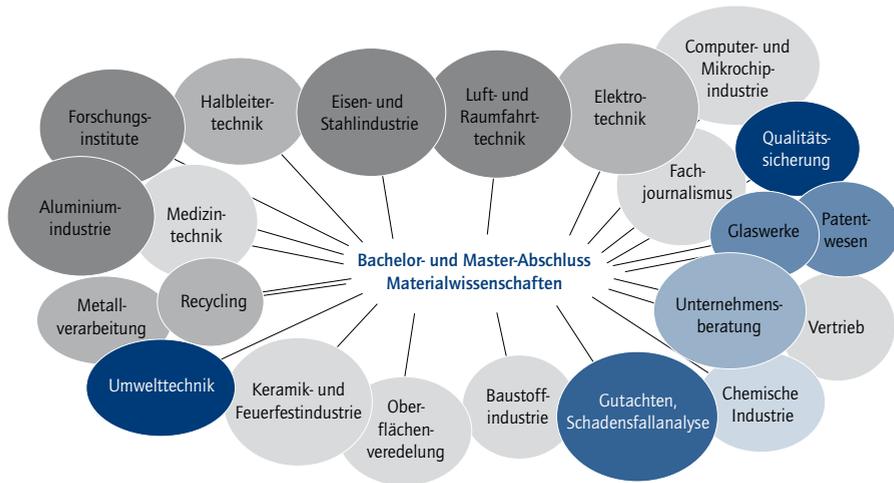
Abb. 2 (rechts): Die verschiedenen Studienschwerpunkte an der RWTH Aachen im Bereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sind hervorgehoben. Die Breite des Ausbildungsspektrums wird bereits an dieser einen Hochschule deutlich.



¹ www.dgm.de/Studien_start.htm.

Es gibt keine klassische Werkstoffindustrie, für die die Hochschulen den Nachwuchs bereitstellen. Allein das Beispiel der Berufsfelder von Absolventen des Instituts für Metallkunde und Metallphysik der RWTH Aachen belegt schon die Vielfalt der beruflichen Möglichkeiten für Materialwissenschaftler und Werkstoffingenieure (siehe Abb. 3).

Abb. 3: Die Berufsfelder von Absolventen, die an der RWTH Aachen Metallkunde, Werkstoffwissenschaften oder Materialwissenschaften studiert haben. Das Berufsspektrum ist ebenso heterogen wie das Ausbildungsangebot und enthält keine dominante Industrie.



3 GENERELLE ANFORDERUNGEN AN STUDIENGÄNGE DER „MATERIALWISSENSCHAFT UND WERKSTOFFTECHNIK“

Aus der geschichtlichen Entwicklung, der gegenwärtigen Situation und den Erwartungen an künftigen Bedarf leiten sich grundsätzliche Anforderungen an die werkstofforientierte akademische Ausbildung ab, die im Folgenden benannt werden.

1. Die Vielfalt braucht ein einheitliches Gesicht, das heißt eine Bezeichnung, die die Breite umschließt und dennoch in der Öffentlichkeit verstanden und positiv besetzt wird. In diesem Zusammenhang war die mehrheitliche Zustimmung der werkstofforientierten Studiengänge und -richtungen im Rahmen der Gründung des Studientages zur einheitlichen Bezeichnung „Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“ (man beachte den Singular) ein kleiner Schritt von großer Bedeutung. Unter diesem Titel kann sich die gesamte Breite der Studienangebote wiederfinden, sei sie werkstoffwissenschaftlich, naturwissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich orientiert. Dass die gewählte Bezeichnung auch für den Dachverband der werkstofftechnisch orientierten Organisa-

tionen (Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, BV Mat-Werk) übernommen wurde, stärkt die neue Identität dieses zergliederten Wissenschaftsfeldes.

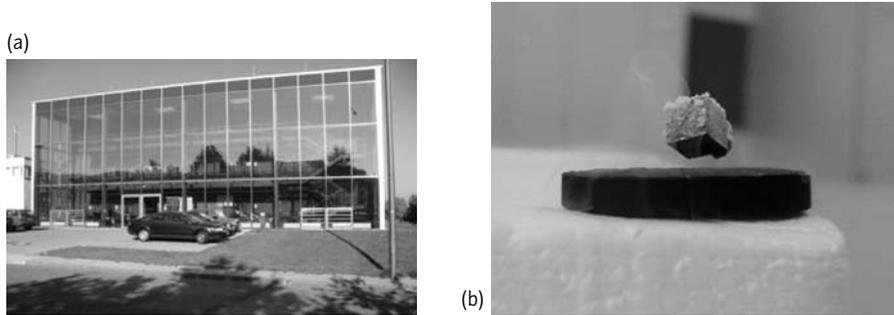
- Die interdisziplinäre Weite möglicher Berufsfelder erfordert eine möglichst breit gefasste Grundlagenausbildung mit hinreichender Tiefe anstatt einer fachorientierten Beschulung zur Vermittlung lexikalischen Wissens (siehe Abb. 4).

Abb. 4: Breites Grundlagenwissen, Selbstständigkeit und Erkennen von Zusammenhängen sind wichtige Merkmale des Studiums einer Querschnittsdisziplin.



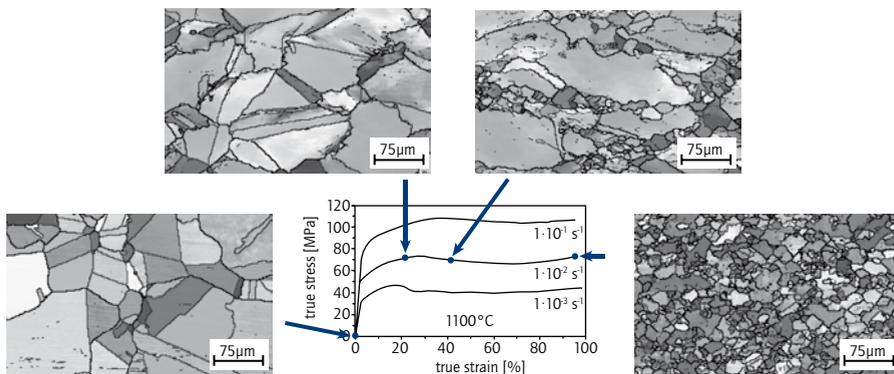
- Die Absolventen werden sich im Laufe ihres beruflichen Werdegangs mit sehr unterschiedlichen Fragestellungen konfrontiert sehen und müssen in der Lage sein, sich in neue Problemfelder schnell einzuarbeiten. Hierzu ist es vorrangig nötig, den Studierenden die Befähigung zum konzeptionellen Denken, zum Erkennen von Zusammenhängen sowie zur Entwicklung von Problemlösungen zu vermitteln.
- Die Breite der Werkstoffpalette muss den Absolventen vertraut sein. Das betrifft nicht nur die übliche Vielfalt der Werkstoffklassen wie Metalle, Glas, Keramik, Halbleiter und Polymere, sondern auch eine ausgewogene Betonung von Konstruktions- (neudeutsch auch Struktur-) und Funktionswerkstoffen (siehe Abb. 5). Qualifizierte Absolventen benötigen ein Grundwissen von beiden Werkstoffgruppen und ein vertieftes Fachwissen in mindestens einer von beiden.

Abb. 5: Glas-Stahl-Konstruktion (Konstruktionswerkstoffe) eines Bauwerks (a) oder Verhalten eines Hochtemperatursupraleiters (Funktionswerkstoff) im Magnetfeld (b) sind zwei gleichwertige Facetten eines Studiums der Materialwissenschaften und Werkstofftechnik.



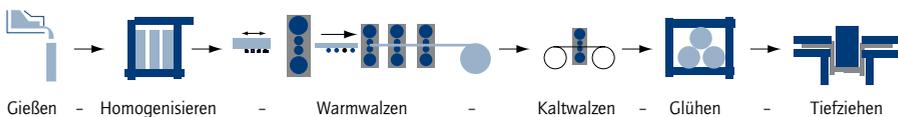
5. Im Vordergrund werkstoffbezogener Fragestellungen steht immer die Frage nach den Werkstoffeigenschaften. Diese sind bekanntermaßen abhängig sowohl von der chemischen Zusammensetzung als auch von der Mikrostruktur, d. h. der inneren Struktur im Hinblick auf die Anordnung von chemischen Elementen und Kristalldefekten (siehe Abb. 6). Die Mikrostruktur-Eigenchafts-Korrelationen beherrschen die Materialkunde des 20. Jahrhunderts und sind heute unverzichtbares Basiswissen eines Studierenden der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik.

Abb. 6: Neben der chemischen Zusammensetzung bestimmt die Mikrostruktur eines Werkstoffs seine Eigenschaften. Die Mikrostruktur wird während der Werkstofffertigung (hier Warmumformung) mit jedem Prozessschritt geändert.



6. Werkstoffe kommen nicht in der Natur vor, sondern müssen gewöhnlich durch viele Prozessschritte hergestellt werden (siehe Abb. 7). Jeder Abschnitt der Prozesskette ändert die Mikrostruktur und damit auch das Eigenschaftsspektrum, das am Ende der Prozesskette anwendungsspezifisch optimiert sein muss. Absolventen der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik müssen mit den Konzepten von Herstellungsprozessen zwecks Fertigung, aber auch zwecks Einstellung von Eigenschaften vertraut sein.

Abb. 7: Die typische Prozesskette zur Herstellung eines Blechs aus einer Aluminiumlegierung besteht aus vielen Prozessschritten. Jeder Schritt beeinflusst die Mikrostruktur und daher die Werkstoffeigenschaften. Die Kenntnis der Herstellungsprozesse ist von gleicher Bedeutung wie das Verstehen von Mikrostruktur-Eigenschafts-Korrelationen.



7. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik fußen auf verschiedenen Disziplinen mit unterschiedlichen Denkweisen. So sind Naturwissenschaftler mehr problemorientiert, Ingenieure dagegen eher lösungsorientiert geschult. Als Querschnittsdisziplin muss Materialwissenschaft und Werkstofftechnik mit beiden Denkweisen vertraut machen und Kommunikation herstellen. Das erfordert eine Konfrontation der Studierenden mit unterschiedlichen Denkmustern.
8. Es ist nicht nur ein spezifisches Merkmal der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, sondern kennzeichnend für sie, dass Studierende und Absolventen offen für Neues und damit mobil sein müssen. Das erfordert ferner die Möglichkeit zur Veränderung. Die Studiengänge müssen deutschlandweit so weit harmonisiert werden, dass ein Ortswechsel zwecks fortgeschrittener Studien möglich ist, zumindest nach dem ersten Abschluss. In gestuften Studiengängen müssen Absolventen mit einem ersten Abschluss (beispielsweise als Bachelor) ungehinderten Zugang zu konsekutiven Studiengängen (zum Beispiel dem Masterstudiengang) erhalten (vertikale Mobilität) und einen zweiten Ausbildungsabschnitt an jeder beliebigen Hochschule mit akademischen Karrierechancen in den Programmen Materialwissenschaft und Werkstofftechnik absolvieren können (Abb. 8). Damit wäre für die Studierenden nicht nur eine Möglichkeit gegeben, unterschiedliche Systeme und Ansichten kennen zu lernen, sondern auch ihre Persönlichkeit zu entwickeln, die mit jeder Einübung in neue Verhältnisse reift.

Abb. 8: Materialwissenschaftlich und werkstofftechnisch orientierte Studiengänge werden an vielen deutschen Hochschulen angeboten. Auch für diese Querschnittsdisziplinen ist eine horizontale Mobilität (Möglichkeit zum Wechsel des Studienorts) und eine vertikale Mobilität (Wechsel vom Bachelor zum Master) von den Hochschulen einzufordern.



4 FAZIT

Zusammenfassend ist daher für materialwissenschaftliche und werkstofftechnische Studiengänge zu fordern:

- eine große Grundlagenbreite bei angemessener Tiefe,
- Vertrautheit sowohl mit Konstruktions- als auch mit Funktionswerkstoffen,
- Kenntnis und Verständnis von Mikrostruktur-Eigenschafts-Korrelationen,
- konzeptionsorientierte Denkfähigkeit,
- Differenzierungsmöglichkeit zwischen naturwissenschaftlichen Grundlagen und ingenieurwissenschaftlicher Anwendung,
- horizontale (Studienort) und vertikale (konsequente Studiengänge) Mobilität.

> WERKSTOFFFORSCHUNG UND INDUSTRIENACHFRAGE AM BEISPIEL ELEKTRONISCHER WERKSTOFFE

ALBRECHT WINNACKER

1 FUNKTIONSWERKSTOFFE ALS MOTOR VON INNOVATIONEN

Nicht nur die in diesem Band in erster Linie betrachteten Konstruktionswerkstoffe, auch die modernen Funktionswerkstoffe sind ein Motor wichtiger Innovationen mit großem Marktpotenzial. Einige Beispiele sollen dies illustrieren:

- a) Auf der Basis der nitridischen Halbleitermaterialien AlN, GaN und InN können seit einigen Jahren auch blaue Leuchtdioden hergestellt werden. Nachdem nun auch die Farbe Blau verfügbar ist, lassen sich durch Farbmischung alle Farben mit Leuchtdioden erzeugen, sodass großflächige farbige Displays, deren Pixel mit Leuchtdioden bestückt sind, verfügbar geworden sind. Insbesondere können auch weiße Leuchtdioden hergestellt werden, indem ein Teil des blauen Lichtes durch einen Leuchtstoff, der der Verkapselung zugesetzt wird, in die Komplementärfarbe Orange umgewandelt wird. Mit der Verwendung von Leuchtdioden für Beleuchtungszwecke bietet sich die Möglichkeit großer Energieeinsparungen.
- b) Die moderne Mikroelektronik wird bekanntlich beherrscht von dem Halbleitermaterial Silizium („Siliziumtechnologie“, „Silicon Valley“ etc.). Das bedeutet aber keineswegs, dass Silizium von seinen physikalischen Eigenschaften her für alle denkbaren Zwecke das beste Halbleitermaterial darstellt. Seine umfassende Nutzung ist in vielen Bereichen lediglich darauf zurückzuführen, dass es in höchster Qualität zu günstigen Preisen verfügbar ist. Für viele wichtige Anwendungen sind andere Halbleitermaterialien sogar dem Silizium auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften überlegen. So bietet zum Beispiel der Halbleiter SiC im Bereich der Hochtemperaturelektronik, der Leistungselektronik und der hohen Frequenzen ein großes Potenzial, das mit der immer besseren Verfügbarkeit des Materials auch zunehmend genutzt werden wird.
- c) Schließlich sind auch im Zusammenhang mit dem Silizium selbst bedeutende Materialinnovationen erzielt worden. Während noch vor wenigen Jahren das Grundmaterial für die Si-Solarzelle vorwiegend aus den „Abfällen“ der Mikroelektronik, also aus dem teureren einkristallinen Si, gewonnen wurde, wird nun

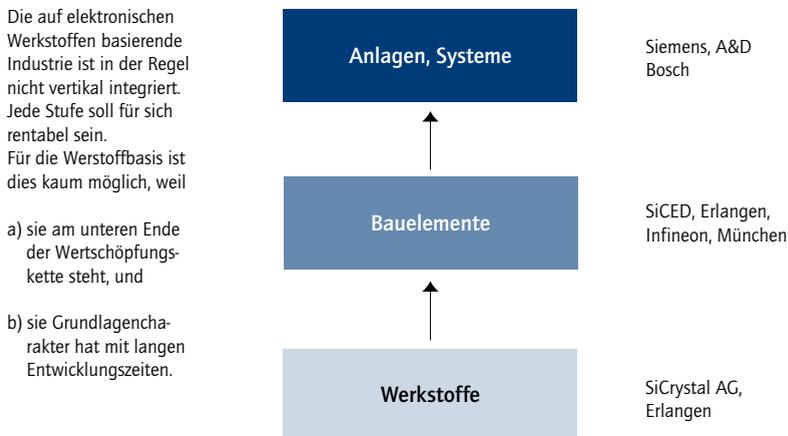
– bei stark steigendem Bedarf – polykristallines Silizium für die Fotovoltaik gro-
technisch zum Beispiel im Blockgussverfahren hergestellt.

Es ist also festzuhalten, dass neue Funktionsmaterialien ein hohes ökonomisches
und ökologisches Potenzial bieten. Ihre Entwicklung stellt aber eine wissenschaftliche
und wirtschaftliche Herausforderung dar.

2 REINE WERKSTOFFENTWICKLUNG IST SELTEN RENTABEL

Jedenfalls im Bereich der Funktionswerkstoffe bildet der Werkstoff in der Regel nur die
unterste Stufe der Wertschöpfung. Abb. 1 stellt dies am Beispiel des Halbleitermaterials
SiC dar.

Abb. 1: Struktur der werkstoffbasierten Elektronikindustrie am Beispiel des Siliziumkarbid



An der Basis der Wertschöpfungskette steht die Herstellung von SiC-Einkristallen
und den daraus geschnittenen Scheiben („Wafern“), wie sie beispielsweise von der Cree
Corporation in den USA und der SiCrystal AG in Erlangen für den Weltmarkt geliefert
werden. Auf der Basis dieses Werkstoffs stellen dann Bauelementlieferanten wie die
SiCED GmbH (Erlangen) oder die Infineon AG Bauelemente wie Schottky-Dioden oder
Schaltelemente für hohe Ströme und Spannungen her. Diese Bauelemente wiederum
können Bestandteile von Systemen in Werkzeugmaschinen, Automobilelektronik und
Antrieben sein, wie sie von großen Systemhäusern wie Siemens und Bosch auf den
Markt gebracht werden. Hier ist in Zukunft mit starkem Einsatz von SiC-Komponenten
zu rechnen.

