

Klaus-Rainer Bräutigam
Alexander Gerybadze (Hrsg.)

Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber

Mit Beispielen aus der Materialforschung

 Springer

VDI

Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber

Klaus-Rainer Bräutigam • Alexander Gerybadze
Herausgeber

Wissens- und Technologietransfer als Innovationstreiber

Mit Beispielen aus der Materialforschung



Springer

Herausgeber

Dipl.- Phys. Klaus-Rainer Bräutigam
Institut für Technikfolgenabschätzung und
Systemanalyse
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
76021 Karlsruhe
Deutschland
braeutigam@kit.edu

Prof. Dr. Alexander Gerybadze
Forschungszentrum Innovation und
Dienstleistung (FZID)
Universität Hohenheim
70593 Stuttgart
Deutschland
gerybadze@uni-hohenheim.de

ISBN 978-3-642-16512-2

e-ISBN 978-3-642-16513-9

DOI 10.1007/978-3-642-16513-9

Springer Heidelberg Dordrecht London New York

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

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandentwurf: WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Vorwort

Neue Materialien sind ein wesentlicher Bestandteil hochinnovativer Technikfelder. Daher bildet die Entwicklung von neuen Materialien sowie von Technologien für deren Produktion und Verarbeitung eine wichtige Grundlage der allgemeinen Technikentwicklung. Viele Erfolge in einer Reihe von Schlüsseltechnologien – wie etwa Bio-, Energie- und Fahrzeugtechnik – wären ohne den Einsatz neuer Materialien nicht denkbar. Nur ein Teil der Neuentwicklungen in der Materialforschung kann jedoch wirtschaftlich erfolgreich eingesetzt werden. Dies ist im Regelfall dann möglich, wenn durch die Materialinnovation neue Produkte ermöglicht und durch diese wiederum neue Märkte erschlossen werden können. Neue Funktionswerkstoffe, die nur in geringen Mengen benötigt werden, finden dagegen oft keinen Hersteller, da die Aufwendungen für ihre Entwicklung hoch sind und gleichzeitig die beim Hersteller selbst stattfindende Wertschöpfung zu gering ist.

Die Entwicklung neuer Werkstoffe und deren Überführung in marktfähige Produkte erfolgt in einem Prozess, dessen Erfolg wesentlich von der Qualität der Zusammenarbeit von Materialforschung, Materialherstellung und diesbezüglicher Verfahrenstechnik sowie dem Endanwender und seiner Fertigungstechnik geprägt ist. Dies führt zu einer Reihe von Forschungsfragen, welche auch die Transferkompetenz staatlich finanzierter Forschung berühren. Bei den Forscher(inne)n aus der Materialforschung selbst wächst zudem der Bedarf, sich kompetent und erfolgreich innerhalb der verschiedenen Optionen des Technologietransfers zu bewegen und dabei die eigenen Chancen und Nachteile reflektieren zu können.

Der aktuelle Stand der Forschung zur Analyse dieser Innovations- und Transferprozesse bietet kaum empirische Studien, die auf der Ebene konkreten Forschungs- und Entwicklungshandelns ansetzen und die Ergebnisse dieser Analysen mit Erkenntnissen der Wissenssoziologie, Innovationsforschung und Technikfolgenabschätzung verknüpfen. Das hier vorliegende Buch versucht, dieser Situation in besonderer Weise Rechnung zu tragen, indem es Ergebnisse einer über einen längeren Zeitraum durchgeführten begleitenden Untersuchung von konkreten Transfervorhaben mit verschiedenen analytischen und theoretischen Perspektiven verbindet.

In dem von der Helmholtz-Gemeinschaft e. V. aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds unter der Vertragsnummer SO-031 geförderten Projekt „Wissens- und

Technologietransfer in der Materialforschung – Merkmale und Bedingungen erfolgreicher Produktinnovation (InnoMat)“ wurde daher empirisch der Wissens- und Technologietransfer aus staatlich finanzierten Forschungseinrichtungen in die industrielle Anwendung untersucht. Als Beispiele dienten neun Materialforschungsprojekte aus drei Typen von Forschungsorganisationen (Fraunhofer-Institute, Technische Universitäten sowie die Helmholtz Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren). Diese Arbeiten wurden gemeinsam von Forschungspartnern der Forschungsstelle Internationales Management und Innovation der Universität Hohenheim, dem Deutschen Forschungsinstitut für Öffentliche Verwaltung Speyer, dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) Karlsruhe sowie dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) durchgeführt, wobei letztgenanntem auch die Leitung des Gesamtprojektes oblag.