Das Problem für die Entwicklung der neuen Funktionsmaterialien liegt nun oft darin, dass die Industrie in Deutschland in der Regel nicht entlang der gesamten Wertschöpfungskette integriert ist, wie das beispielsweise in Japan häufig der Fall ist. Vielmehr werden die einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette von getrennten Herstellern abgedeckt. Abb. 2 illustriert exemplarisch die Verhältnisse am SiC-Markt.

Abb. 2: Vergleich eines vertikal integrierten und eines nicht integrierten Unternehmens.
(Texte und Zahlen von der Homepage der Unternehmen)

Cree Corporation, USA	SiCrystal AG, Erlangen
<p>„Crees vertical integration throughout the manufacturing process from crystal growth to device package and test allows total control over all aspects of the production process“.</p> <p>Geschäftszahlen: Umsatz: € 286 Mio Davon: SiC-Wafer: € 16 Mio Leuchtdioden: € 223 Mio Leistungselektronik: € 13 Mio Mitarbeiter: 2578</p>	<p>„SiCrystal produziert und liefert weltweit hochwertige einkristalline SiC-Substrate“ Die SiCrystal AG ist also ausschließlich Waferlieferant</p>

Die Firma Cree Corporation ist Hersteller des Grundmaterials SiC und der darauf basierenden Bauelemente zugleich. Die Firma SiCrystal AG liefert ausschließlich das Grundmaterial, das dann vom Bauelementhersteller und weiter vom Systemhaus genutzt wird. Die Konsequenz dieser fehlenden vertikalen Integration ist, dass die Herstellung auf jeder Stufe rentabel sein soll. Für die Materialentwicklung und -herstellung ist dies aber eine sehr problematische und im Grunde auch sachfremde Forderung. Die Materialherstellung selbst stellt eine Schlüsseltechnologie dar, die in der Regel nur ein kleines Marktvolumen repräsentiert, auf dem unter Umständen ein um Größenordnungen umfangreicherer Markt aufbaut. Insofern ist die Forderung, dass die Materialentwicklung und -herstellung selbst rentabel sein soll, eigentlich unsinnig. Ihre Rentabilität muss aus der Rentabilität der Bauelemente und der darauf aufbauenden Systeme gespeist werden. Hinzu kommt, dass die Materialforschung sich häufig in einem anderen Zeitmaßstab vollzieht als die Produktentwicklung. Sie ist häufig Vorfeld- und Grundlagenforschung von entsprechend langfristigem Charakter.

Es sei am Rande angemerkt, dass unter dem Druck einer schweren Mangelsituation im Bereich der Fotovoltaik die Solarfirmen zu der Erkenntnis gekommen zu sein scheinen, selbst in ihre Materialbasis investieren zu müssen, also eine vertikale Integration vorzunehmen. Die Wacker Chemie AG und die Schott Solar GmbH verkündeten die Gründung von zwei Gemeinschaftsunternehmen zur Herstellung und zum Vertrieb von Silizium-Wafern für die Solarindustrie. 370 Mio. Euro sollen investiert werden. Die Solar World AG, Bonn und die Degussa GmbH haben ein Joint Venture zu Erstellung und Betrieb einer Siliziumanlage gegründet.

3 GRUNDSÄTZE FÜR EINE ZIELGERICHTETE FÖRDERPOLITIK IN DER MATERIAL-F&E

Aus der Tatsache, dass häufig die auf Werkstoffinnovationen basierende Industrie in Deutschland nicht vertikal integriert ist, ergeben sich wichtige Folgerungen für eine Förderpolitik im Bereich der Material-Forschung und -Entwicklung:

1. Da die werkstoffrelevante Industrie im Allgemeinen nicht vertikal integriert ist, muss die Förderpolitik gezielt die Materialbasis einschließen. Sie muss alle Aspekte, also Werkstoff, Bauelement und System umfassen.
2. Der Werkstoff muss als Schlüsseltechnologie gesehen werden, das heißt die Förderung darf sich nicht kurzfristig an Gewinn- und Arbeitsplatzzahlen orientieren.
3. Die Werkstoffforschung muss in besonderer Weise langfristig angelegt sein und Grundlagenforschung mit umfassen.
4. Die Werkstoffforschung benötigt einen zeitlichen Vorlauf vor der Bauelement- und Systementwicklung. In dieser Phase kann die Förderpolitik noch keinen vollen Einsatz von Bauelement- und Systemindustrie erwarten.
5. Die Förderpolitik darf angesichts des explorativen Charakters der Werkstoffforschung nicht vorzeitig auf einen Partner und ein Verfahren setzen. Entgegen der gängigen Förderpolitik ist auf diesem Gebiet Pluralismus gefragt

4 ANSPRECHPARTNER FÜR DIE FÖRDERINSTITUTIONEN

Es ist evident, dass eine sinnvolle Förderung im Bereich neuer Funktionsmaterialien nur aus einem engen Kontakt und Gedankenaustausch zwischen den Förderinstitutionen auf Bundes- und Länderebene einerseits und den Forschungseinrichtungen sowie Industrieunternehmen andererseits entstehen kann. Bei diesem Prozess können die wissenschaftlichen Gesellschaften aus dem Bereich der Materialwissenschaften eine konstruktive Rolle spielen. Unter diesen Umständen wirkt es sich nachteilig aus, dass die bestehenden Gesellschaften diese Funktion im Bereich der Funktionswerkstoffe noch nicht ausreichend wahrnehmen. Dies gilt für die DGM (die Deutsche Gesellschaft für Materialkunde), die einmal „Deutsche Gesellschaft für Metallkunde“ hieß und diesen Hintergrund nicht verleugnen kann. Es gilt auch für den DVM (Deutscher Verband für

Materialforschung und -prüfung), der sich weitgehend den Konstruktionsmaterialien verpflichtet fühlt. Die Funktionswerkstoffe, zu denen die Materialien der Elektrotechnik und insbesondere die Halbleitermaterialien gehören, sind in den materialkundlichen Gesellschaften schwach vertreten. Die kleine Gesellschaft DGKK (Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung) stellt hier eine rühmliche Ausnahme dar, bildet aber nur einen kleinen Ausschnitt aus dieser Szene ab. Angesichts der Schlüsselrolle, die Funktionsmaterialien für die technische Innovation spielen, kann acatech als Koordinierungsstelle hier eine wichtige Vermittlungsfunktion übernehmen, wenn es gilt, die Bedeutung dieser Materialien gegenüber Öffentlichkeit und Förderinstitutionen darzustellen und auf die besonderen Gegebenheiten dieses Technik- und Industriezweigs hinzuweisen.

5 AKADEMISCHE LEHRE

Die materialwissenschaftliche Kompetenz der deutschen Industrie muss auf einer zeitgemäßen akademischen Lehre basieren. Dabei gilt es, sich vor einem nahe liegenden Irrtum zu hüten. Materialwissenschaftliche Kompetenz kann und soll nicht exklusiv in materialwissenschaftlichen Studiengängen erzeugt werden. Anders ausgedrückt: Wir benötigen mehr materialwissenschaftliche Kompetenz, aber nicht notwendig mehr Materialwissenschaftler.

1. Ein Überangebot an materialwissenschaftlichen Studienplätzen entsteht dadurch, dass vielerorts an naturwissenschaftlichen Fakultäten aus der Festkörperphysik heraus ein materialwissenschaftlicher Studiengang aufgebaut wird, um den Wünschen der Studierenden nach einer anwendungsorientierten Ausbildung entgegenzukommen. Günstigstenfalls sind so Studiengänge der „angewandten Naturwissenschaft“ entstanden. Materialwissenschaften sind aber eine Ingenieurwissenschaft und kein Zweig der Physik oder Chemie. Sie gedeihen nur in einem ingenieurwissenschaftlichen Umfeld. Viele Fehlentwicklungen an deutschen Universitäten lassen sich in diesem Sinne analysieren. Es ist offensichtlich, dass von dieser Verwechslung zwischen angewandten Naturwissenschaften einerseits und einer ingenieurwissenschaftlich geprägten Materialwissenschaft andererseits das Gebiet der Funktionswerkstoffe in besonderer Weise betroffen ist. Auf diesem Gebiet geht es um eine Nutzung physikalisch-chemischer Eigenschaften der Werkstoffe für optische und elektronische Bauelemente und Sensorik, sodass eine starke Berührung mit den Naturwissenschaften besteht. Dies hebt aber nicht den Unterschied auf zwischen den naturwissenschaftlichen Fragestellungen einerseits und der Ingenieuraufgabe der Konstruktion neuer Werkstoffe für technische Zwecke andererseits.

2. Materialwissenschaftliche Kompetenz muss vermehrt in die Studiengänge des Maschinenbaus, der Elektrotechnik, des Bauwesens und des Chemieingenieurwesens eingebracht werden. Vertreter dieser Fächer bekennen offen: „Gemessen an den neuen Möglichkeiten arbeiten wir viel zu viel mit den ‚alten‘ Materialien.“ Eine Integration von materialkundlichen Elementen in diese Studiengänge kann hier Abhilfe schaffen. Etwas überspitzt gesagt: Nicht die Studiengänge der Materialwissenschaften, sondern die Studiengänge der anderen Ingenieurdisziplinen sind das Problem, wenn es gilt, unseren Ingenieuren die neuen Materialien in die Hand zu geben!
3. Aus den oben getroffenen Feststellungen ergibt sich die Anforderung: Die akademische Position der Materialwissenschaften zwischen Festkörperphysik einerseits und den benachbarten Ingenieurwissenschaften andererseits muss schärfer definiert werden. Eventuell ist ein „Fakultätentag Werkstoffwissenschaften“ empfehlenswert. Gerade die erwünschte Integration materialkundlicher Kompetenz in die Ingenieurstudiengänge sowie die Abgrenzung zu Studiengängen der angewandten Naturwissenschaften lassen eine solche Instanz im Bereich der akademischen Lehre sinnvoll erscheinen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Mit Blick auf das Gebiet der Funktionswerkstoffe ist also festzuhalten:

1. Auch Funktionswerkstoffe sind ein Motor von technisch und ökonomisch wichtigen Innovationen.
2. Angesichts der Industriestruktur in Deutschland ist eine gezielte Förderung der Material-F&E erforderlich. Ein integrativer Ansatz (nach Art der aktuellen Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung), der nur das System oder allenfalls noch das Bauelement im Blick hat, erfasst die Materialbasis des Innovationsprozesses nur ungenügend und wird daher der Bedeutung der neuen Materialien als Basistechnologie nicht gerecht. Eine wirksame Förderpolitik muss davon ausgehen, dass in der deutschen Industriestruktur die Entwicklung und Herstellung neuer Funktionsmaterialien für Elektronik, Optik und Sensorik in der Regel nicht oder nur nach langer Vorlaufzeit rentabel sein können.
3. Die wissenschaftlichen Gesellschaften im Bereich der Werkstoffkunde sind einseitig auf Konstruktionswerkstoffe ausgerichtet. Hier sind Ergänzungen in der programmatischen Ausrichtung der Gesellschaften erforderlich.
4. Im Bereich der akademischen Lehre ist ein gewisser „Wildwuchs“ bei den materialwissenschaftlichen Studiengängen eingetreten. Zur Klärung empfiehlt sich unter Umständen ein „Fakultätentag Werkstoffwissenschaften“.
5. Bei der Umsetzung dieser Aufgaben kann acatech eine beratende und koordinierende Schlüsselrolle übernehmen.

> WERKSTOFFINNOVATIONEN AM BEISPIEL DER AUTOMOBILINDUSTRIE

MARTIN WEBER

1 EINLEITUNG

Thermoplastische Kunststoffe stellen im Bereich der synthetischen Polymere die mit Abstand wichtigste Stoffgruppe dar. Neben den Bereichen Bau und Verpackung ist der Automobilbau der wichtigste Einsatzbereich für Thermoplaste. Wegen der inhärenten Eigenschaften geringe Dichte, Korrosionsbeständigkeit und leichte Formbarkeit sind Thermoplaste zur Herstellung moderner Fahrzeuge unverzichtbar.

Eine grobe Unterteilung der Thermoplaste ist anhand der Dauergebrauchstemperatur möglich (siehe Abb. 1). Die breite Basis der Thermoplastpyramide stellen die Standardkunststoffe mit einer Dauergebrauchstemperatur von bis zu 90 °C dar. Darauf bauen die Technischen Kunststoffe auf, welche eine Dauergebrauchstemperatur zwischen 90 und 150 °C besitzen. Die Spitze der Pyramide stellen die Hochleistungskunststoffe dar, die eine Dauergebrauchstemperatur von 150 bis 250 °C aufweisen.

Neben den amorphen Produkten Polysulfon (PSU), Polyethersulfon (PES), Polyetherimid (PEI) und Polyamidimid (PAI) gehören die teilkristallinen Produkte Polyphenylensulfid (PPS), Polyetherketon (PAEK) sowie die flüssigkristallinen Polyester (LCP) zu den Hochleistungsthermoplasten.

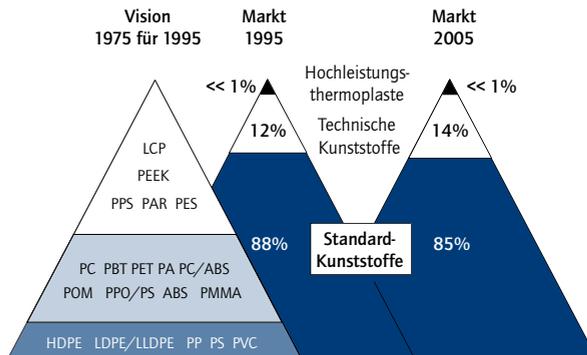
Mit dem Ziel, die Temperaturbeständigkeit der Kunststoffe zu verbessern, wurden die Hochleistungsthermoplaste ab Mitte der 60er Jahre entwickelt. Basierend auf der Erkenntnis, dass durch Einbau von Heteroatomen bzw. aromatischen Einheiten Polymere mit hoher Erweichungstemperatur und thermischer Beständigkeit erhalten werden können, wurde der Einsatzbereich von Thermoplasten durch die neue Stoffklasse der Hochleistungsthermoplaste signifikant erweitert.¹

Dadurch konnten für Polymere Einsatzgebiete erschlossen werden, welche bis vor wenigen Jahren für diese Materialien unerreichbar schienen. Neben der Temperaturbeständigkeit, die gerade bei Anwendungen im Automobil- und Apparatebau sowie in der Elektroindustrie wegen zunehmender Anforderungen bezüglich Langzeitbeständigkeit an Bedeutung gewinnt, spielen Medienbeständigkeit und erhöhte Toleranz gegenüber Last- und Temperaturwechseln auch eine wichtige Rolle für die Einsatzgebiete Medizin, Haushalt und Gastronomie.

¹ Cherdron 1989, S. 181.

Wie in Abb. 1 dargestellt, bestand 1975 die Vision, dass die Hochleistungsthermo-
plaste aufgrund ihrer überlegenen Eigenschaften außerordentlich stark auf Kosten der
damals bereits etablierten Technischen Kunststoffe und Standardkunststoffe wachsen
würden².

Abb. 1: Entwicklung des Marktes für Hochleistungsthermo-
plaste



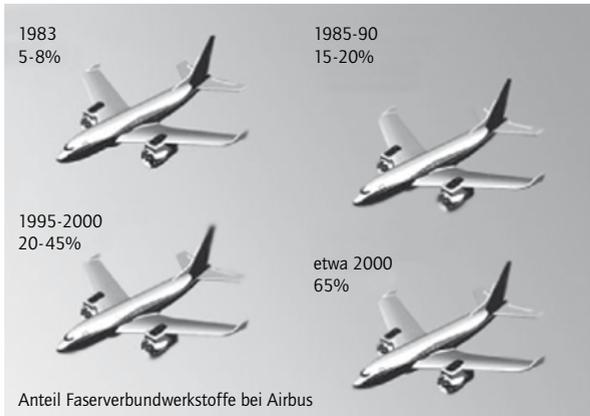
Bereits 1995 war klar, dass diese Vision nicht Wirklichkeit werden würde. Und ob-
wohl die Klasse der Hochleistungsthermo-
plaste seit 1995 überproportional stark wächst,
liegt ihr Mengenanteil am Absatz auch heute noch unter einem Prozent.

Die Ursachen für diese Entwicklung sind vielfältig. Neben den hohen Kosten für
Monomere und Herstellung bei Hochleistungsthermo-
plasten muss auch die ständige
Erweiterung des Leistungspotenzials der Technischen Kunststoffe und Standard-
kunststoffe erwähnt werden. In Kombination mit intelligenter Konstruktion konnten so viel-
fach Hochleistungsthermo-
plaste wieder durch Technische Kunststoffe ersetzt werden.

Ein weiteres interessantes Beispiel für die Fehleinschätzung zukünftiger Märkte stel-
len die Verbundwerkstoffe dar. Noch 1991 bestand die Einschätzung, dass der Anteil der
Faserverbundwerkstoffe im Bereich der zivilen Luftfahrt stark zunehmen würde. Wie in
Abb. 2 dargestellt, wurde erwartet, dass sich der Gewichtsanteil der Faserverbundwerk-
stoffe pro Flugzeug bis zum Jahr 2000 auf 65 Gewerbeprozent erhöhen sollte. Schon
damals wurden als wesentliche Triebfedern dieser Entwicklung die signifikante Gewichts-
reduktion und die damit verbundene Einsparung von Treibstoff diskutiert.

² Warzelhan 2005, S. 291.

Abb. 2: Entwicklung des Marktes für Hochleistungsverbunde: Prognose 1991



Bedingt durch das Wegbrechen lukrativer Märkte im Rüstungssektor und die Krise im Bereich der zivilen Luftfahrt Anfang der neunziger Jahre wurde diese Entwicklung erheblich verzögert. So hat der jüngst in Dienst gestellte Airbus A 380 einen Anteil an Faserverbunden von nur 22 Gewerbeprozent, was weit unterhalb der prognostizierten Werte liegt. Erst mit dem Dreamliner von Boeing, der einen Anteil an Faserverbunden von ca. 60 Gewerbeprozent aufweisen wird, wird die bereits für das Jahr 2000 vorhergesagte Zahl erreicht.

Der weit hinter den Erwartungen zurückgebliebene Markterfolg der Hochleistungsthermoplaste und Verbundwerkstoffe hatte den Rückzug vieler Rohstoffhersteller aus diesen Märkten zur Folge. In diesem Zusammenhang kam es vielfach zu einer Rückbesinnung auf etablierte Produkte und Märkte, wobei für Technische Kunststoffe heute insbesondere der Automobilmarkt im Fokus steht.

2 WERKSTOFFENTWICKLUNGEN FÜR DIE AUTOMOBILINDUSTRIE

Wie bereits erwähnt, stellt die Automobilindustrie eine der größten Anwendungen für Thermoplaste dar. In Mittelklassefahrzeugen beträgt der Anteil an Thermoplasten bereits mehr als 12 Prozent.³ Wesentliche Anreize für die Verwendung von Thermoplasten im Automobilbau sind die einfache und kostengünstige Verarbeitung sowie die Möglichkeiten zur Gewichtseinsparung.

Für das weitere Vordringen der Kunststoffe im Automobil und den Markterfolg als Anbieter von Thermoplasten sind mehrere Kriterien maßgebend. Die erfolgreiche Positionierung eigener Produkte macht umfangreiche Markt- und Prozesskenntnisse erforderlich.

³ Stauber 2000, S. 3.

So gewähren kommerziell verfügbare Datenbanken einen Einblick in die Materialauswahl verschiedener Hersteller. Kenntnisse der Prozessabläufe ermöglichen die Auswahl und Entwicklung geeigneter Werkstoffe. Entscheidend ist dabei die frühe Einbindung in Entwicklungsprozesse, welche nur durch intensiven Austausch mit den Entwicklungsabteilungen der Automobilhersteller und deren Zulieferern möglich ist. Dabei ist sicherlich auch die räumliche Nähe aller Entwicklungspartner in Europa von Vorteil.

Am Beispiel der Entwicklung eines neuen Werkstoffs für thermoplastische Karosserieteile soll dies verdeutlicht werden.

3 ENTWICKLUNG VON THERMOPLASTEN FÜR KAROSSERIETEILE

Obwohl Thermoplaste schon seit mehr als 25 Jahren für Karosserieanwendungen verwendet werden, liegt die Marktdurchdringung bislang unter zehn Prozent.⁴ Daher besitzt dieses Anwendungsgebiet noch ein erhebliches Potenzial für die Hersteller thermoplastischer Werkstoffe.

Als wesentliche Vorteile thermoplastischer Werkstoffe sind neben der geringen Dichte vor allem die einfache Formgebung und die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten zu nennen. Nachteile weisen die Thermoplaste bezüglich Wärmeformbeständigkeit und Dimensionsbeständigkeit auf.

Als Ergebnis einer intensiven Diskussion mit verschiedenen Automobilherstellern zu diesem Thema wurde ein Lastenheft für einen neu zu entwickelnden Werkstoff erstellt. Die Automobilhersteller definierten hier als wesentliche Entwicklungsziele die on-line Lackierbarkeit und Formstabilität im Gebrauch.

Während der on-line Lackierung bereitet vor allem die nach der kathodischen Tauchlackierung (KTL) erfolgende Trocknung Schwierigkeiten. Bei diesem Schritt wird die gesamte Karosse für ca. 30 Minuten auf 180 bis 200 °C erwärmt. Dies stellt für die meisten Thermoplaste ein Ausschlusskriterium dar. Auch bei den bislang verwendeten Produkten treten Dimensionsänderungen auf, die teilweise nicht toleriert werden können. Deshalb werden Kunststoffkarosserieteile oftmals erst nach diesem Trocknungsschritt verbaut (in-line Prozess), was mit zusätzlichen Kosten verbunden ist.

Aber auch während des Gebrauchs, bei Temperaturen zwischen -30 und 80 °C, führt die vergleichsweise hohe thermische Ausdehnung der Thermoplaste zu sichtbaren Dimensionsänderungen, die durch spezielle konstruktive Maßnahmen kompensiert werden müssen.⁵ Da Kunststoffteile meistens in unmittelbarer Nachbarschaft zu Metallteilen verwendet werden, lassen sich dann keine engen Spaltmaße realisieren.

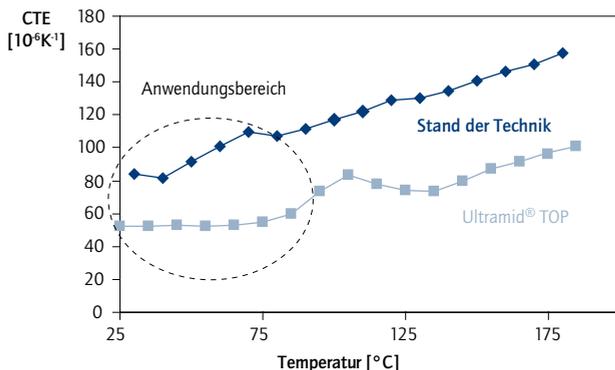
Durch Kombination einer speziellen Polyamidmatrix mit hocheffizienten Füllstoffen und Kautschuk wurde ein neuartiges Produkt entwickelt, welches den Entwicklungszielen Lackierbarkeit und Dimensionsbeständigkeit Rechnung trägt. So liegt die Verformung bei einer Temperaturbelastung von 200 °C deutlich niedriger als bei dem bisher verwendeten Werkstoff.

⁴ Maxwell 1994, S. 93.

⁵ Jakobi 2002.

Wie Abb. 3 zu entnehmen ist, zeichnet sich der neue Werkstoff durch eine deutlich reduzierte thermische Ausdehnung (CTE) im Bereich der normalen Einsatztemperaturen (-30 bis 80 °C) aus. Diese Ergebnisse wurden bereits zu einem frühen Projektstadium mit Automobilherstellern diskutiert.

Abb. 3: Werkstoffentwicklung für die Automobilindustrie: Dimensionsstabilität



Neben diesen Eigenschaften müssen aber auch noch viele weitere Randbedingungen beachtet werden. Ohne ausreichende Fließfähigkeit lassen sich die geforderten Fließwege, zum Beispiel für Kotflügel, nicht erreichen. Außerdem müssen die hergestellten Bauteile gute Steifigkeit und Zähigkeit aufweisen. Die Anforderungen an die Oberflächenqualität der Bauteile sind wegen der nachfolgenden Lackierprozesse ebenfalls hoch.

Im Anschluss an eine intensive Diskussion der Ergebnisse mit Automobilherstellern konnte eine Optimierung der Eigenschaften erreicht werden. Nach der Präsentation des Produkts Ultramid® TOP anlässlich der K´2007 steht jetzt die Übertragung in Serienprojekte an.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Nach der Fehleinschätzung bezüglich des Markterfolgs der Hochleistungsthermoplaste und der Faserverbundwerkstoffe haben sich viele Rohstoffhersteller wieder auf die etablierten technischen Kunststoffe und ihre wesentlichen Anwendungsgebiete wie zum Beispiel den Automobilbau konzentriert. Erfolgsfaktoren für das weitere Vordringen der Thermoplaste sind neben umfangreichen Markt- und Prozesskenntnissen intensive Kundenkontakte zur frühzeitigen Einbindung in neue Entwicklungen. In diesem Zusammenhang muss der Rohstoffhersteller vielfach in der Verarbeitung und Konstruktion die Entwicklung intensiv begleiten, was nur durch interdisziplinär arbeitende Teams möglich ist.

Aufgrund der immer häufiger gestellten Forderung nach Senkung des Treibstoffverbrauchs wird der Anteil der Thermoplaste im Automobilbau weiter zunehmen. Entsprechendes gilt für die Verwendung von Faserverbundwerkstoffen im Bereich der Luftfahrt.

5 LITERATUR

Cherdron 1989

Cherdron, Harald et al.: „Technisch wichtige temperaturbeständige Polymere.“ In: *Chemie in unserer Zeit* 23 (1989), Nr. 6, S. 181-190.

Jakobi 2000

Jakobi, R. SKZ (Hrsg.): „Konstruktive Gesichtspunkte zu Karosserieteilen aus thermoplastischen Kunststoffen.“ In: *Die Kunststoffkarosserie – aktueller Stand und Trends* (SKZ-Fachtagung), Würzburg, 2000 – Tagungsband.

Maxwell 1994

Maxwell, James: *Plastics In The Automotive Industry*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 1994.

Stauber 2000

Stauber, Rudolf „Mit Kunststoff in die Zukunft des Automobilbaus.“ In: *Ingenieur-Werkstoffe* 9 (2000), Nr. 2, S. 3.

Warzelhan 2005

Warzelhan, Volker et al.: "Trends in Industrial Polymer Research." In: *Macromolecular Symposia* 201 (2003), S. 291-300.

> BEDEUTUNG VON ZUKÜNFTIGEN WERKSTOFFEN – MATERIALS FOR A BETTER LIFE

FRANK HEINRICH

1 BEDÜRFNISSE UND MEGATRENDS ALS ANSATZPUNKT

Die Nutzung von Werkstoffen und die mit ihnen verknüpften Technologien orientierten und orientieren sich während der gesamten Menschheitsgeschichte an den Bedürfnissen des Menschen in seinem jeweiligen Umfeld. Um zu überleben, muss der Mensch seinen Intellekt nutzen, um seine Grundbedürfnisse wie die Luft zum Atmen, die Nutzung von Trinkwasser, die Beschaffung von Nahrungsmitteln, die Gewinnung und Nutzung von Wärme (Energie), den Schlaf und die Fortpflanzung über lange Zeiträume sicherzustellen. Im Lauf der Geschichte hat sich die Bedeutung und Gewichtung verändert und weiterentwickelt. In unserer heutigen Gesellschaft haben sich die Grundbedürfnisse abgewandelt in saubere Luft zum Atmen, sauberes Trinkwasser, gesunde Nahrungsmittel, erholsamen Schlaf, eine Klimatisierung der Räume und Sexualität. Aus diesen veränderten Bedürfnissen ergeben sich zwangsläufig Megatrends wie der Wunsch nach Gesundheit und dem sich daraus ableitenden längeren Leben („gesund zu sterben“), dem Bedürfnis, in einer intakten Umwelt zu leben und dem Wunsch, in Freiheit und Sicherheit zu leben. Diese aus den Grundbedürfnissen abgeleiteten Megatrends haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Materialwissenschaften im Allgemeinen und die Firmenstrategie der Heraeus Holding GmbH im Speziellen.

2 SCHWERPUNKTE DER HERAEUS HOLDING GMBH

Diese Megatrends stellen einen wichtigen Aspekt unserer zukünftigen Materialentwicklungen dar, sind aber immer im Zusammenhang mit unseren im Lauf von über 150 Jahren entstandenen Kernkompetenzen im Bereich der (Edel-) Metalle und der Entwicklung von Glas und Keramikwerkstoffen für die Kommunikations-, Halbleiter- und Dentalindustrie zu sehen. Heraeus entwickelt und produziert Werkstoffe und Produkte, die als integraler Bestandteil vieler Geräte das Leben des Menschen erleichtern und den oben genannten Megatrends Rechnung tragen.

Im Heraeus Konzern werden derzeit schwerpunktmäßig Materialien und daraus hergestellte Produkte für die Megatrends „Gesundheit“, „Umwelttechnologie“ und „Freiheit/Sicherheit = Kommunikation und Mobilität“ in weltweit aufgestellten Entwicklungszentren konzipiert, produziert und vertrieben. Im Folgenden seien einige Beispiele für typische Produkte mit materialspezifischem Hintergrund genannt.

2.1 MEGATREND GESUNDHEIT

Heraeus entwickelt und fertigt Elektrodenmaterialien, Gehäuse und Spezialdrähte für die Muskel-Stimulation, die in Herzschrittmachern und Defibrillatoren eingesetzt werden. Als Materialien werden für diese Anwendung korrosionsbeständige Platinwerkstoffe (Pt, PtIr-Legg.), Refraktärmetalle und deren Legierungen (Ti (Gr.4), Ta, Nb, NbZr) eingesetzt. Zusätzlich kommt Oberflächentechnologie zum Einsatz, um zum Beispiel die Impedanz zwischen der Elektrode und dem Gewebe abzusenken.

Für den Dentalbereich fertigt Heraeus die gesamte Spannbreite biokompatibler Materialien, Edelmetall-, Kobalt- und Nickel-Basis-Legierungen, Keramiken (Silikatkeramik, Zirkonoxid), Polymere und deren Komposita sowie Verfahrenstechnologie, die es dem Zahnarzt und Zahntechniker ermöglichen, qualitativ hochwertigen und ästhetischen Zahnersatz zu fertigen.

2.2 MEGATREND UMWELT

Eines der weltweit wichtigsten Themen ist die Bereitstellung von sauberem Trinkwasser. Im Rahmen dieser Technologie entwickelt und produziert Heraeus UV-Strahler zur Wasserentkeimung, dem letzten Schritt der Wasserreinigung in einer Trinkwasseraufbereitungsanlage. Hierbei kommen neuartige Materialien zum Einsatz, die die Lebensdauer und Effizienz der Strahler verbessern.

Heraeus liefert weltweit Katalysatoren, basierend auf den Edelmetallen Platin, Rhodium und Palladium, für Verbrennungsmotoren zur Luftreinhaltung, Mehrstufenkatalysatoren in Form von Netzen zur selektiven Lachgas-Zerstörung bei der Düngemittelproduktion und Sputtermaterialien sowie Edelmetall-Dickfilmpasten für die Fotovoltaikindustrie. Die in vielen Industriezweigen wachsende Rückgewinnung von Rohstoffen hat ihr Vorbild in der seit Jahrhunderten praktizierten Edelmetall-Rückgewinnung. Ohne dieses Recycling wären viele Produkte wie zum Beispiel Festplatten in der heutigen Menge nicht herstellbar, da hier unter anderem das seltene Ruthenium zum Einsatz kommt.

2.3 MEGATREND FREIHEIT UND SICHERHEIT (SOWIE KOMMUNIKATION UND MOBILITÄT)

Ohne hochreines Quarzglas, eines der Schlüsselmaterialien unserer hochtechnisierten Gesellschaft, gäbe es nicht die heutzutage von fast jedermann nutzbaren Kommunikationsmöglichkeiten und die nahezu grenzenlose Mobilität.

Synthetisches Quarzglas ist eines der Schlüsselmaterialien für die Herstellung von Linsen für die Nanolithografie in der Halbleiterindustrie (Stepper) und ebenfalls für die effiziente Herstellung von Lichtleitfasern für die Datenübertragung.

Die in großen Schritten voranschreitende Miniaturisierung von Festplatten wäre ohne die Pulvertechnologie nicht denkbar. Hier spielen Target-Materialien auf der Basis von Kobalt-Chrom-Platin-Titandioxid eine wichtige Rolle, mit deren Hilfe die hohen

Speicherkapazitäten erreicht werden. Last but not least sind eine Elektronik ohne Bondwires zur Verbindung der Chips mit dem Frame, Edelmetallpasten für Waferbumping-Prozesse etc. nicht denkbar. Es gäbe schlichtweg keine i-Pods, Blackberries und Handys, an die wir uns so gewöhnt haben.

3 HERAUSFORDERUNGEN DER ZUKUNFT

Systemkompetenz: Neben der Kernkompetenz der Materialentwicklung und Herstellung spielt das Wissen über das Gesamtsystem eine zunehmend wichtige Rolle und wird zukünftig unverzichtbar sein. So lässt sich das geeignete Sputtertarget für eine moderne Festplattenschicht nur dann erfolgreich entwickeln, wenn die gesamte Datenträgerschicht und das Zusammenspiel mit dem Lesekopf und der Elektronik verstanden sind. Ähnliches gilt auch für Flüssigkeitskristalle für LCD-Anwendungen.

Lokale F&E-Center: Die neuen Märkte in Asien erfordern lokale Kompetenz im Bereich Forschung und Entwicklung, da ansonsten am Kunden vorbei entwickelt wird. Auch diesem Trend müssen wir uns stellen und können nicht beanspruchen, dass die zukünftigen Entwicklungszentren in Deutschland verbleiben und die Produktion an einem anderen Ort in der Welt stattfindet. Wir müssen daher auch im F&E-Bereich globaler und vernetzter denken und die bereits vorhandenen Netzwerke von Deutschland und Europa auf Asien ausdehnen.