Transferprozesse in der Materialforschung zeichnen sich durch hohe Komplexität, die Beteiligung unterschiedlichster Akteure und lange Laufzeiten aus. Erhebungsverfahren müssen daher speziell ausgewählt und darauf abgestimmt werden. In InnoMat wurden systemanalytische Fragestellungen mit etablierten sozialwissenschaftlichen Instrumenten kombiniert. Das Forschungsdesign war explorativ und dialogisch ausgerichtet. Sowohl Materialforschungsteams als auch potentielle Anwender wurden früh in die Durchführung der Studie eingebunden. Zu den eingesetzten Forschungsverfahren gehörten unter anderem Leitfaden-Interviews, teilnehmende Beobachtungen, Workshops mit den Forschungspartnern und den Materialforschern, Dokumentenanalyse und Telefoninterviews sowie themenzentrierte Experten-Interviews.

Das Kap. 1 des Buches beschreibt die Zielsetzung der Studie sowie das Projektdesign und gibt einen kurzen Überblick über die in der Studie untersuchten Transferprojekte. In Kap. 2 werden die Bedeutung der Materialforschung, deren Charakterisierung als sektorübergreifendes Forschungs- und Innovationsfeld sowie das Management von Werkstoff-Innovationsprojekten thematisiert. Darüber hinaus werden wichtige Grundlagen für die Folgekapitel des Buches gelegt. Das dritte Kapitel geht zunächst auf das Konzept der nationalen Innovationssysteme ein. Anschließend wendet es sich Aspekten des Wandels der Materialforschung und der Passförmigkeit von materialwissenschaftlichen Anforderungen an die Governance von Forschungs- und Transferprozessen und den institutionellen Strukturen des deutschen Innovationssystems zu. Kapitel 4 enthält eine kurze Beschreibung der neun in InnoMat beobachteten Transferprojekte aus der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V., aus Instituten der Fraunhofer Gesellschaft sowie aus Technischen Universitäten. Dabei wird einerseits auf die technischen Spezifika der jeweiligen Projekte als auch auf den Verlauf des Transfervorhabens eingegangen. Da mit dem Forschungsvorhaben InnoMat ein dialogischer Forschungsprozess gewählt wurde, nahm auch die Partizipation der Forschungspartner aus der Materialforschung eine besondere Rolle ein. Durch drei Interviewwellen mit jeweils neun Interviews sowie drei gemeinsamen Workshops wurden die Forschungsgruppen über einen Zeitraum von zwei Jahren beobachtet. Die Ergebnisse dieser „Beobachtung“ werden ausführlich in Kap. 5 dargestellt.

Das Kap. 6 erörtert die Begriffe Ziele, Zielsysteme, Erfolg, Erfolgsfaktoren und Erfolgsmaße von Wissens- und Technologietransfer im Allgemeinen und anhand der Spezifika der neun in InnoMat untersuchten Transferprojekte. Um den Prozess des Wissenstransfers und des Projektmanagements in Werkstoff-Innovationsprojekten eingehend zu untersuchen, wurden aus den neun in InnoMat untersuchten Transferprojekten zwei Werkstoff-Innovationsprojekte ausgewählt, die in einem explorativen Vorgehen über etwa drei Jahre intensiv begleitet und beobachtet wurden. Im Kap. 7 erfolgt eine Beschreibung dieser Werkstoff-Innovationen, des relevanten Marktkontexts und der beteiligten Akteure sowie deren Rolle und Aktivitäten innerhalb der Kooperation. Das Kap. 8 geht auf die unterschiedlichen Forschungs- und Transferstrategien der großen Wissenschaftsorganisationen in der außeruniversitären Forschung Deutschlands ein. Im Kap. 9 wird mit Hilfe wichtiger theoretischer Grundlagen und der Darstellung sowie Visualisierung empirischer Ergebnisse ein Überblick zu Innovationsnetzwerken und Clustern im Bereich neuer Werkstoffe gegeben. Das Kap. 10 fasst dann die in den einzelnen Kapiteln dargestellten Ergebnisse zusammen und erarbeitet daraus Empfehlungen für Forscherteams, Forschungseinrichtungen, für die Forschungspolitik sowie für das Innovationsmanagement.