Fokussierung der Förderpolitik – Stärken stärken: In einigen Bereichen „ist der Zug“ längst „abgefahren“ und Deutschland steht nicht mehr an der Spitze der Materialtechnologie. In anderen Bereichen haben wir aber immer noch eine hervorragende Position und – das erscheint mir besonders wichtig – auch eine Industrie, die die Ansätze der Forschung aufgreifen kann. Die Boston Consulting Group hat hierzu eine Studie mit dem Titel „*Innovationsstandort Deutschland – quo vadis?*“ erstellt, die diese „starken Gebiete“ sehr gut herausarbeitet.¹ Ich plädiere daher für eine 80:20-Regel, das heißt: 80 Prozent der Fördergelder sollten explizit nur in die zukunftsorientierten Projekte fließen, bei denen eine Chance besteht, dass sie im Nachhinein von der deutschen Industrie aufgenommen werden können und zu marktreifen Produkten führen. Mit solch einer fokussierten Steuerung der Fördermittel ließe sich eine wirklich tief gehende Forschung in Deutschland organisieren. 20 Prozent der Gelder könnten dann für Projekte aufgewendet werden, die nicht unter diesen Fokus fallen.

¹ http://www.bcg.com/publications/files/BCG_Studie_Innovationsstandort_Deutschland_-_quo_vadis_03Jan07.pdf.

> BEDEUTUNG DER WEITERENTWICKLUNG ETABLIERTER WERKSTOFFE

PETER DAHLMANN/DIRK BARTELS

1 EINLEITUNG

Werkstoffe bestimmen unseren Alltag. Stahl, Aluminium, Titan, Kunststoffe und Keramik sind Basis fast aller industriellen Produkte. Viele bahnbrechende Innovationen wären ohne die ständigen Weiter- und Neuentwicklungen von Werkstoffen nicht möglich. Werkstoffinnovationen sind eine Voraussetzung für Produkt- und Prozessinnovationen und dienen somit als Innovationsmotor in nahezu allen Branchen wie zum Beispiel:

- Automobilindustrie
- Bauindustrie
- Chemietechnologie
- Elektronik, Elektrotechnik
- Energietechnik
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Luft- und Raumfahrt
- Marine Systems
- Maschinen- und Anlagenbau
- Medizintechnik

Zusätzlich unterstreichen folgende Zahlen und Zusammenhänge die Rolle von Werkstoffinnovationen als Innovationsmotor:

- Etwa 70 Prozent aller technischen Innovationen der westlichen Industrieländer hängen direkt oder indirekt von den Eigenschaften der verwendeten Materialien ab.¹
- Allein der Anteil der Produktion von Werkstoffen macht deutlich mehr als zehn Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung in Deutschland aus.
- Die werkstoffbasierten Branchen in Deutschland erzielen zusammen mit etwa fünf Mio. Mitarbeitern einen jährlichen Umsatz von nahezu einer Billion Euro.²

¹ Vgl. BMBF 2007, S. 53.

² Vgl. ebenda.

2 BEISPIELE FÜR WERKSTOFFINNOVATIONEN

Ein großer Teil der Werkstoffinnovationen besteht allerdings nicht aus völlig neuen Materialien, sondern ist das Ergebnis konsequenter Weiterentwicklung von etablierten Werkstoffen.

2.1 METALLISCHE WERKSTOFFE

Im Bereich der metallischen Werkstoffe können zum Beispiel Edelstahlbleche inzwischen mit einer neuen Beschichtung „Silver Ice® UV“ behandelt werden, die vor Fingerabdrücken auf der Oberfläche schützt und so das Erscheinungsbild des Edelstahls bewahrt sowie eine dauerhafte Oberflächenästhetik gewährleistet.³ Die behandelten Bleche lassen sich dann hervorragend für Fahrkartenautomaten- und Aufzugsverkleidungen oder für Haushaltsgeräte einsetzen.

Ein anderes Beispiel kommt aus der Aluminiumindustrie. Hier ist es durch kontinuierliche Weiterentwicklung gelungen, Aluminium-Folien auf Dicken kleiner als sieben µm zu walzen, sodass diese gas- und lichtundurchlässigen Folien heutzutage in vielen Lebensmittelverpackungen eingesetzt werden können.

Auch im Bereich der Energietechnik gibt es durch die Weiterentwicklung metallischer Werkstoffe ganz neue Lösungsansätze. So wird möglicherweise zukünftig Lithiumeisenphosphat als Kathodenmaterial in neuen Hochleistungsbatterien zum Einsatz kommen. Es weist gegenüber dem meist verwendeten Kathodenmaterial Lithiumkobaltoxid vor allem unter Kostenaspekten erhebliche Vorteile auf. Darüber hinaus ist es besonders umweltfreundlich und sicher, da es nicht toxisch ist und keine Explosionsgefahr der Batterien durch Überhitzung besteht.⁴

Eine andere Werkstoffinnovation aus dem Bereich der Energietechnik ist die Entwicklung eines neuen supraleitenden Energiekabels, mit dessen Hilfe schon bald geringere Verluste bei der Energieverteilung realisiert werden könnten. Der Effekt der Hochtemperatursupraleitung benötigt jedoch Temperaturen unterhalb von -180 °C, die durch die Kühlung mit flüssigem Stickstoff erreicht werden. Für eine optimale Isolierung sorgen hierbei eine aluminiumbedampfte Kunststoffolie und Vlies zwischen den Wellrohren sowie das Evakuieren des Zwischenraums.⁵

2.2 NICHT-METALLISCHE WERKSTOFFE

Bei den nicht-metallischen Werkstoffen wurden unter anderem durch die Weiterentwicklung von Kunststoffen neue Anwendungen möglich. In der Bauindustrie sind zum Beispiel moderne Sportstätten mit ausgefallenem Design wie das imposante neue Fußballstadion in München oder die Sportstätten für die olympischen Spiele 2008 in China ohne den Einsatz innovativer Materialien überhaupt nicht denkbar. Gerade die großflächigen und transparenten Dachkonstruktionen, die einerseits Leichtigkeit symbolisieren, andererseits für natürliche Helligkeit in den Stadien sorgen, wären ohne Hightech-Kunststoffe wie dem transparenten Polycarbonat Makrolon nicht zu realisieren.⁶

³ Vgl. Papaicovou 2005.

⁴ Vgl. Süd-Chemie 2005, S. 6.

⁵ Vgl. O.V. 2007a.

⁶ Vgl. O.V. 2007b.

Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik sind moderne Kunststoffe mit Nanopartikeln für kratzfeste Handygehäuse nahezu unersetzbar. Durch den Einsatz neuer elektrolumineszenter Folien aus Kunststoff, die sich beliebig umformen lassen und unter elektrischer Spannung leuchten, lassen sich neuartige Anwendungen in der Konsumgüterindustrie realisieren wie zum Beispiel von innen beleuchtete Handtaschen. Aber auch andere nicht-metallische Werkstoffe eröffnen neue Dimensionen. So sind Flüge des Spaceshuttles ins Weltall ohne Hitzeschutzkacheln aus keramischen Verbundwerkstoffen nicht vorstellbar.

Ein neuer Trend ist die Weiterentwicklung von Verbundwerkstoffen durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe wie Flachs-, Hanf- und Jutefasern in einer duroplastischen Matrix eines auf Pflanzenölen basierenden Harzes. Aus diesen so genannten Bio-Verbundwerkstoffen lassen sich inzwischen industrielle Produkte wie Schutzhelme herstellen.⁷

So genannte Smart Materials zeigen auch im Bereich der nicht-metallischen Werkstoffe den Weg in die Zukunft. Durch ihren Einsatz lassen sich zum Beispiel mithilfe der Adaptronik unerwünschte Schwingungen bei Sportgeräten oder im Automobilbau ausgleichen.

3 WACHSENDE ANFORDERUNGEN AN MODERNE WERKSTOFFE

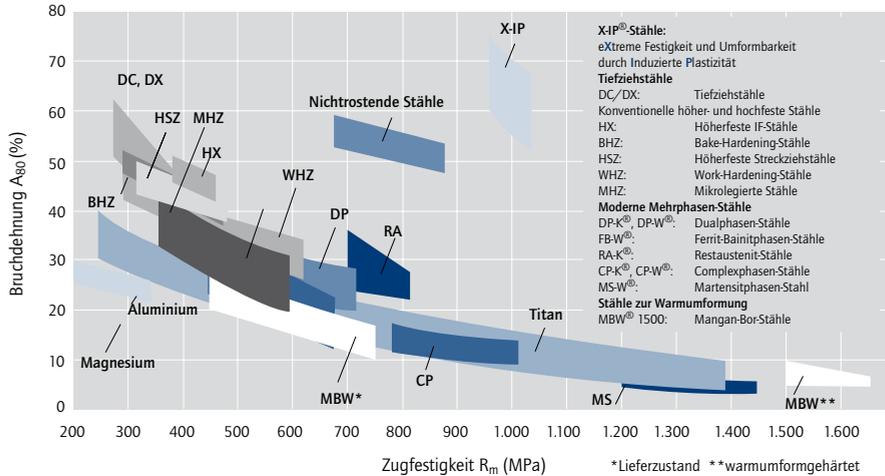
An moderne Werkstoffe werden vielfältige Anforderungen gestellt, die die Rahmenbedingungen für die Werkstoffentwicklung vorgeben. In vielen Fällen stehen diese Anforderungen sogar im Widerspruch zueinander. Dies wird besonders in der Automobilindustrie bei den Werkstoffen für den Karosserieleichtbau deutlich. So bedeuten zum Beispiel zunehmende Festigkeiten, die von den Original Equipment Manufacturer (OEM) gewünscht werden, in der Regel eine verminderte Umformbarkeit. Zunehmende Legierungsgehalte zur Steigerung der Festigkeit und/oder der Umformbarkeit können außerdem die Schweißbarkeit beeinträchtigen und die Kosten erhöhen. Damit steht die Stahlentwicklung vor einem Zielkonflikt, und eine optimale Lösung kann in diesem Spannungsfeld häufig nur in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden gefunden werden.

Die Stahlindustrie sieht sich deshalb als Partner der Automobilindustrie und hat fortlaufend neue Stahlkonzepte entwickelt, die hohe Festigkeit mit guter Umformbarkeit kombinieren. Die Auflösung des Zielkonfliktes wurde technisch durch die Kombination von bewährten Stählen, die laufend optimiert werden sowie mit einem steigenden Anteil an neuen Stählen erreicht.⁸ Mit diesen neuen Werkstoffen lässt sich auch mit Stahl effektiver Leichtbau umsetzen. In Abb. 1 sind die Bruchdehnung als Maß für die Umformbarkeit und die Zugfestigkeit als Richtwert für die Festigkeit von modernen Stählen und anderen Werkstoffen wie Magnesium und Aluminium aufgetragen.

⁷ Vgl. Niehues 1999.

⁸ Vgl. Jaroni 2004.

Abb. 1: Eigenschaften moderner Stähle und anderer Werkstoffe



Hinzuweisen ist hier vor allem auf die Mehrphasenstähle, die sich durch eine wesentlich höhere Festigkeit bei guter Umformbarkeit auszeichnen. Diese Stähle werden bereits heute vermehrt im Automobilbau eingesetzt.

Zukünftig wird sich dieser Trend durch die so genannten X-IP[®] Stähle noch verstärken. Dieser, sich derzeit noch in der Entwicklung befindende, neue Stahltyp ist zugleich sehr leicht, extrem stabil und besonders dehnungsfähig. Damit eignen sich diese hochfesten, supraduktilen Leichtbaustähle vor allem für die Fahrzeugindustrie.⁹

3.1 ENTWICKLUNG DER MEHRPHASENSTÄHLE

Anhand der Entwicklungsgeschichte der Mehrphasenstähle lässt sich sehr gut die ständige Weiterentwicklung etablierter Werkstoffe aufzeigen.

In Abb. 2 sind das Gefüge und die daraus resultierenden Eigenschaften eines klassischen weichen, warmgewalzten Stahles dargestellt. Ein solcher Werkstoff weist einen niedrigen Kohlenstoffgehalt und ein ferritisches Gefüge auf, das relativ grobkörnig ist. Dieser Stahl besitzt eine niedrige Festigkeit und eine hohe Dehnbarkeit, was anhand des abgebildeten Spannungs-Dehnungs-Diagramms gut zu erkennen ist. Durch diese Eigenschaften ist der Stahl sehr gut umformbar.

⁹ Vgl. ThyssenKrupp Steel 2005, S. 88.

Abb. 2: Gefüge und Eigenschaften eines weichen, warmgewalzten Stahles

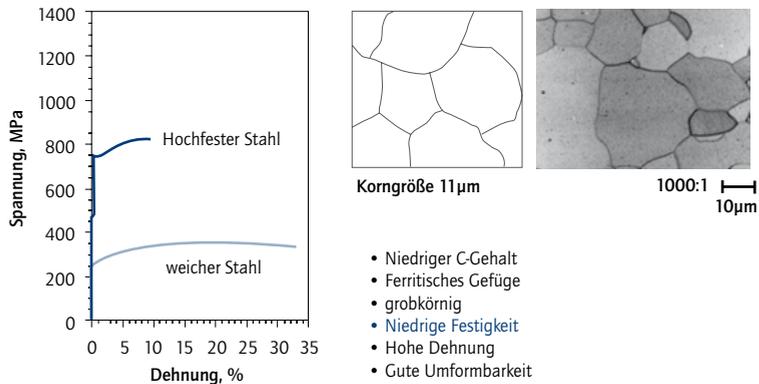
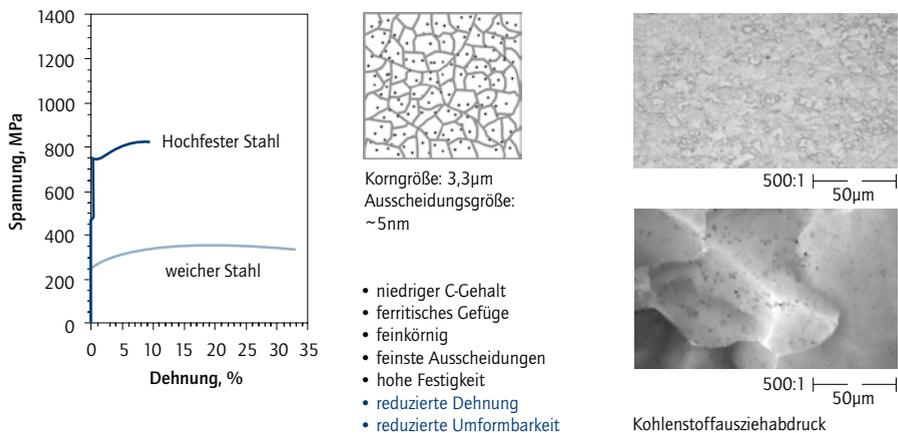


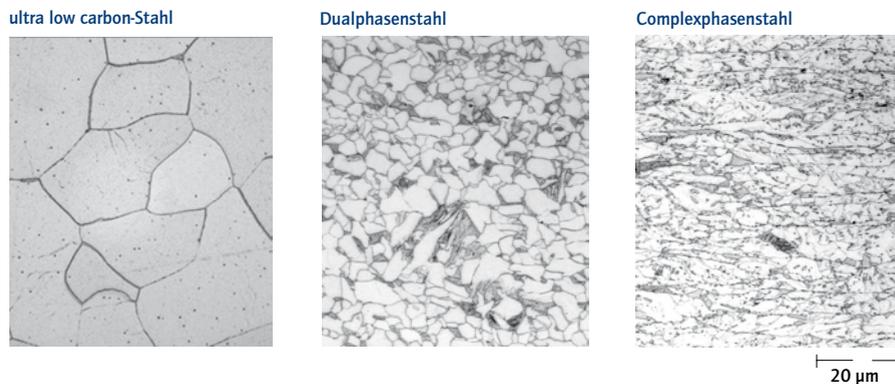
Abb. 3 zeigt ebenfalls einen Stahl mit einem rein ferritischen Gefüge. Durch das Zulegieren von Molybdän und Titan in Verbindung mit einem thermomechanischen Walzprozess wurde hier jedoch eine Verringerung der Korngröße von 8-10 µm auf 3,5 µm erreicht. Es liegt außerdem eine hohe Anzahl von feinen Ti-Mo-Ausscheidungen vor, die eine Größe von maximal 5 nm aufweisen. Diese beiden Effekte, Kornfeinung und Ausscheidungshärtung, führen zu einem extremen Anstieg der Streckgrenzen auf über 700 MPa. Die gesteigerte Festigkeit des Werkstoffes geht allerdings mit einer Abnahme der Dehnungswerte und somit mit einer reduzierten Umformbarkeit einher.

Abb. 3: Gefüge und Eigenschaften eines hochfesten Stahles



Wie man an diesem Beispiel erkennen kann, ist das Gefüge eines Stahles in hohem Maße verantwortlich für seine Eigenschaften. Aufgrund dieser Tatsache kommt der gezielten Einstellung von speziellen Gefügen bei der Stahlentwicklung eine große Bedeutung zu. Der Trend geht zu immer komplexeren Gefügeeinstellungen und vor allem zu Mehrphasenstählen, was erhöhten Forschungs- und Entwicklungsaufwand mit sich bringt. Um diese Tendenz zu veranschaulichen, sind in Abb. 4 die Gefügebilder eines Einphasen-, eines Dualphasen- und eines Complexphasenstahls einander gegenübergestellt.