Die Durchführung des Projekts war nur mit der engagierten Beteiligung der Wissenschaftler aus den neun untersuchten Transferprojekten möglich. Die drei Interviewwellen mit jeweils mindestens einem Interview pro Transferprojekt mit Wissenschaftlern aus den Transferprojekten sowie die drei mit Vertretern aller Transferprojekte durchgeführten Workshops lieferten dabei die empirische Datenbasis für die vorliegende Studie. Wir möchten uns daher bei den am Projekt InnoMat beteiligten Wissenschaftlern von folgenden Einrichtungen ganz herzlich bedanken:

- Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik des Karlsruher Instituts für Technologie,
- Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V., Stuttgart,
- Institut für Werkstoffe und Verfahren der Energietechnik 1 des Forschungszentrums Jülich
- Fraunhofer Institut für Chemische Technologie, Karlsruhe
- Fraunhofer Institut für Silicatforschung, Würzburg
- Fraunhofer Institut für keramische Technologien und Sinterwerkstoffe, Dresden
- Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen sowie der 3T TextilTechnologie-Transfer GmbH, Aachen
- Institut für Werkstoffwissenschaften – Lehrstuhl für Polymerwerkstoffe der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
- Institut für Polymer -Werkstoff- und Kunststoff-Technik der Technischen Universität Clausthal-Zellerfeld

Besonderer Dank gilt Lambert Feher vom Karlsruher Institut für Technologie, der sich intensiv an der Diskussion von Konzeption und Ergebnissen des Vorhabens beteiligt hat sowie Yasmin Dorostan, die die geführten Interviews transkribiert und

während eines Praktikums am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse zur Auswertung der Interviews beigetragen hat.

Karlsruhe
Stuttgart

Klaus-Rainer Bräutigam
Alexander Gerybadze

Inhalt

1	Zur Zielsetzung der Studie und ihrem Projektdesign	1
	Peter Hocke, Klaus-Rainer Bräutigam, Torsten Fleischer und Anna Schleisiek	
2	Bedeutung der Materialforschung und Stand der Forschung im Bereich des Managements von Werkstoff-Innovationsprojekten	17
	Alexander Gerybadze, Daniel Gredel und Christopher Gresse	
3	Governance des deutschen Forschungssystems	77
	Hans-Willy Hohn	
4	Anwendungsfelder	107
	Klaus-Rainer Bräutigam, Torsten Fleischer und Peter Hocke	
5	Wie Wissenschaftler Transferprozesse gestalten: Technologietransfer im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Wirtschaft	127
	Anna Schleisiek, Klaus-Rainer Bräutigam, Torsten Fleischer und Peter Hocke	
6	Erfolg von Technologietransfer in der Materialforschung	181
	Joachim Hemer	
7	Fallstudien zum Management von Werkstoff-Innovationsprojekten	207
	Alexander Gerybadze, Daniel Gredel und Christopher Gresse	
8	Institutionelle Dynamik und Persistenz im deutschen Forschungssystem	247
	Hans-Willy Hohn	

9 Regionale Cluster im Bereich neuer Werkstoffe und ihre Bedeutung für die Innovationsfähigkeit von Unternehmen	267
Alexander Gerybadze und Sylvie van Cour	
10 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	281
Klaus-Rainer Bräutigam, Torsten Fleischer, Alexander Gerybadze, Daniel Gredel, Christopher Gresse, Joachim Hemer, Peter Hocke, Hans-Willy Hohn und Anna Schleisiek	
Anhang: Empirisches Design und Vorgehen im Rahmen der qualitativen Sozialforschung in Kapitel 5	303
Anna Schleisiek	
Bibliographie	317
Sachverzeichnis	329

Autorenverzeichnis

Dipl.- Phys. Klaus-Rainer Bräutigam studierte Physik an der TU Hannover und ist seit 1977 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Seine Arbeitsschwerpunkte sind systemanalytische Studien zu unterschiedlichen Technologien und technischen Verfahren und hier insbesondere deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), 76021 Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: braeutigam@kit.edu

Sylvie van Cour ist seit Januar 2009 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Forschungsstelle Internationales Management und Innovation der Universität Hohenheim. Sie studierte Kommunikationswissenschaften mit betriebswirtschaftlichem Schwerpunkt an der Universität Hohenheim und der Université de Nice Sophia Antipolis. Ihre Studienschwerpunkte waren insb. Internationales Management, Marketing, BWL/VWL und Public Relations. Ihre Forschungsschwerpunkte sind regionale Innovationscluster sowie die Bedeutung von Talentmigration für das Innovationsmanagement. Hierbei untersucht sie speziell die Rolle von ausländischen Hochqualifizierten in F&E-intensiven, multinationalen Unternehmen.