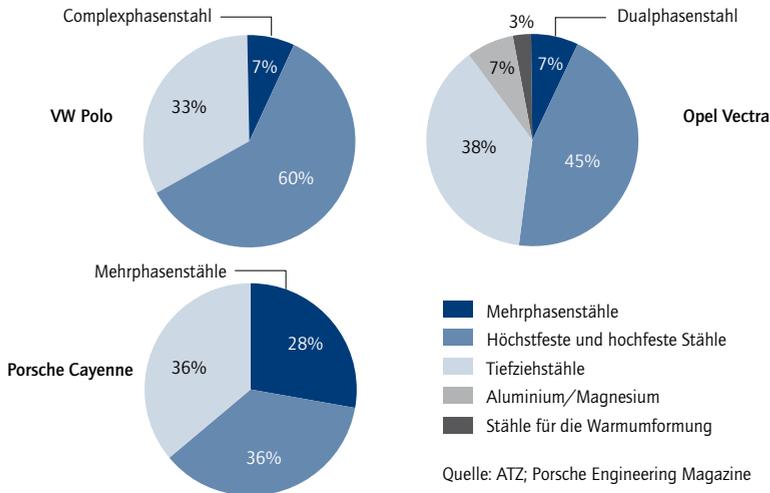
Abb. 4: Stahlgefüge – Träger der Stahleigenschaften



zunehmende Komplexität und feinere Struktur im Gefügebau

Wie Abb. 5 erkennen lässt, nehmen die Mehrphasenstähle aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften im modernen Leichtbau eine immer bedeutendere Rolle in der Automobilindustrie ein. Am eindrucksvollsten kann man dies beim Porsche Cayenne erkennen, bei dem mittlerweile mehr als ein Viertel der eingebauten Stähle aus der Gruppe der modernen Mehrphasenstähle kommt.

Abb. 5: Anteil von Mehrphasenstählen in aktuellen Kraftfahrzeugen



3.2 ALTERNATIVE MÖGLICHKEITEN DES LEICHTBAUS

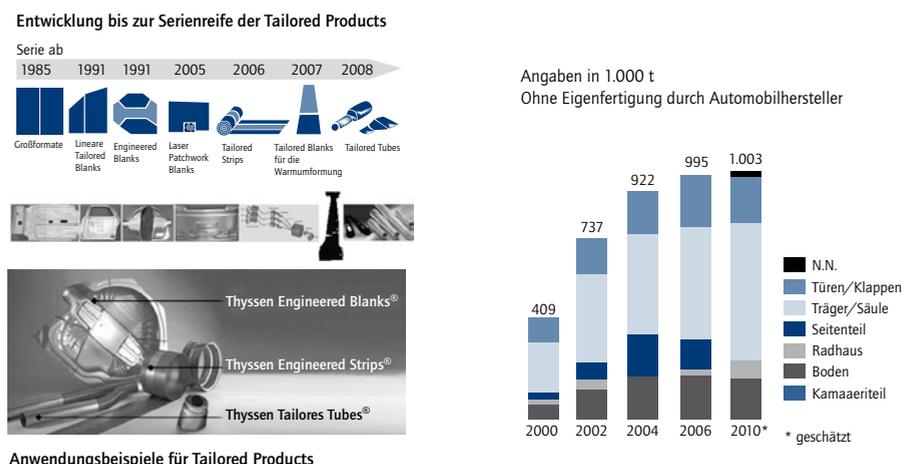
Leichtbau funktioniert in der Automobilindustrie jedoch nicht nur über den gezielten Einsatz neuer Werkstoffe, sondern kann auch über andere innovative Wege umgesetzt werden. Ein Musterbeispiel für innovative Anwendungen der Lasertechnologie sind zum Beispiel die so genannten Tailored Products, die von ThyssenKrupp zur Serienreife entwickelt wurden. Die Vorteile der Tailored Products bestehen insbesondere darin, dass, abgestimmt auf die jeweiligen Einsatzbereiche, Einzelbleche aus unterschiedlichen Stahlgüten, Dicken und mit verschiedenen metallischen Überzügen miteinander verschweißt werden. Dadurch ist eine Optimierung hinsichtlich der Festigkeit und somit des Gewichtes des Bauteiles, aber auch hinsichtlich der Umformbarkeit oder des Energieaufnahmevermögens im Crash möglich.¹⁰

Die Erfolgsgeschichte der Tailored Products ist eng verbunden mit der Lasertechnik. Denn nur mithilfe der modernen Laserschweißanlagen war der rasante Aufstieg dieser Produkte in der Automobilindustrie möglich. Links oben in Abb. 6 ist dargestellt, wie sich die Nahtverläufe der Laserschweißnähte und somit die Tailored Products verändert haben. Konnten 1985 nur großformatige Platinen mit geraden Schweißnähten hergestellt werden, so ist es seit einigen Jahren möglich, Bleche – so genannte Engineered Blanks – mit kurvenförmigen Schweißnähten oder Patchwork Blanks, bei denen nur punktuell das Grundmaterial verstärkt wird, herzustellen. Die neueste Variante, die seit letztem Jahr im Serieneinsatz ist, sind die Tailored Strips. Hierbei handelt es sich um Coils mit Laserschweißnahtlängen von rund 400 Metern entlang zweier Stahlbänder unterschiedlicher Güte, Dicke oder Beschichtung. Zukünftig ist der Serieneinsatz von Tailored

¹⁰ Vgl. Korves 2003.

Tubes® geplant, wodurch die Vorteile der Tailored Products auch beim Innenhochdruck-Umformverfahren genutzt werden können. Der Erfolg der Tailored Products ist in der rechten Darstellung von Abb. 6 anhand des europäischen Marktvolumens der letzten Jahre sichtbar. Im Jahr 2006 wurden bereits knapp eine Mio Tonnen Tailored Products geliefert und ein Ende des Wachstums, wenn auch in abgeschwächter Form, ist nicht abzusehen.

Abb. 6: Entwicklungsgeschichte und Anwendungsbeispiele von Tailored Products



3.3 KONZEPTSTUDIEN ZUM THEMA LEICHTBAU

Die beiden vorgestellten Wege des Leichtbaus, weiterentwickelte Werkstoffe wie Mehrphasenstähle und maßgeschneiderte Bauteile wie Tailored Products, hat ThyssenKrupp konsequenterweise auch in seiner Studie NSB® NewSteelBody umgesetzt. Mit dieser Studie hat ThyssenKrupp seinen Wandel vom Werkstofflieferanten zum Systempartner und Solutionprovider mit großem Know-how im Bereich der Werkstoffe sowie der Fertigungsverfahren unterstrichen und völlig neue Wege beschritten.¹¹ Durch eine Profilbauweise ist es gelungen, das Gewicht einer bestehenden, serientauglichen Karosseriestruktur um 24 Prozent zu reduzieren und die Kosten dabei nur marginal zu steigern.¹² Darüber hinaus sind beim NSB® NewSteelBody moderne Fügetechniken wie Laserschweißen, Kleben sowie das form- und kraftschlüssige DAVEX®-Verfahren zum Einsatz gekommen. Insbesondere bei den beiden letztgenannten Verfahren ist auch die Kombination von völlig unterschiedlichen Werkstoffen wie zum Beispiel Stahl und Kunststoff denkbar. Trotz Einsatzes modernster Werkstoffe und Fügetechnologien wurde eine nahezu kostenneutrale Umsetzbarkeit bei mindestens gleicher Crashesicherheit nachgewiesen.

¹¹ Vgl. Adam 2004.

¹² Vgl. Osburg 2004.

Aufgrund der großen Resonanz auf diese Studie hat ThyssenKrupp sich entschieden, diesen Weg weiterzugehen und deshalb das Projekt InCar gestartet. Unter diesem Titel werden der NSB-Gedanke neben der Karosserie auch auf andere Bauteile, zum Beispiel Fahrwerk, Antriebsstrang und Lenksysteme, ausgeweitet und die Automobilkompetenzen aller Konzernunternehmen vernetzt. InCar wird einen Lösungsbaukasten für die Automobilindustrie liefern, in den die OEM ihre Problemstellungen im Rahmen von gemeinsamen Workshops mit einbringen können. Es ist geplant, erste Ergebnisse dieses innovativen Projektes auf der IAA 2009 vorzustellen. Beide Konzepte sind in Abb. 7 kurz dargestellt.

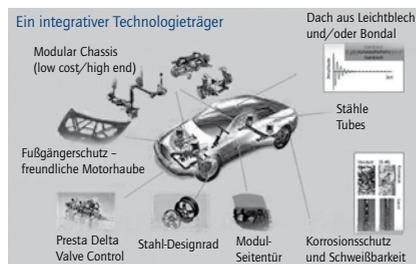
Abb. 7: Leichtbaukonzepte für ressourceneffizientere Autos

NSB® NewSteelBody



- 24% Gewichtsreduktion in der Rohkarosserie
- Nahezu kostenneutrale Umsetzbarkeit
- hohe Crashesicherheit

InCar



- Vernetzung des Know-hows aller Konzernunternehmen mit Automobilkompetenz
- Ideen- und Lösungspool für Karosserie, Fahrwerk und Antriebsstrang
- Entwicklung von Teilen, Baugruppen und Systemen
- Startschuss: IAA 2007, Ergebnisse: IAA 2009

4 POSITION DEUTSCHLANDS IM WERKSTOFFBEREICH

Wie die angesprochenen Beispiele zeigen, ist Deutschland im internationalen Vergleich sowohl im wissenschaftlichen als auch im industriellen Werkstoffbereich insgesamt schon heute gut aufgestellt. In einer Studie der Boston Consulting Group werden den neuen Werkstoffen sogar überdurchschnittliche Wachstumsraten von mehr als fünf Prozent zugerechnet und der relative Weltmarktanteil Deutschlands liegt laut dieser Studie im Werkstoffbereich sogar bei etwa 35 Prozent.

Die Stärken Deutschlands liegen unter anderem:

- in den Werkstoffherstellungsprozessen und in speziellen Verfahren wie beispielsweise den Beschichtungstechniken;
- im Bereich der forschungsintensiven Güter, die eine hohe Relevanz für die Materialentwicklung haben;

¹³ Vgl. BCG 2006, S. 60.

- in der institutionellen Materialforschung an Hochschulen und Universitäten;
- in der außeruniversitären Materialforschung, die beispielsweise bei den großen Forschungsgesellschaften wie der Fraunhofer- und der Max-Planck-Gesellschaft sowie bei der Leibniz- und Helmholtz-Gemeinschaft durchgeführt wird.

Im internationalen Vergleich zeigt Deutschland aber auch einige Schwächen im Werkstoffbereich:

- Die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft muss weiter ausgebaut werden.
- Es herrscht jetzt schon ein Mangel an geeigneten Ingenieuren und Naturwissenschaftlern, der sich voraussichtlich weiter zuspitzen wird.
- In einigen Bereichen, wie zum Beispiel bei den Werkstoffen für die Elektronikindustrie, hat Deutschland seine ehemalige Vormachtstellung verloren. Dies hängt damit zusammen, dass diese Branchen der produzierenden Industrie Deutschland weitestgehend den Rücken zugekehrt haben.

Um die Rolle der Werkstoffe stärker in den Fokus des öffentlichen Interesses zu rücken und um die gute Stellung Deutschlands in diesem Bereich zu sichern bzw. auszubauen, hat die Industrie unter Führung von ThyssenKrupp im Rahmen der ehemaligen Initiative „Partner für Innovation“ den so genannten „Impulskreis Werkstoffinnovation“ ins Leben gerufen, dem sich etwa 25 Unternehmen, Verbände und Vereine sowie wissenschaftliche Institutionen angeschlossen haben. Seit Beendigung der Initiative „Partner für Innovation“ wird der Impulskreis Werkstoffinnovation unter der BDI-Initiative „Innovationsstrategien und Wissensmanagement“ fortgeführt.

Die Bundesregierung hat die Bedeutung von Werkstoffen ebenfalls erkannt und verfolgt das Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit wichtiger deutscher Industriebranchen mithilfe innovativer Werkstofftechnologien auszubauen. Hierzu sind in der Hightech-Strategie insgesamt 420 Mio. Euro für die Forschungsförderung in diesem Bereich vorgesehen.¹⁴

4.1 ZUKÜNFTIGE HERAUSFORDERUNGEN IM WERKSTOFFBEREICH

Nach Ansicht des Impulskreises Werkstoffinnovation muss es Intention sein, Deutschland in den Bereichen Werkstoffentwicklung und -produktion zu einem weltweiten Benchmark zu machen. Die Hauptzielsetzungen zur Erfüllung dieser Intention sind in Abb. 8 zu sehen. Es sollen neue Werkstoffe mit hoher Multifunktionalität entwickelt werden, Multiskalenmodellierung und -simulation im Werkstoffbereich erfolgreich eingeführt werden sowie die Time-to-market für neue Werkstoffentwicklungen drastisch verkürzt werden.

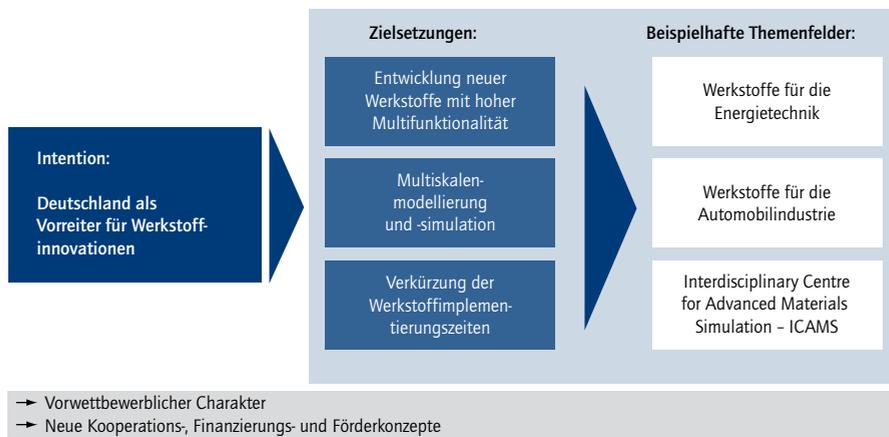
Beispiele für heutige und künftige Herausforderungen im Werkstoffbereich werden in diesem Beitrag anhand der Themenfelder „Werkstoffe für die Energietechnik“ und

¹⁴ Vgl. BMBF 2006, S. 95.

„Werkstoffe für die Automobilindustrie“ aufgezeigt. Gerade in diesen Bereichen sind Werkstoffinnovationen auch zur Erreichung der deutschen Ziele im Klimaschutz von elementarer Bedeutung. Zur Erreichung dieser Ziele wird künftig in großem Ausmaß die Werkstoffsimulation beitragen; deshalb wird in diesem Beitrag auch das Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS) vorgestellt.

Der vorwettbewerbliche Charakter der genannten Themenfelder ermöglicht und erfordert enge unternehmensübergreifende Kooperationen mit Wissenschaft und Politik. Ganz im Sinne der Innovationsfähigkeit sollte dabei auch über neue Kooperations-, Finanzierungs- und Förderkonzepte nachgedacht werden.

Abb. 8: Herausforderungen im Werkstoffbereich



4.1.1 WERKSTOFFE FÜR DIE ENERGIETECHNIK DER ZUKUNFT

Im Bereich der Energietechnik spielen Werkstoffe entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der Exploration der Rohstoffe über den Transport und die Lagerung dieser Ressourcen bis zur eigentlichen Energieerzeugung, eine wesentliche Rolle. Insgesamt werden Bauteile und Komponenten in der Energietechnik großen Beanspruchungen ausgesetzt. Das heißt, die Werkstoffe, aus denen diese Bauteile und Komponenten gefertigt werden, müssen höchsten, teilweise widersprüchlichen Anforderungen gerecht werden. In Zukunft werden die Anforderungen an die entsprechenden Werkstoffe in der Energietechnik bezüglich

- Temperatur,
- Druck,
- Festigkeit,
- Verarbeitbarkeit sowie
- Korrosions- und Verschleißbeständigkeit

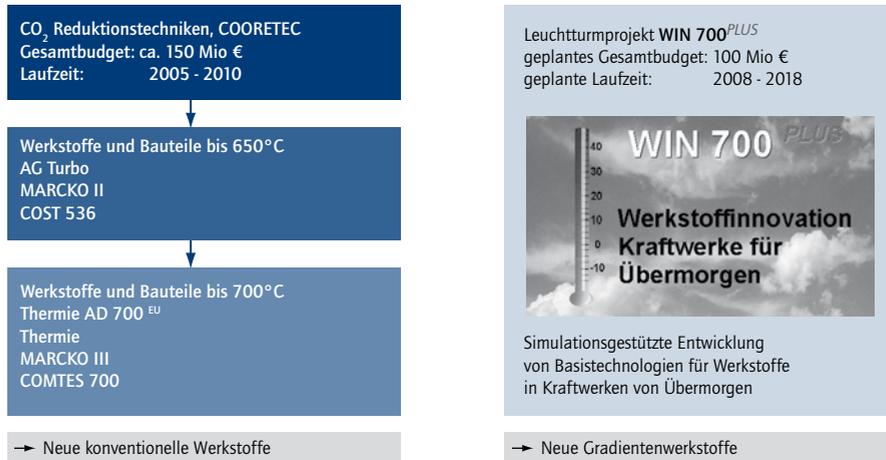
tendenziell noch steigen.

Bei der Energieerzeugung mittels fossil befeuerter Dampfkraftwerke ist die Zielsetzung einer Wirkungsgraderhöhung und somit einer gleichzeitigen Reduzierung der freigesetzten Schadstoffemissionen beispielsweise nur über eine Steigerung der Dampftemperaturen auf mindestens 700 °C möglich. Als Antwort auf die gestiegenen Anforderungen im Werkstoffbereich für Kraftwerke mit höherem Wirkungsgrad wurde deshalb vor einigen Jahren das Leuchtturmprojekt „CO₂ Reduktionstechnologien, COORETEC“ initiiert, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert wird. Ziel dieses laufenden Projektes ist die Entwicklung von neuen konventionellen Werkstoffen, die diesen Betriebstemperaturen standhalten.¹⁵ Ergänzend zu diesem wichtigen und erfolgversprechenden Ansatz wird in diesem Beitrag ein weiteres Forschungsvorhaben mit dem Namen „WIN 700^{PLUS}“ vorgestellt. Die Rahmendaten zu diesen beiden Vorhaben sind in Abb. 9 einander gegenübergestellt.

Ziel des neuen Innovationsbündnisses WIN 700^{PLUS}, dem Partner entlang der gesamten „Wertschöpfungskette Energie“, also wissenschaftliche Institutionen, Werkstoffhersteller, Maschinen- und Anlagenbauer sowie Kraftwerksbetreiber, angehören werden, ist die simulationsgestützte Entwicklung von so genannten Gradientenwerkstoffen. Aus diesen Werkstoffen, die, angepasst an die Belastungen im Betrieb, mit fließenden Übergängen zusammengesetzt sind, sollen homogene Bauteile, wie zum Beispiel für Hochdruckdampfturbinen, unter Verzicht auf Fügeverfahren hergestellt werden. Diese maßgeschneiderten Komponenten sind hinsichtlich ihrer Eigenschaften optimiert auf die Beanspruchungen im Kraftwerk zugeschnitten und werden die angestrebten Temperatur- und Wirkungsgraderhöhungen ermöglichen. Neue Gradientenwerkstoffe mit anforderungsgerechten Werkstoffeigenschaften würden eine optimierte Werkstoffausnutzung zum Beispiel bei der Konstruktion von Hochdruckdampfturbinen erheblich vereinfachen. Innerhalb solcher Turbinen herrschen extreme Temperatur- und Druckunterschiede zwischen Dampfeinlass und Dampfauslass, weshalb momentan unterschiedliche Hochleistungswerkstoffe für einzelne Komponenten einer solchen Turbine eingesetzt und zusammengefügt werden müssen.

¹⁵ Vgl. BMWi 2007.

Abb. 9: Projekte zum emissionsarmen/emissionsfreien fossil befeuerten Kraftwerk



4.1.2 WERKSTOFFE FÜR DIE AUTOMOBILINDUSTRIE DER ZUKUNFT

Die derzeitigen, gesamtgesellschaftlich geführten Diskussionen über dringend erforderliche Maßnahmen zum globalen Klimaschutz sowie aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit einer nachhaltigen Verbesserung der Energieeffizienz unserer Transportmittel. In der Automobilindustrie wird daher unter anderem die Entwicklung von multifunktionalen Werkstoffen für ressourceneffiziente Fahrzeuge in Leichtbauweise angestrebt.

Das von namhaften OEM und Zulieferern unterstützte Leuchtturmprojekt „Light to Future Market“ fokussiert materialübergreifend auf die Entwicklung neuartiger multifunktionaler Werkstoffe mit gezielt einstellbaren Eigenschaftsspektren etwa hinsichtlich Festigkeit, Steifigkeit, Akustik, Korrosion, Haptik, Optik, Sensorik und Aktorik. Am Beispiel antizipierter Technologieträger des Fahrzeugbaus soll generisch das Potenzial zukünftiger umweltgerechter Materialentwicklungen, die sich derzeit noch im Stadium der Grundlagenforschung befinden, aufgezeigt und deren Durchbruch in die Anwendung eingeleitet werden.

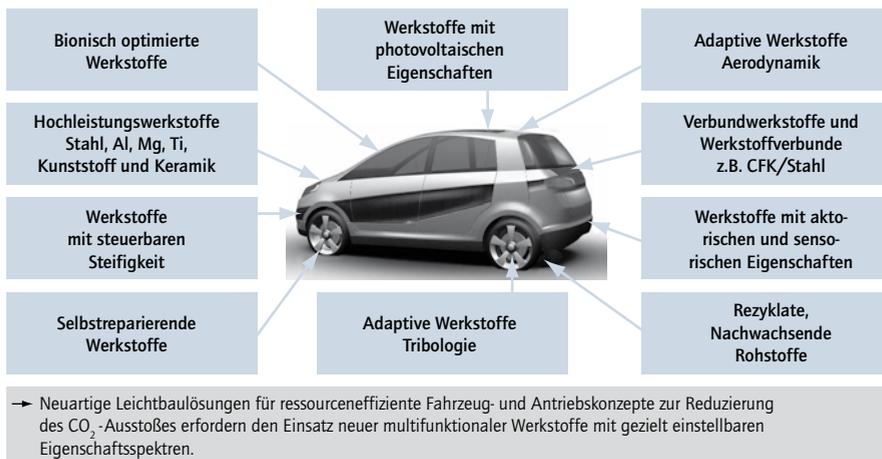
Vielversprechende Themenfelder, die dabei identifiziert wurden, sind in Abb. 10 dargestellt. Diese multifunktionalen Werkstoffe werden aber nur dann zur Innovation, wenn sie in marktfähige Produkte eingesetzt werden. Daher muss neben der Entwicklung beanspruchungsgerechter Leichtbauwerkstoffe mit hoher Funktionalität die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet werden. So müssen werkstoffspezifische energie- und materialeffiziente Fertigungs- und Montageprozesse ebenso erarbeitet werden wie werkstoff-, fertigungs- und recyclinggerechte Bauweisen für Leichtbaukonstruktionen.

Das geplante Leuchtturmprojekt mit einem Gesamtbudget von ca. 50 Mio. Euro bei einer Laufzeit von fünf Jahren verknüpft das wissenschaftlich-technische Know-how namhafter Forschungspartner der deutschen Automobil- und Zulieferindustrie und das des Materialforschungsverbundes Dresden e.V. mit mehr als 2.000 universitären und außeruniversitären Materialwissenschaftlern mit dem des koordinierenden Instituts für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden.

Dieses Projekt hat Pilotcharakter für den ressourcenschonenden Fahrzeugbau und soll aufzeigen, auf welchen Gebieten Forschungsbedarf besteht. Auch nach Ablauf dieses Pilotprojektes wird die deutsche Industrie die hier entwickelten Lösungsansätze nachhaltig vorantreiben, um sie als Öko-Hightechprodukte zu deutschen Exportschlägern zu machen.

Neben dem breiten Anwendungsspektrum dieser Lösungsstrategien im Bereich des gesamten Fahrzeugbaus (Pkw und Nutzfahrzeuge) bestehen außerdem branchenübergreifend vielfältige Synergien für unterschiedliche Bereiche wie Schienenfahrzeugbau, Flugzeugbau, Schiffbau, Landmaschinen- und Fördertechnik sowie Maschinen- und Anlagenbau.

Abb. 10: Multifunktionale Werkstoffe für den ressourceneffizienten Automobileichtbau



4.1.3 INTERDISCIPLINARY CENTRE FOR ADVANCED MATERIALS SIMULATION (ICAMS)

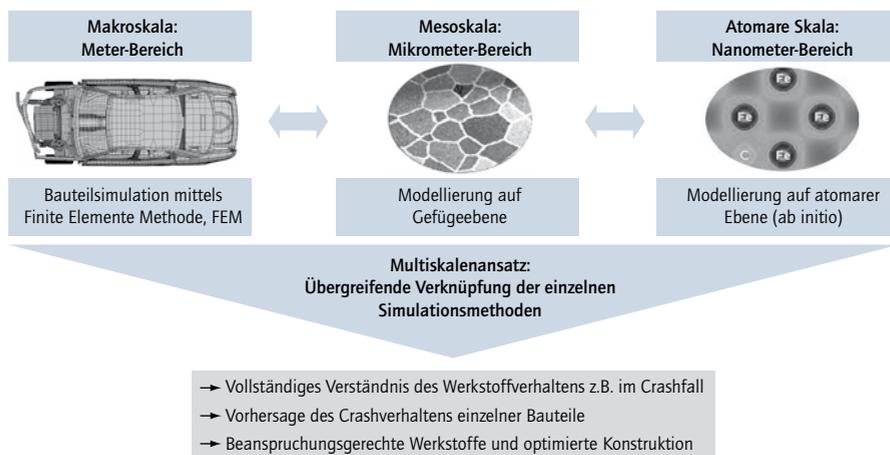
Für die Werkstoffentwicklung im Allgemeinen, insbesondere aber auch für die hier erwähnten, neu zu entwickelnden Werkstoffe sowie zur Beschleunigung der Zeiten bis zur Markteinführung dieser Werkstoffe kommt der Simulation eine wachsende Bedeutung

zu. Daher wird das Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS), das durch den Impulskreis Werkstoffinnovation initiiert wurde, an der Ruhr-Universität Bochum die Expertise der RWTH Aachen und des Düsseldorfer Max Planck Instituts für Eisenforschung bündeln.¹⁶ Mit finanzieller Unterstützung verschiedener Industrieunternehmen und der öffentlichen Hand wird in Public-Private-Partnership eine Institution mit Leuchtturmwirkung geschaffen.

Ziel dieses interdisziplinär zusammengesetzten Instituts ist es, eine Brücke zwischen der atomaren und der sichtbaren Welt zu schlagen. Durch Multiskalensimulation ausgehend von der atomaren Skala über die Gefügebene bis zur makroskopischen Ebene soll das Verhalten von Bauteilen im Einsatz verstanden und vorhergesagt werden können. Auf dieser Basis können künftig neue Werkstoffe beanspruchungsgerecht entwickelt und unter optimierter Konstruktion eingesetzt werden.

Die einzelnen Simulationsmethoden werden zwar heute schon eingesetzt; allerdings ist der Multiskalenansatz von ICAMS, der in Abb. 11 dargestellt ist und bei dem diese einzelnen Simulationsmethoden verknüpft werden, noch relativ neu und so bisher in Deutschland und in Europa kaum umgesetzt worden. Ansätze dazu existieren bereits in den USA und in Japan, sodass der Handlungsbedarf groß ist.

Abb. 11: Multiskalensimulation im Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS)



In dem Zentrum werden Physiker, Chemiker, Mathematiker und Ingenieure interdisziplinär zusammenarbeiten. Gleichzeitig werden sie als Hochschullehrer für die Ausbildung eines neuen Typus' von Werkstoffingenieuren sorgen, der das Handwerkzeug der Physik ebenso beherrscht wie die Entwicklung neuer Stähle.¹⁷

¹⁶ Vgl. Friedl 2007.

¹⁷ Vgl. Köhler 2007.

Durch die Vernetzung der Kompetenzen aller in Abb. 12 gezeigten Partner dieses beispielhaften Public-Private-Partnerships wird eine Institution geschaffen, die dabei hilft, Deutschlands Spitzenstellung im Werkstoffbereich zu sichern bzw. auszubauen.

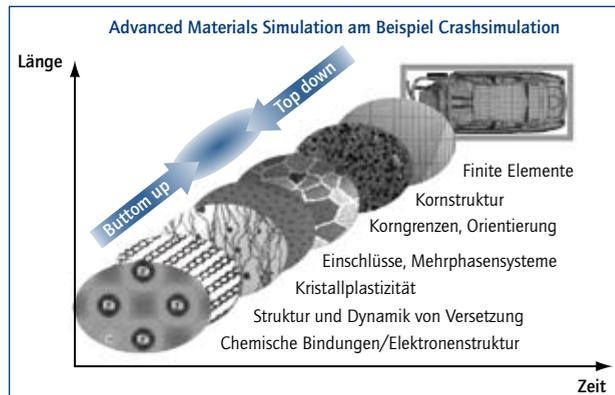
Abb. 12: Konsortium des Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS)

Wissenschaftliche Partner

- Max-Planck-Institut für Eisenforschung
- Ruhr-Universität Bochum
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Industrielle Partner

- Bayer Material Science/ Bayer Technology Services
- Bosch
- Salzgitter Mannesmann Forschung
- ThyssenKrupp



5 FAZIT

In Deutschland existiert bereits eine Fülle von hervorragenden Einzelinitiativen im Werkstoffbereich, bei wissenschaftlichen Institutionen genauso wie bei Vereinen und Verbänden sowie in der Wirtschaft. Allerdings steht dabei meist nur eine bestimmte Werkstoffgruppe, seien es Metalle, Keramiken oder organische Materialien, im Fokus. Um seine Stellung im internationalen Wettbewerb langfristig zu sichern bzw. auszubauen, braucht Deutschland eine Bündelung der verschiedenen Aktivitäten zu Kompetenzzentren und Innovationsallianzen. Nur so kann Deutschland in wichtigen interdisziplinären Bereichen wie bei multifunktionalen Werkstoffen sowie bei Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden im globalen Wettbewerb bestehen.

Eine engere Vernetzung über Werkstoff- und Branchengrenzen hinweg sowie zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sollte daher angestrebt werden. Aus diesem Grunde ist es zu begrüßen, dass sich die Bundesvereinigung für Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (BV MatWerk) gegründet hat, die sich das Ziel der Vernetzung zur Aufgabe gemacht hat und als zentraler Ansprechpartner in Werkstofffragen zur Verfügung stehen will.

6 LITERATURVERZEICHNIS

Adam 2004

Adam, Henrik et al.: "NSB® NewSteelBody – Karosserieleichtbau mit Stahl". In: *ThyssenKrupp techforum* 1 (2004), S. 8-13.

BCG 2006

The Boston Consulting Group (Hrsg.): *Innovationsstandort Deutschland – quo vadis?* (2006) URL: <http://www.biotechnologie.de/bio/generator/Redaktion/PDF/de/bcg-2007-innovationsstudie,property=pdf.pdf> [Stand: 14.02.2008].

BMBF 2006

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): *Die Hightech-Strategie für Deutschland*. Berlin, 2006.

BMBF 2007

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): *Die Hightech-Strategie für Deutschland – Erster Fortschrittsbericht* (2007). URL: http://www.bmbf.de/pub/hts_fortschrittsbericht.pdf [Stand: 14.02.2008].

BMWi 2007

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): *Forschungsbericht Nr. 566. Leuchtturm COORETEC: Der Weg zum zukunftsfähigen Kraftwerk mit fossilen Brennstoffen*. URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/leuchtturm-cooretec,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> [Stand: 14.02.2008].

Friedl 2007

Friedl, Christa: „Schrödingers Erben“. In: *SciTechs* 3 (2007), S. 6-11.

Jaroni 2004

Jaroni, Ulrich W. et al.: „Neues Werkstoffkompetenzzentrum für produktorientierte Werkstoff- und Verfahrensentwicklung“. In: *stahl und eisen* 124 (2004) Nr. 3, S. 46-50.

Köhler 2007

Köhler, Karl-Ulrich: „Leuchtturm für Deutschland“. In: *SciTechs* 3 (2007), S. 12.

Korves 2003

Korves, Lukas et al.: „Tailored Blanks – optimierte Bleche für den Automobilbau“. In: *ThyssenKrupp techforum* 2 (2003), S. 28-31.

Niehues 1999

Niehues, Michael et al.: *Schuberth-Helme aus Bio-Verbundwerkstoffen* (Symposium Hanf-wirtschaft 2000, Hürth, 15.12.1999).

Osburg 2004

Osburg, Bernhard et al.: „New Steel Body – sicherer und wirtschaftlicher Karosserieleichtbau mit Stahl“. In: *Automobiltechnische Zeitschrift* 106 (2004), S. 190-199.

O.V. 2007a

Ohne Verfasser: „Supraleitung steigert Effizienz bei Energieübertragung und -speicherung“. In: *Draht* 4 (2007).

O.V. 2007b

Ohne Verfasser: „Makrolon-Platten auf Olympiakurs“. In: *Deutsches Baublatt* 326 (2007), S. 23.

Papaiaovou 2005

Papaiaovou, Panicos et al.: „Silver Ice® UV – Nirosta® Klarlackbeschichtung gegen Fingerabdrücke“. In: *ThyssenKrupp techforum* 2 (2005), S. 23-27.

Süd-Chemie 2005

Süd-Chemie AG (Hrsg.): *Bericht über das 1. Halbjahr 2005* (2005), S. 6. URL: <http://www.sud-chemie.com/scmcms/web/binary.jsp?nodeId=281&binaryId=6858&preview=&disposition=inline&lang=de> [Stand: 14.02.2008].

ThyssenKrupp Steel 2005

ThyssenKrupp Steel AG (Hrsg.): *Intelligenz für Nachhaltigkeit. Jahresbericht 2004_2005* (2005). URL: http://www.thyssenkrupp-steel.com/jahresbericht2004_2005/de/service/tks_jahresbericht_04_05_de.pdf [Stand: 14.02.2008].

> LEADING TECHNOLOGICAL INSTITUTES; PUBLIC-PRIVATE-PARTNERSHIP IN THE NETHERLANDS – THE CASE OF THE DUTCH POLYMER INSTITUTE (DPI)

PIETER J. LEMSTRA

1 INTRODUCTION TO THE CONCEPT OF TECHNOLOGICAL TOP INSTITUTES IN THE NETHERLANDS

In 1995, Dr. G.J. Wijers, the current CEO of Akzo Nobel, but at that time Minister of Economic Affairs (1994-1998) in the Netherlands, launched the concept of so-called “Leading Technological Institutes” (LTI’s) in the Netherlands. The basic idea was simple and straightforward. He invited various sectors of Dutch industry to work in partnership with Dutch knowledge institutes, universities and GTI’s to combine their efforts with the focus on long-term research, beneficial to all partners involved and notably for the future of the Dutch economy. As a premium, the Ministry of Economic Affairs announced it would cover 50% of the R&D budget to a maximum, at that time, of 10 million Dutch guilders. Over 15 proposals were submitted from various sectors of Dutch industry, ranging from the logistic sector to the petrochemical industry. Representatives from the Dutch Academy of Sciences (KNAW) and business consultants were invited to assess the various proposals on scientific quality and business validation, respectively.