Forschungszentrum Innovation und Dienstleistung (FZID), Forschungsstelle Internationales Management und Innovation, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland
E-Mail: sylvie.van.cour@uni-hohenheim.de

Torsten Fleischer stellvertretender Leiter des Forschungsbereichs „Innovationsprozesse und Technikfolgen“ am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Studium der Physik in Berlin, ab 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Angewandte Systemanalyse des Kernforschungszentrums Karlsruhe. Seit 1995 mehrjährige Tätigkeit am Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) in Bonn bzw. Berlin. Koordiniert seit 2003 die ITAS-Arbeiten zum Thema Nanotechnologie, unter anderem als Leiter des HGF-Projektes NanoHealth und des

ITAS-Teils im BMBF-Projekt NanoCare. Forschungsinteressen: Technikfolgenabschätzung und Innovationsforschung bei Neuen Materialien und Nanotechnologien sowie deren Anwendungen im Energie- und Verkehrsbereich; Methoden und Verfahren der Technikfolgenabschätzung und der Wissenschaftskommunikation.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), 76021 Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: torsten.fleischer@kit.edu

Prof. Dr. Alexander Gerybadze Professor für Internationales Management an der Universität Hohenheim und Vorstand am Forschungszentrum Innovation und Dienstleistung (FZID). Mitglied der Expertenkommission Forschung und Innovation der Bundesregierung (EFI). Studium der Wirtschaftswissenschaften und Mathematik in Heidelberg und Business Administration in Stanford. Promotion zum Dr. rer. pol. in Heidelberg. 1981–1983 VDI-Technologiezentrum Berlin. 1984–1991 Arthur D. Little International, Mitglied der Geschäftsleitung und des Europäischen Direktoriums. Aktuelle Forschungs- und Beratungsschwerpunkte zu internationalen Hightech-Strategien, zur Organisation von Forschung und Wissenstransfer und zum Management von Verbundprojekten. Einer der Anwendungsschwerpunkte liegt im Bereich der Effizienzsteigerung und Kostensenkung bei Werkstoff-Innovationsprojekten.

Forschungszentrum Innovation und Dienstleistung (FZID), Forschungsstelle Internationales Management und Innovation, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland
E-Mail: gerybadze@uni-hohenheim.de

Daniel Gredel ist seit 2006 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Forschungsstelle Internationales Management und Innovation der Universität Hohenheim. Er studierte Betriebswirtschaftslehre an der Hochschule Reutlingen und der Universidad Politécnic de Valencia. Seine Forschungsschwerpunkte sind das Management von geistigem Eigentum (Intellectual Property Management), insbesondere in F&E-Kooperationen, sowie der Wissens- und Technologietransfer zwischen öffentlicher Forschung und Industrie. In 2010 absolvierte er einen Aufenthalt als Gastwissenschaftler an der Haas School of Business der University of California in Berkeley.

Forschungszentrum Innovation und Dienstleistung (FZID), Forschungsstelle Internationales Management und Innovation, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland
E-Mail: daniel.gredel@uni-hohenheim.de

Dr. Christopher Gresse hat an der Forschungsstelle Internationales Management und Innovation der Universität Hohenheim in Forschungs- und Entwicklungsoperationen promoviert. Er studierte Psychologie mit den Schwerpunkten Arbeits- und Organisationspsychologie sowie Kognitionspsychologie an der Philipps-Universität Marburg und an der RWTH Aachen. Gegen Ende des Studiums war er auch als Gastwissenschaftler an der State University of New York in Binghamton tätig.

Den internationalen Aspekt des Wissenstransfers untersuchte er während eines Forschungsaufenthaltes an der University of California in Berkeley. Seine Forschungsschwerpunkte sind das Innovationsmanagement und die Organisation von technologiebezogenem Wissenstransfer. Mittlerweile arbeitet Dr. Gresse im Bereich Business Innovation in der Automobilindustrie.

Forschungszentrum Innovation und Dienstleistung (FZID), Forschungsstelle Internationales Management und Innovation, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland
E-Mail: christopher@gresse.org

Joachim Hemer studierte Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesens an der TU Darmstadt. Abschluss 1977 als Diplom-Wirtschaftsingenieur. 1977 bis 1979 wissenschaftlicher Mitarbeiter der TU Darmstadt in einem Forschungsprojekt über die wirtschaftlichen Auswirkungen des informellen Wohnungsbaus in Entwicklungsländern. Danach 8 Monate Studienleiter Industriemarktforschung beim Marplan-Töpfer Marktforschungsinstitut, Rodgau. Seit September 1980 Mitarbeiter des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe. Gegenwärtige Arbeitsschwerpunkte: Innovationsdienstleistungen, Förderung technologieorientierter kleiner und mittlerer Unternehmen, Gründungs- und Entwicklungsprozesse junger technologieorientierter Unternehmen, akademische Ausgründungen, Innovationsfinanzierung, Beteiligungskapitalmärkte, regionale technologiepolitische Analysen, Evaluation von Technologieförderprogrammen, wissenschaftliche Begleitung und Beratung von Projektträgern von Innovationsförderprogrammen, Instrumente der Technologie-, Innovations- und Förderpolitik, internationale Politikberatung, Technologietransfer und Zusammenarbeit Wissenschaft-Industrie.

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: joachim.hemer@isi.fraunhofer.de

Dr. Peter Hocke Diplompolitologe Dr. phil., „senior fellow“ am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) (früher Forschungszentrum Karlsruhe). Studium der Politischen Wissenschaft, Philosophie und Soziologie in Regensburg und Berlin, in den 1990er Jahren wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung „Öffentlichkeit und soziale Bewegungen“ am Wissenschaftszentrum Berlin, seit 2001 aktiv in der problemorientierten Forschung und der Politikberatung am ITAS, seit 2005 Leiter des Redaktionsteams der Zeitschrift „Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis“ und seit 2008 wissenschaftliche Moderation im Bereich der nuklearen Entsorgung. Forschungsinteressen: Soziale und politische Konflikte beim Einsatz von Technologien, die Endlagerung nuklearer Abfälle, Expertenhandeln und Neue Materialien im Kontext der Technikfolgenabschätzung.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), 76021 Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: peter.hocke@kit.edu

PD Dr. Hans-Willy Hohn geb. 1953, Privatdozent an der Fakultät für Soziologie, Dr. rer. soc., Studium der Soziologie, Diplom, Promotion und Habilitation an der Universität Bielefeld. Von 1980 bis 1985 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Internationalen Institut für Management und Verwaltung/Arbeitsmarktpolitik, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB). 1985 bis 1986 Assistent am Lehrstuhl für Soziologie der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Münster. Von 1987 bis 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung Köln. Seit 2002 Senior Researcher am Deutschen Forschungsinstitut für Öffentliche Verwaltung Speyer. Tätigkeits-schwerpunkte: Soziologie der Zeit, Arbeitsmarktpolitik, Industrielle Beziehungen, Theorie und Empirie des kooperativen Föderalismus, Globalisierung und die Entwicklung nationaler Innovationssysteme.

Deutsches Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung Speyer, Freiherr-vom-Stein-Straße 2, 67346 Speyer, Deutschland
E-Mail: hwhohn@hwhohn.de

Anna Schleisiek Doktorandin am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Studium der Soziologie (Diplom) mit den Wahlpflichtfächern Politikwissenschaft und Statistik an der Freien Universität Berlin (1998–2005). Wissenschaftliche Mitarbeiterin am ITAS mit Schwerpunkten in Wissenschaftsforschung und qualitativer Sozialforschung (2006–2009). Bereitet eine Dissertation zur Einführung ökonomischer Prinzipien in die wissenschaftliche Praxis vor.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), 76021 Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: anna.schleisiek@kit.edu

Kapitel 1

Zur Zielsetzung der Studie und ihrem Projektdesign

Peter Hocke, Klaus-Rainer Bräutigam, Torsten Fleischer und Anna Schleisiek

Inhalt

1.1	Einleitung	2
1.2	Technologietransfer	3
1.3	Zum Projekt	7
1.4	Zu den Heimatorganisationen der untersuchten Materialforscher	9
1.5	Projektmodule und „dialogischer Forschungsprozess“	11
	Literatur	15