After an intensive period of assessment (and lobbying), four so-called Leading Technological Institutes (LTI’s) were selected in 1997:

- NIMR (Netherlands Institute for Metal Research)
- WCFS (Wageningen Centre for Food Sciences)
- Telematics Institute
- DPI (Dutch Polymer Institute)

The enthusiasm of the Dutch industry for establishing Leading Technological Institutes, later on referred to as TTI’s (Technological Top Institutes), was easy to understand. The input from industry, in terms of budget, obtained a leverage of factor 4 since the Ministry of Economic Affairs doubled the industrial monetary input, adding this to the input from the participating universities and GTI’s, which contributed the same amount as industry. Since Dutch universities are not capable of generating such amounts of cash, their input was “in kind” (infrastructure, personnel).

The “penalty” industry had to pay was the condition submitted by Minister Wijers that the scientific and technological results generated by the TTI’s are to be shared among all partners, so bilateral contract R&D is excluded. In the case of the NIMR and WCFS that was a minor issue since there was only one strong and one leading partner, Hoogovens (later Corus) and Unilever, respectively. In the case of the DPI, the concept of sharing all results was initially a major issue since the partners were strong competitors in the market. After long and painstaking negotiations, the Dutch Polymer Institute was established with the legal status of a foundation under Dutch law.

2 POLYMERS IN THE NETHERLANDS, “SECOND-TO-NONE” AT THE END OF THE 20TH CENTURY

Synthetic polymers/plastics are based on oil and, partly due to the geographical position of the Netherlands in Europe (Rotterdam being the main port in Europe), and partly to the local presence of the petrochemical industry with refineries which produced the feedstock (monomers) for making polymers in addition to petrol and diesel, the polymer-producing industry flourished in the Netherlands during the latter part of the 20th Century. Companies such as Shell, Akzo Nobel, DSM and the American companies Dow and GE-Plastics were active in the Netherlands, producing polymers/plastics and their related products, such as fibers and coatings by Akzo Nobel. In addition to the production of synthetic polymers/plastics, major industries like Philips were active in converting polymers into products, ranging from simple items such as TV and radio cases to high-tech applications such as Poly-LEDs (light-emitting polymer films).

The production volume of the polymer industry in the Netherlands in the latter decades of the 20th century was maybe not the most impressive factor (it was less than in Belgium, for example), but what made the Dutch polymer environment strong was the presence of large corporate R&D centers in the country. The Dutch-based polymer industry proved to be very creative in terms of innovative products, often in close collaboration with academia, for example:

- A new range of high-performance fibers, such as the aramid fiber Twaron® (independent form Du Pont), the experimental fiber “M-5” by Akzo Nobel and the superstrong PE fiber Dyneema® by DSM;
- New engineering plastics such as Stanyl®, a high-T resistant nylon by DSM, and various polymer blends, developed at the GE-Plastics R&D center in Bergen op Zoom;
- The development of a new generation of copolymers based on ethylene and carbon monoxide by Shell under the trade name Carilon®;
- The development of “plastic electronics” by Philips;
- Novel coating systems by Akzo Nobel.

To enhance this spirit of innovation within the Netherlands, often accomplished in close collaboration with academia, the proposal of the Dutch Polymer Institute was approved to further boost innovation in the polymer domain.

An important aspect of the Dutch Polymer Institute was the funding of research in the academic polymer domain, thereby supporting the education of young scientists (Ph.D's) and engineers at Dutch universities, providing the future workforce for the Dutch-based polymer producing and converting industries. In the mid 1990s, close to 3000 persons were active in polymer related R&D in companies within the Netherlands, in contrast with only a few minor polymer academic groups scattered at the universities of Eindhoven, Groningen, Delft and Twente.

3 THE DPI FROM THE START, PHASE-I (1997 – 2001)

On April 29, 1997, the DPI started with a symposium at the TU-Eindhoven in the presence of the Minister of Economic Affairs (Mr. G. Wijers) and Minister of Education (Mr. J. Ritzen) and many captains from industry. The whole Dutch polymer production and conversion industry, involving DSM, Shell, Akzo Nobel, Philips, Océ (the Dutch copier machine maker), Dow, GE-Plastics was present at the opening and involved in the start of the DPI. The knowledge institutes involved were the universities of Eindhoven, Groningen, Twente, Delft and TNO, the Dutch organization for applied research.

DSM was in the driver seat of the DPI by providing the major initial industrial funding and by providing the management support in the person of Prof. L.C.E. Struik, director of DSM R&D, acting as chairman of the Executive Board (EB).

The DPI was established as a virtual institute with the legal status of a foundation under Dutch law, so there were no new buildings or (permanent) staff. The Eindhoven University of Technology was selected to act as prime knowledge partner (50% funding of the total annual budget) and organized the set-up of the DPI. The author was asked to become the scientific director of the DPI for phase-I (1998 – 2001) and to act as the link between the industry and universities involved in the DPI and to formulate/initiate the research programming.

The workforce of the DPI were Ph.D students and post-doctoral fellows supervised by academic staff from polymer groups at the universities involved in the DPI described above and staff members at TNO for projects executed within various TNO departments.

In order to keep the DPI organization 'lean and mean', the management structure was kept simple, avoiding overhead costs.

All partners within the DPI had one representative in the so-called Supervisory Board (SB) and the board members had meetings twice a year to discuss topics such as legal aspects and notably IPR issues, a major item for the agenda at the start of the DPI.

The Supervisory Board installed an Executive Board (EB), chaired by Prof. L.C.E. Struik, to overview the R&D programs of the DPI and to formally grant budget to selected projects.

Daily organization of the DPI was performed by the Management Team (MT), consisting of the scientific director, a financial officer and a small but dedicated secretariat located at the TU-Eindhoven. The main task of the MT was to interact with the scientists at the universities involved and TNO to formulate the projects and to pre-select project proposals to be approved by the EB.

It is important to note that the industrial partners put the emphasis on bottom-up project proposals from scientists at the universities and TNO's, but with the important restriction that these proposals should be in the interest of the industrial partners. The main complaint of the polymer producing and converting industry in the Netherlands in the pre-DPI era was that projects at the Dutch universities in the area of polymers were usually focused on topics beyond the interest of the Dutch polymer industry. A few target areas were formulated by the Executive Board:

- polyolefins
- engineering plastics
- mesoscopic chemistry/physics; coating and rubber technology
- functional polymers

The first two topics, polyolefins and engineering plastics, reflected the interest of the major DPI partners DSM, Shell, Montell, Dow and GE-Plastics. Functional polymers was in the interest of Philips. The topic "mesoscopic..." is less easy to understand. It was an attempt to combine the upcoming nano-technology hype with two major application areas, coatings and rubbers, which are traditionally rather empirical and often lack a scientific base.

It was interesting to note that at the beginning of the DPI various professors at Dutch universities, who considered previously the area of "plastics" below their dignity, suddenly changed their mindset and wrote challenging proposals. Of course, the main motivation was ample budget and a simple proposal procedure.

An important aspect was the follow-up of the approved projects by industry. So-called Industrial Reference Committees (IRCs) were installed with representatives from industry to follow-up projects or a set of projects.

In order to avoid representatives from industry just monitoring the progress in projects in a passive mode during meetings, the author in his position as scientific director made a major effort to install so-called DPI Fellows. These DPI Fellows were persons of a high scientific level in industry who were invited to work part-time in the academic polymer groups as part-time professors (usually 1 day/week on average). In this way, the scientific "kitchen" of the DPI was a good mix of both academic and industrial scientists cooking together the polymers of the future. In phase-I of the DPI, the appointment of DPI Fellows was rather easy to do, but the concept failed in phase-II for reasons explained below. In fact, the only success story in this respect was and is the appointment

of Prof. D. Broer, currently VP of Philips R&D, but still working (on average) 2 days/week at TU-Eindhoven on DPI and related programs.

4 THE DPI IN PHASE-II (2001 - 2007)

The TTI's were evaluated by an assessment committee installed by the Dutch government in 2001 after phase-I and the DPI program was approved for phase-II, covering 2001 - 2007. This came to some extent as a surprise because at the end of phase-I, 1999 - 2001, the Dutch polymer producing industry changed dramatically with a major impact on the organization of the DPI. What happened at the turn of the century?

- DSM sold its bulk polymer activities, the polyolefins (the generic name for the two major volume polymers - polyethylene and polypropylene) to Sabic;
- Shell sold out its chemical activities and new developments, such as the new engineering plastic Carilon®, were terminated. Polymer scientists working at Shell R&D were asked to stay at home or change their topic of interest;
- Montell (DPI member with its headquarters in the Netherlands) became Basell;
- In 2000, GE-Plastics started a new corporate R&D laboratory in Bangalore (I) and the European R&D center for plastics in Bergen op Zoom (NL) was reduced to a customer support center;
- Akzo Nobel sold all fiber activities to Acordis, and new developments were shelved, such as the experimental M-5 fiber and Bocell®, a novel solution route for direct spinning of cellulose. In the year 2000 Akzo Nobel also closed their corporate R&D center in Arnhem.

These dramatic and irreversible changes were a major blow for the spirit within the DPI and difficult to understand by the academic partners. The industrial partners within the DPI, who were very enthusiastic at the start in 1998, proved to be highly unreliable only a few years later. For example, the chairman of DSM, Mr. Simon de Bree, announced at the opening symposium of the DPI that DSM would become world leader in the area of polyolefins by the year 2000 with the help of the DPI. In 2001 he sold the plastic business of DSM to Sabic and indicated DSM would become a Life-Science company.

Industry can switch its focus overnight, but universities cannot! Ph.D. students, the major work force of DPI, need on average 4 years to complete their thesis in the Netherlands. It is not feasible to tell them halfway through their project to "please stop your research because our industrial partners have lost interest!".

In addition to major changes in ownership of the "Dutch" polymer producing industries, corporate R&D in the petrochemical industry eroded very rapidly around the turn of the century. This had a major impact on partnerships between universities and industry. For example, polymer scientists from Akzo Nobel corporate R&D had ample time to be involved in DPI projects and took a holistic view: all new polymer chemistry could be of

interest for the future new fibers and coatings from their company. After the closing of the Akzo Nobel corporate R&D center, the senior scientists were asked to stay home and the younger ones were transferred to Acordis to work on applied R&D, such as further optimizing PET fiber spinning. Consequently, the DPI-Fellow scheme scattered, because industrial polymer scientists and engineers were focused on short(er) term projects, and the participants within the Industrial Reference Committees were continually changing as the lifetime of the industrial projects were usually shorter than the lifetime of a Ph.D. project.

The main task of the management of the DPI at the start of phase-II was now to adopt the DPI organization to the changing array of industrial partners. The holistic approach in phase-I, in which anything could be of interest for the companies, was gone and companies were interested only in a part of the DPI program. For example, DSM lost interest in polyolefins and Akzo Nobel lost all interest in fiber science & technology. Shell sold out all polymer activities and R&D people at Shell associated with polymers were sent home or had their R&D focus shifted away from polymers.

At the Supervisory Board (SB) level, a major effort was undertaken to make new DPI members of companies such as Sabic, Basell, and Acordis, among others, who had taken over polymer activities from previous DPI partners. This attempt was rather successful, and later on in phase-II, the spirit came back in the DPI to some extent when it turned out that the new partners such as Sabic and Teijin, who acquired the Aramid fiber Twaron® from Acordis, invested more in R&D in the Netherlands than the previous owners.

At management level, the Executive Board (EB) and the Management team (MT) merged to create a stronger team to face the problem of limited interest in the DPI programmes shown by existing and new industrial DPI partners. The DPI R&D program was split up into so-called Technology Areas (TA's), like polyolefins, engineering plastics, coatings, rubbers and functional polymers, and the industrial partners could show their interest in one or more areas by acquiring tickets, at 50K Euro/year per ticket. The more tickets a company acquired in a particular Technology Area, the more steering power in programming the research topics. As a consequence, the holistic approach was gone and the DPI research was divided into sectors. The research output and the related IPR of a TA was now limited to the ticket owners of that particular TA.

Within the academic domain, there was a lot of criticism on the new organizational model of the DPI. Many professors regretted that the DPI, in phase-I an institute where academic and industrial researchers worked together in partnership, had been reduced in phase-II into a mere funding agency where the research programming was dictated by the amount of tickets (budget) rather than by scientific challenges. In order to compensate (to some extent) for academic freedom, a 'Core Program' was installed provided with approximately 20% of the DPI budget. In this Core Program, the academic scientists took the lead on typical long(er) term topics such as "structure-property" relationships, modeling, development of novel techniques and methods, initiating new programs on high-throughput methods and bio-related polymers.

At the end of the re-organization of the DPI at the beginning of phase-II, the model was a Core Program linked to the various Technology Areas (TAs). The basic idea was that academic ideas were funneled into the Core Program and finally landed in one or more Technology Areas.

5 THE DPI IN PHASE-III (2007 – 2011)

In November 2007, the DPI celebrated its 10th anniversary with an annual symposium for the DPI members in Maastricht, hosted by DSM. Any anniversary is a time for reflection, but in particular a 10th anniversary. What could be concluded is that the DPI had grown significantly after its re-organization in 2001/2002. The annual budget of the DPI (2007) amounts to approximately 16 million Euros/year, and at present 36 companies and 30 knowledge institutes are members of the DPI. For outsiders the surprising fact is that many new industrial and academic members are not Dutch, whereas the Dutch government pays 50% of the budget! The philosophy behind this generous attitude is that creating a critical mass in specific areas will attract foreign companies to invest in R&D in the Netherlands. Even companies as far away as Brazil (Braskem) and Iran (NPC) who have no activities in the Netherlands are a member of the DPI, and more distant companies are considering becoming members because they just want to be connected to the "world of polymers". The DPI has grown into a major (virtual) center for polymers with no parallel in the world.

Of course, there are bigger institutes in the world in the area of polymers, such as the Max Planck Institute für Polymere (MPI) in Mainz and ICCAS in Beijing with impressive buildings, staff and equipment, but there is a major difference. The focus of industry is on plastics, complex compounds which often consist of numerous additives, ranging from particulate matter (even nano-sized additives such as nano-clays and carbon nanotubes) to fibrous matter (e.g. glass and carbon fibers) in addition to the base polymer. Moreover, the properties of plastic products are not only determined by the chemical structure of the base polymer or the additives, but equally by the processing conditions. An example in this respect is the Dyneema® fiber of DSM, the strongest fiber in the world, but based on polyethylene – the very same material from which flexible soft packaging is made, the difference resulting from just a matter of chain alignment during processing. This *chain-of-knowledge* approach, traveling through several disciplines, from chemistry/catalysis all the way up to the end-product, is characteristic for the DPI. Young scientists and engineers are trained during their Ph.D. or post-doctoral DPI project in the philosophy of crossing the borders between disciplines rather than focusing on single topics. Moreover, the majority of the DPI projects are in the direct interest of the industrial partners (naturally, since they have direct input on the research programming in the TA's) and, consequently, young scientists and engineers are trained in the area of polyolefins, engineering plastics, coatings, rubbers and functional polymers. This is perhaps the primary asset of the DPI: education and training of young people in an academic world where the major focus is now on "nano-bio" issues and where hard-core

polymer technology (plastics!) is considered to be out of date. In Europe, the majority of academic chairs in the area of polymer chemistry/catalysis, polymer physics, rheology/processing have disappeared and the retired professors have been replaced by younger colleagues with other interests, like life-sciences and biotechnology. In my personal opinion, there is ample national and EU funding for academic projects with a long-term view and focus on potential applications beyond the current industrial horizon and that should be the goal of the universities, but it is nearly impossible to get funding for established research areas. The DPI in this respect is unique and teaches the new generation that even a well-established area such as polyolefins can be exciting in terms of novel science.

In December 2007, the Dutch government approved the new DPI proposal for continuation for the period 2007 – 2011. The current theme is “polymers for a sustainable society” and next to partnership with the big polymer producing and converting industries, a new element is to focus more on valorization, in particular valorization towards the small and medium size companies (SME's) within the so-called DPI Value Center. For up to date info, the interested reader is referred to the website of the DPI: www.polymers.nl

6 EPILOGUE

The author was asked by the Dutch petrochemical industry in 1995 to write the business plan for the Dutch Polymer Institute, together with Prof. L.C.E. Struik, at that time director R&D of DSM. After approval of the proposal by the government at the end of 1996, it was next to impossible to find a director for this new proposed virtual institute. To create a new virtual institute with no building, no permanent staff and partnerships with companies otherwise competing in the market and with scientists from universities who had previously shown no interest at all in “plastics” was too much of a challenge for those who were invited to act as director. As a consequence, the authors of the DPI business plan could not escape, but had to run the institute themselves, as scientific director (P.J.L.) and chairman of the Executive Board (Struik). The article above is the history of the DPI from the start of 1998 to its 10th anniversary in 2007, albeit written from a personal standpoint. The main lesson to be learned from public-private-partnership is that industrial partners can be very volatile. The major changes at the turn of the century in the petrochemical industry were not events isolated in time: Sabic took over GE-Plastics in 2007. For scientists and engineers working in the polymer-producing industry it might be beneficial that decisions on R&D are taken in the board rooms in Japan and close to the oil wells in the Middle-East, and not in board rooms with the eyes only on the Dow Jones index. There are signs that even corporate R&D might come back in the petrochemical industry.