Zusammenfassung Materialwissenschaften, Materialentwicklung und Werkstofftechniken werden weithin als Fundament für die allgemeine Technikentwicklung gesehen, da sie Basisinnovationen und die Anwendung von neuen Technologien in nahezu allen Bereichen moderner Volkswirtschaften überhaupt erst ermöglichen. In diesem einleitenden Kapitel wird zunächst auf die Rolle der öffentlichen Forschungsförderung im Bereich der Materialforschung und Werkstofftechnik eingegangen. Anschließend wird die Bedeutung des Begriffs „Technologietransfer“ erläutert. Die in den weiteren Kapiteln ausführlich dargestellte Studie beruht in ihren Kernelementen auf eigenen empirischen Erhebungen und Recherchen. Ausgangspunkt der Studie, deren Zielsetzung und konzeptionelles Design skizziert wird, sind dabei Transfervorhaben und -projekte, die sich an neun verschiedenen Forschungseinrichtungen aus der Fraunhofer-Gesellschaft, der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren sowie der Technischen Universitäten der Herausforderung stellen, Transfervorhaben im Feld neuer Materialien erfolgreich umzusetzen.

P. Hocke (✉)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), 76021 Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: peter.hocke@kit.edu

1.1 Einleitung

Techniken zur Herstellung und Verarbeitung neuer Werkstoffe können als Schlüsseltechnologien für innovationsorientierte Industriegesellschaften gelten. Materialwissenschaften, Materialentwicklung und Werkstofftechniken werden weithin als Fundament für die allgemeine Technikentwicklung gesehen, da sie Basisinnovationen und die Anwendung von neuen Technologien in nahezu allen Bereichen moderner Volkswirtschaften überhaupt erst ermöglichen. In vielen Fällen hängen Innovationen in produktbezogenen Technikfeldern entscheidend davon ab, dass Materialien mit den erforderlichen Eigenschaften entwickelt werden und für Endprodukthersteller verfügbar sind. In diesem Sinne sind Neue Materialien und Werkstofftechniken¹ ermöglichende Techniken („enabling technologies“) für andere Technikfelder und damit eine wichtige Voraussetzung für Innovationsfähigkeit und Wirtschaftskraft. So ist beispielsweise die moderne Informations- und Kommunikationstechnik undenkbar ohne die Fähigkeit, das Halbleitermaterial Silizium in geeigneter Form herzustellen und zu bearbeiten. Aber auch für eher traditionelle Branchen wie die Automobilindustrie spielen neue Werkstoffe wie moderne Stähle – und in Zukunft möglicherweise auch in größerem Umfang Verbundmaterialien – eine wichtige Rolle zur Herstellung innovativer Produkte. Die Bedeutung wird auch durch zwei volkswirtschaftliche Kennziffern ausgedrückt: Nach einer Studie der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften („Acatech“) erzielten die wichtigsten werkstoffbasierten Branchen in Deutschland einen jährlichen Umsatz von nahezu 1 Billion € und beschäftigten rund 5 Mio. Menschen (Acatech 2008).

Dieser Tatsache trägt auch die öffentliche Forschungsförderung Rechnung. Materialforschung und Werkstofftechnik werden durch verschiedene Institutionen sowohl im Rahmen der institutionellen Förderung als auch der Projektfinanzierung unterstützt. Eine eigenständige Förderung der Materialforschung im Rahmen von Förderprogrammen findet durch die Bundesregierung seit den späten 1960er Jahren statt. Die in dieser ersten Phase gewonnenen Ansätze und Erfahrungen zur staatlichen Förderung im Bereich der Material- und Werkstofftechnologien wurden ab 1975 fortgeführt durch eine Förderung im Rahmen des Programms „Rohstoffforschung“, in dem ein zunehmendes Spektrum an Arbeiten aus dem Bereich Rohstoffe und deren industrieller Verwendung sowie der Material- und Werkstofftechnologien gefördert wurde. Ende der siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts erfolgte eine Ausweitung der Förderung auf weitere Werkstoffgruppen im Bereich Eisen und Stahl, bevor die unterschiedlichen Ansätze aus dieser Zeit kritisch untersucht und ab 1985 im Programm Materialforschung (1985–1994) zusammengeführt wurden (Dörfler 2003). Dieses Programm formuliert erstmals ein Rahmenprogramm, in dem die gesamte allgemeine Werkstoffforschungsförderung abgedeckt und zusammengefasst ist. In seinem Zentrum stehen Werkstoffe mit einem besonders hohen Innovationspotenzial, die in einzelnen Werkstoffgruppen zusammengefasst

¹ Unter Werkstofftechniken sind die Prozesstechniken zu verstehen, die zur Herstellung und Verarbeitung neuer Materialien benötigt werden.

(keramische, polymere und metallische sowie Verbundwerkstoffe) und die mit jeweils spezifischen Teilzielen schwerpunktmäßig gefördert wurden.²

Eine erneute Neuausrichtung erfuhr die Förderung ab 1994 mit dem Programm MaTech. Darin ist die Förderung von Projekten nicht mehr von der Werkstoffgruppe, sondern von der Anwendungsseite der Werkstoffe für „Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts“ (BMFT 1994) in bestimmten industriellen Anwendungsfeldern (Informationstechnik, Verkehrstechnik, Energietechnik, Medizintechnik, Fertigungstechnik sowie neue Felder und Querschnittstechniken) abhängig.

Das aktuelle, 2003 vorgestellte Rahmenprogramm der Bundesförderung „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“ will die bisher vorliegenden guten Erfahrungen mit der anwendungsorientierten Ausrichtung der Projekte, den geschaffenen Verbundstrukturen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sowie der Integration von Kleinen und Mittleren Unternehmen (KMU) in den Innovationsprozess nutzen und darüber hinaus die Multidisziplinarität steigern, indem man die für eine erfolgreiche Werkstoffentwicklung relevanten Wissenschaftsdisziplinen und Technologien möglichst auf Projektebene miteinander vernetzt (BMBF 2003). Dabei soll das Programm inhaltlich offener, am gesellschaftlichen Bedarf orientiert und mit flexibleren Handlungsfeldern ausgestaltet sein.

Insbesondere den jüngeren Rahmenprogrammen zur Forschungsförderung im Werkstoffbereich ist eine starke Anwendungsorientierung sowie ein deutliches Bekenntnis zu wirtschaftspolitischen Förderzielen wie die Stärkung der Innovationskraft von Unternehmen (WING) oder die Erarbeitung günstiger nationaler Technologiepositionen (MaTech) gemeinsam. Darum wird in ihnen dem Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen (F&E-Ergebnissen) in die industrielle Anwendung eine Schlüsselrolle zugewiesen.

1.2 Technologietransfer

Erfolgreicher Technologietransfer kann insbesondere in diesem Zusammenhang als ein wichtiger Stimulus für innovationsorientierte Industriegesellschaften betrachtet werden. Gerade in Zeiten wirtschaftlicher Krisen wird der Stellenwert, den industrielle Innovationen für wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit und Stabilität besitzen, besonders deutlich. Diese Bedeutung äußert sich nicht nur in politischen Bekundungen und forschungspolitischen Programmen, sondern auch in der Forschungsliteratur. Bevor das entsprechend entwickelte Projektdesign näher beschrieben wird, muss der Schlüsselbegriff des Technologietransfers etwas näher beleuchtet werden.

Seit den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts hat der Begriff „Technologietransfer“ Einzug in das Vokabular der deutschsprachigen Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften gehalten. Wurde er in den frühen Jahren hauptsächlich im Zusammenhang mit dem Export von technologischem Wissen in Entwicklungsländer sowie in Bezug auf die Übertragung von Technologien aus deutschen Unternehmen

² Zur Evaluation dieses Programms siehe Braun et al. (1993).

in deren ausländische Produktionsstätten verwendet (Walter 2003), beschreibt er heute in erster Linie die Überführung von Technologien aus (in der Regel öffentlich geförderten) Forschungseinrichtungen in die Wirtschaft. In diesem Sinne soll er auch in der hier vorgelegten Arbeit verstanden werden.

Folgt man den synoptischen Darstellungen in der Literatur, so ist der Begriff nicht eindeutig festgelegt. Was genau unter „Technologietransfer“ zu verstehen ist und mit welcher theoretischen und analytischen Rahmung das jeweilig angesprochene Konzept verbunden wird, erfreut sich in der breiten Literaturdiskussion durchaus einer gewissen Pluralität.³ Der kleinste gemeinsame Nenner ist wohl, dass allen Beschreibungen eine Perspektive gemeinsam ist, Technologietransfer als einen Teil eines umfassenderen Innovationsprozesses zu sehen. Dieser prozessualen Sichtweise wohnt auch inne, Technologietransfer als ein Mittel zu begreifen, wissenschaftliches und technologisches Wissen in technisch-wirtschaftlich verwertbare Anwendungen zu überführen. Festzuhalten ist in diesem Kontext jedoch, dass nach Corsten Technologietransfer als „planvoller, zeitlich limitierter und freiwilliger Prozess der Übertragung einer Technologie“ betrachtet werden kann (Corsten 1982, S. 11).⁴