> SCHLUSSBEMERKUNGEN: ZUSAMMENFASSUNG EINIGER ZENTRALER AUSSAGEN

HARTWIG HÖCKER

WERKSTOFFE

Obwohl Werkstoffe im täglichen Umfeld eher unspektakulär erscheinen, sind sie Voraussetzung für die Entwicklung unserer Welt. 70 Prozent der Megatrends sind materialgetrieben. Ein Sprung in der Entwicklung von Werkstoffen führt oft zu einem systemischen Erfolg. Voraussetzung dafür ist Kontinuität in der Forschung und Interdisziplinarität in der Umsetzung vom Material zum Produkt. Werkstoffe und ihre Technologie haben eine Hebelwirkung für Innovationen. Dabei gibt es hohen Entwicklungsbedarf bei konventionellen Werkstoffen (einer Schätzung zufolge ist bisher nur die Hälfte aller wichtigen Stähle bekannt). Die Bedeutung der Werkstoffe sollte durch geldwertes Messen herausgestellt werden.

FORSCHUNG

Für die zielgerichtete Erforschung neuer Werkstoffe, gradierter Werkstoffe, multifunktionaler Werkstoffe und Werkstoffkombinationen einschließlich des Klebens von Werkstoffen ist eine klare Definition der Anforderungen der Technik an das Material erforderlich. Für den Transfer, die schnelle Umsetzung neuer Materialien in Produkte, gewinnen Modellierung und Simulation zunehmend an Bedeutung. Außerdem sollten Prototypenlabors, betrieben von Hochschulen und Industrie und jeweils unter der Leitung eines Systemingenieurs, eingerichtet werden. Auf diese Weise lassen sich Designfehler, die zu Materialversagen führen können, vermeiden; andererseits gilt es, Kennwerte zu ermitteln und das Langzeitverhalten von Werkstoffen zu simulieren, um möglichst hohe Werkstoffsicherheit zu erreichen. Dabei ist eine frühe Einbindung möglicher Anwender für neue Materialien entscheidend, um die Verbindung zum Markt sicherzustellen (Innovationspipeline). Die vertikale Integration ist ebenso nötig wie die Wahrung der Eigenständigkeit der Werkstoffforschung.

LEHRE

In den Studiengängen für Werkstoffwissenschaftler muss auf eine breite Grundlage und die Entwicklung einer konzeptionellen Befähigung zur Erarbeitung von Problemlösungen für Struktur- und Funktionswerkstoffe Wert gelegt werden. Es gilt, nicht mehr werkstoffwissenschaftliche Studiengänge zu etablieren, sondern die materialwissenschaftliche

Kompetenz der Absolventen der vorhandenen Studiengänge zu erhöhen. Didaktisch sollte dabei der Rückschluss vom Produkt über die Prozesskette zum Material (Reverse Engineering entsprechend der Retrosynthese in der Chemie) trainiert werden, wobei die Prozesskette neben dem Material selbst für die Materialeigenschaften von entscheidender Bedeutung ist.

FORSCHUNGSFÖRDERUNGSMODELL

Als Beispiel für ein in Deutschland neues Forschungsförderungsmodell könnte das niederländische Modell der Leading Technological Institutes (LTI), später Technological Top Institutes (TTI), dienen, zu denen das Dutch Polymer Institute (DPI) zu zählen ist. Partner dieser Institute sind Industriefirmen, die Forschungsprojekte definieren und in dem betreffenden Institut bearbeiten lassen. Der besondere Anreiz für den Einstieg der Industrie besteht darin, dass der finanzielle Einsatz der Industrie vervierfacht wird, und zwar dadurch, dass die Forschungseinrichtung den gleichen Einsatz wie die Industrie erbringt und das Niederländische Wirtschaftsministerium zusätzlich den doppelten Einsatz beisteuert. Die Forschungsergebnisse stehen allen Partnern gleichermaßen zur Verfügung.

DIE BUNDESVEREINIGUNG MATWERK

Die neu gegründete Bundesvereinigung MatWerk stellt ein Sammelbecken für die zahlreichen Gesellschaften und Vereinigungen auf dem Gebiet der unterschiedlichen Materialien und Werkstofftechniken dar. Sie hat das erstrebenswerte Ziel, die Ausbildung von Facharbeitern, Technikern und Akademikern auf dem Gebiet der Werkstoffe zu koordinieren und als eine übergeordnete Vereinigung mit eigener Kompetenz aufzutreten. Dies erscheint deshalb besonders wichtig, weil heute Entwicklungssprünge häufig gerade durch die Kombination unterschiedlicher Werkstoffe (Verbundwerkstoffe, Kleben von Werkstoffen etc.) erzielt werden. Die Bundesvereinigung MatWerk sollte daher in ihren Zielen nachhaltig unterstützt werden.

> AUTORENVERZEICHNIS

Dipl.-Ing. **Dirk Bartels** arbeitet als Abteilungsreferent im Zentralbereich Technology der ThyssenKrupp AG, der für das Technologie- und Innovationsmanagement des gesamten ThyssenKrupp Konzerns verantwortlich ist. Er ist dort für das Technology Monitoring zuständig und unterstützt die Koordination und Organisation des von ThyssenKrupp initiierten „Impulskreises Werkstoffinnovation“, dem sich etwa 25 Unternehmen, Verbände und Vereine sowie wissenschaftliche Institutionen entlang der Wertschöpfungskette angeschlossen haben. Dirk Bartels studierte Metallurgie und Werkstofftechnik in Aachen und war nach Abschluss des Studiums noch ein Jahr als wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Eisenhüttenkunde der RWTH Aachen beschäftigt. Dort war er an einem Forschungsprojekt des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute und der führenden deutschen Stahl- und Automobilhersteller zur Charakterisierung der Umformbarkeit verschiedener Stahlwerkstoffe beteiligt. Im Jahr 2001 trat Dirk Bartels dann in den ThyssenKrupp Konzern ein und arbeitete zunächst als Assistent des Vorstands und Projektingenieur der Unternehmensentwicklung der ThyssenKrupp Industrieservice GmbH in Köln, bevor er 2004 in den Zentralbereich Technology der ThyssenKrupp AG nach Düsseldorf wechselte.

Dr.-Ing. **Peter Dahlmann** ist Direktor bei der ThyssenKrupp AG und leitet dort den Zentralbereich Technology, der für das Technologie- und Innovationsmanagement des gesamten ThyssenKrupp Konzerns verantwortlich ist. In dieser Funktion koordiniert er auch den von ThyssenKrupp initiierten „Impulskreis Werkstoffinnovation“. Peter Dahlmann studierte Eisenhüttenkunde in Aachen und war nach Abschluss des Studiums 1981 noch einige Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der RWTH Aachen beschäftigt, bevor er 1985 zum Krupp Forschungsinstitut in Essen wechselte, wo er 1988 seine Dissertation über das Zug-, Kriech- und Relaxationsverhalten von Kupfer fertigstellte. 1997 wechselte er in den Zentralbereich Technik der Fried. Krupp AG Hoesch-Krupp in Essen, wo er für das Innovationsmanagement zuständig war. Diese Aufgabe nahm er auch nach der Fusion im Jahr 1999 für den neuen ThyssenKrupp Konzern wahr, bevor er 2003 die Leitung des Zentralbereichs Technology der ThyssenKrupp AG übernahm. Seit 2004 ist Peter Dahlmann zudem Mitglied des Vorstandes des Trägervereins ZENIT e.V. in Mülheim, seit 2007 member of the governing board der European Industrial Research Management Association (EIRMA) und seit 2008 Mitglied des Beirates des VDI Technologiezentrums.

Prof. Dr. rer.nat. **Günter Gottstein** ist Universitätsprofessor und Direktor des Instituts für Metallkunde und Metallphysik an der RWTH Aachen. Er studierte an der RWTH Aachen, wo er 1973 an der Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen promovierte. Nach seiner Habilitation nahm er 1979 eine Tätigkeit als Visiting Scientist am Argonne National Laboratory in den USA auf, worauf eine Tätigkeit als Visiting Assoc. Professor am Massachusetts Institute of Technology folgte. 1982 kehrte er als Privatdozent an das Institut für Metallkunde und Metallphysik der RWTH Aachen zurück, wo er nach einem weiteren USA-Aufenthalt als Professor (Michigan State University, East Lansing) seit 1989 Professor und Direktor ist. Günter Gottstein ist Fachgutachter der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für Metallkunde und Hüttenwesen sowie Vorstandsvorsitzender der „Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“. Er ist Mitglied verschiedener Gesellschaften und Vereine wie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde sowie der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech).

Prof. Dr. **Fred Robert Heiker** ist seit 2002 Leiter des Bereichs Konzernplanung und Controlling bei der Bayer AG Leverkusen. Er studierte Chemie an der Universität Hamburg, wo er am Institut für Organische Chemie und Biochemie 1980 promovierte. Nach Abschluss seines Studiums trat er als Laborleiter im chemisch-wissenschaftlichen Laboratorium der Pharma-Forschung in die Bayer AG ein. Im Anschluss an eine leitende Tätigkeit bei Miles Laboratories Inc. in Elkhart, Indiana, USA wurde er 1986 Leiter der Abteilung Chemische Forschung 3 der Pharmaforschung in Elberfeld, wo er unter anderem Projektleiter „HMG-CO-A-Reduktase-Inhibitoren“ und Miterfinder von Lipobay (Cerivastatin) war. Nach einem weiteren Auslandsaufenthalt bei BAYER YAKUHIN in Osaka, Japan und verschiedenen Leitungstätigkeiten in der Pharmaforschung wurde Fred Robert Heiker 2000 Leiter des Unternehmensbereichs Zentrale Forschung der Bayer AG, Leverkusen und im selben Jahr zum Honorarprofessor auf dem Gebiet der medizinischen und phytomedizinischen Chemie an der Bergischen Universität/Gesamthochschule Wuppertal ernannt. Im Anschluss an seine Leitung des Bayer-Konzernbereichs Konzernplanung und Controlling war er 2003 bis 2005 Geschäftsführer und Sprecher der Geschäftsführung der neu gegründeten Bayer Innovation GmbH. Fred Robert Heiker ist Honorarprofessor für medizinische und phytomedizinische Chemie an der Bergischen Universität Wuppertal sowie Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech).

Dr.-Ing. **Frank Heinrich** ist als Chief Operating und Technology Officer Mitglied sowie stellvertretender Vorsitzender der Geschäftsführung der Heraeus Holding GmbH. Nach seinem Physikstudium und anschließender Promotion zum Dr.-Ing. an der Technischen Universität in Berlin wechselte er 1992 im Rahmen eines Traineeprogramms zu TEMIC Semiconductors, einem Tochterunternehmen des Telefunken-Konzerns. Danach übernahm er zunächst als Projektmanager und später als Werksleiter Führungsaufgaben. Im Jahr 1995 wurde Frank Heinrich die Position des General Managers für integrierte

Schaltungen übertragen, bevor er zum Vorsitzenden des Geschäftsbereichs für integrierte Schaltkreise bestellt wurde, zu dem Niederlassungen in Deutschland, Frankreich, Großbritannien und den USA gehörten. Schließlich wurde er 1998 zum Chief Executive Officer des TEMIC Semiconductor-Konzerns ernannt, der im Jahr 2000 in ATMEL Wireless & Microcontrollers umbenannt wurde. Neben seinem Engagement bei der Heraeus Holding GmbH ist Frank Heinrich Mitglied des Beirats der Würth-Gruppe und Vorstandsvorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM).

Univ.-Prof. em. Dr. Dr. h. c. **Hartwig Höcker** studierte Chemie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, wo er 1965 promovierte. 1966 bis 1968 war er Harkness Stipendiat an der Stanford University (California, USA) und habilitierte sich 1972 an der Universität Mainz. Nach Professuren in Mainz, München und Bayreuth nahm er 1985 den Ruf auf die Professur für Textilchemie und Makromolekulare Chemie an der RWTH Aachen an, an die die Position des Direktors des Deutschen Wollforschungsinstituts (DWI) an der RWTH Aachen gekoppelt ist. 2003 wurde er emeritiert. Seine Forschungsgebiete sind Makromolekulare Chemie, Biomaterialien, Proteinchemie und Faserchemie. Hartwig Höcker ist Mitglied der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften, der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) und korrespondierendes Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Dr.-Ing. E.h. **Reiner Kopp** ist Emeritus des Lehrstuhls und Instituts für Bildsame Formgebung der RWTH Aachen. Nach seinem Maschinenbaustudium an der TH Stuttgart und einer dreijährigen Forschungstätigkeit am Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf promovierte er 1968 zum Doktoringenieur. Danach war er bis 1974 Leiter der Fertigungsentwicklung bei der Firma Dornier GmbH in Friedrichshafen und München, woran sich seine Tätigkeit als Leiter des Instituts und des Lehrstuhls für Bildsame Formgebung der RWTH Aachen anschloss, die er bis 2005 ausübte. Darüber hinaus war Reiner Kopp mehrere Jahre Dekan der Fakultät Georessourcen und Materialtechnik sowie Prorektor für Forschung an der RWTH Aachen. 1991 bis 2005 war er Sprecher der Interdisziplinären Foren der RWTH Aachen. Seit 2002 ist er Vorstandsmitglied der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften (acatech) und seit 2006 als Vizepräsident bei Euro-CASE tätig.

Prof. Dr. **Pieter Jan Lemstra** ist seit 1985 Professor für Polymertechnologie an der Technischen Universität Eindhoven. Er promovierte 1975 an der Universität Groningen und war Post-Doc an der Bristol University. Von 1976 bis 1985 war er als Group Leader Explorative Research bei DSM Research, The Netherlands, tätig. 1997 bis 2004 war Pieter Lemstra wissenschaftlicher Direktor des Dutch Polymer Institute und 2004 bis 2006 Gründer und Direktor von PTG-Eindhoven BV. 1999 bis 2002 war er Präsident der European Polymer Federation und war als solcher Gründer und ist Chairman des

Internet Journals e-Polymers. Seine Forschungsinteressen umfassen Hochleistungs-Fasern und Verbundwerkstoffe, Polymermischungen, Morphologie und chemische Modifikationen. Pieter Lemstra ist Ehrenmitglied der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, Bratislava.

Dr. **Pedro Dolabella Portella** ist seit Januar 2000 Leiter der Abteilung „Werkstofftechnik“ der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin. Er ist Generalsekretär der „Bundesvereinigung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik“ und koordiniert ihre Geschäftsstelle, die an der BAM angesiedelt ist. Pedro Dolabella Portella ist Mitglied des Fachkollegiums „Werkstoffwissenschaft“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie des Gutachterausschusses des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft (BISp) für das Fachgebiet „Sportgeräteentwicklung“. Seine Forschungsaktivitäten liegen in erster Linie auf dem Gebiet der metallischen Hochtemperaturwerkstoffe. Am Institut für Werkstoffkunde der Leibniz Universität Hannover hat er die Lehraufträge „Materialprüfung I“ und „Keramische Werkstoffe“.

Dr. **Martin Weber** ist Senior Scientist im Bereich der Polymerforschung der BASF SE. Zu seinen Aufgaben gehört die Entwicklung neuer Polymerwerkstoffe. Von 1981 bis 1989 studierte er Chemie an der Universität Freiburg und promovierte auf dem Gebiet der makromolekularen Chemie. Nach einem Auslandsaufenthalt am Virginia Polytechnic Institute in Blacksburg, Virginia, USA trat Martin Weber 1990 in die Polymerforschung der BASF SE ein.

Dr. **Albrecht Winnacker** ist Inhaber des Lehrstuhls für Werkstoffe der Elektrotechnik an der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg. Er studierte Physik in Freiburg, Göttingen, Paris und Heidelberg. Nach seiner Promotion in Heidelberg ging er 1970 bis 1972 als Postdoktorand an die Universität von Berkeley, Kalifornien, USA. 1978 wurde er Professor für Experimentalphysik an der Universität Heidelberg. 1984 erhielt er ein IBM-Stipendium für die Forschungslaboratorien der IBM in San Jose, Kalifornien, wo er seitdem regelmäßig Forschungsaufenthalte absolviert. 1986 trat er in die Zentralen Forschungslaboratorien der Siemens AG in Erlangen ein und leitete dort die Abteilung für Verbindungshalbleiter und Leuchtstoffe. 1991 nahm er seine Lehrtätigkeit an der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg auf. Sein Arbeitsgebiet sind die Halbleiter großer Bandlücke, im Besonderen Siliziumkarbid und Aluminiumnitrid, sowie Leuchtstoffe für optoelektronische und medizinische Anwendungen. Aus seinem Lehrstuhl ging das Unternehmen SiCrystal AG hervor, ein weltweit tätiger Hersteller von Siliziumkarbid-Halbleitermaterial. Albrecht Winnacker ist Mitglied der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Honorarprofessor für Physik der Universität Heidelberg und Mitglied der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften (acatech).

> acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN

acatech vertritt die Interessen der deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu erleichtern und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um die Akzeptanz des technischen Fortschritts in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft deutlich zu machen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; der Vorstand, der von den Mitgliedern der Akademie bestimmt wird, lenkt die Arbeit; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten aus Industrie, Wissenschaft und Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin vertreten.

Weitere Informationen unter www.acatech.de

> acatech diskutiert

Die Reihe „acatech diskutiert“ dient der Dokumentation von Symposien, Workshops und weiteren Veranstaltungen der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften. Darüber hinaus werden in der Reihe auch Ergebnisse aus Projektarbeiten bei acatech veröffentlicht. Die Bände dieser Reihe liegen generell in der inhaltlichen Verantwortung der jeweiligen Herausgeber und Autoren.