Lange Zeit wurden im klassischen Verständnis Innovationsprozesse als eine Kette sequentiell aufeinander folgender Phasen verstanden. Diese linearen Modelle beginnen mit einer Phase der Grundlagenforschung, die den Ausgangspunkt jeglicher Innovation bildet. Darauf folgen die Phasen der angewandten Forschung, der (Produkt-)Entwicklung und der Produktion, die schließlich in die Vermarktung (Diffusion⁵) der Innovation münden. Diese Auffassungen haben die frühe Transferforschung geprägt, und sie wirken teilweise bis heute nach.

Die lineare Perspektive auf den Innovationsprozess – wie auch auf den Technologietransfer – wurde in Teilen der Innovationsforschung durch ein komplexeres Modell abgelöst. So beschreibt Rogers Technologietransfer als bidirektionalen Austauschprozess und hält fest:

Technology transfer is the exchange of technical information between the R&D workers who create a technological information and the users of the new idea. The conventional conception of technology transfer is that it is a process through which the results of basic

³ Barry Bozeman fasst dies in seinem ausführlichen Übersichtsartikel – ein wenig launisch – wie folgt zusammen: „In the study of technology transfer, the neophyte and the veteran researcher are easily distinguished. The neophyte is the one who is not confused. Anyone studying technology transfer understands just how complicated it can be. First, putting a boundary on ‚the technology‘ is not so easy. Second, outlining the technology transfer process is virtually impossible because there are so many concurrent processes. Third, measuring the impacts of transferred technology challenges scholars and evaluators, requiring them to reach deep down into their research technique kit bag.“ (Bozeman 2000)

⁴ Dieser Transfer dient nach Corsten der „Reduzierung der Diskrepanz zwischen potenziellem und aktuellem Nutzungsgrad einer Technologie, die beim Technologienehmer häufig mit organisatorischen und/oder technologischen Veränderungen einher geht“ (Corsten 1982, S. 11). Dies können Veränderungen sein, die auch industrielle Anwender vor Herausforderungen stellen, die häufig und gerade unter Marktbedingungen nicht einfach umzusetzen sind.

⁵ Der Begriff der Diffusion von Innovationen wird in der Innovationsforschung auch breiter verwendet, was regelmäßig zu begrifflichen Missverständnissen führt.

and applied research are put into use. This view implies that technology transfer is a one-way process, usually from university-based basic researchers to individuals in private companies who develop and commercialize the technological innovation. Further, in this traditional and limited view of technology transfer, the technology is seen mainly as hardware technology, a physical product (...). Even when a technology moves in one direction, such as from university or a federal R&D lab to a private company, the two or more parties must participate in a series of communication exchanges as they seek to establish a mutual understanding about the meaning of the technology. (Rogers 1995, S. 141)

Gibson und Rogers (1994) unterscheiden drei unterschiedliche Ebenen (oder Grade) des Technologietransfers:

1. Wissen: Hier erfährt der Rezeptor (der „Empfänger“ im Prozess des Technologietransfers) von einer technischen Innovation und der dahinter stehenden neuen Idee (beispielsweise im Zuge der Medienberichterstattung).
2. Anwendung: Dabei hat der Rezeptor die Innovation in seine Organisation eingeführt.
3. Kommerzialisierung: Hier ist die Innovation in ein Produkt überführt worden, das auf dem Markt angeboten wird.

Kommerzialisierung ist von den Dreien der komplexeste und voraussetzungsvollste Teil des Transferprozesses. Er erfordert die größere Zeit und umfangreiche Ressourcen. Auch der kommunikative Aufwand zwischen den am Transfer Beteiligten ist deutlich höher als bei den beiden anderen Ebenen. Gerybadze, Gredel und Gresse weisen in diesem Kontext darauf hin, dass die Kommerzialisierung von Werkstoff-Innovationen einen strukturierten Synchronisierungsprozess zwischen Marktbedürfnissen und potentiellen Anwendungsfeldern sowie den durch eine Werkstoff-Innovation ausgelösten technischen Möglichkeiten erfordert (Gerybadze et al. 2010). Rogers resümiert wie folgt:

These three degrees of technology transfer have often not been recognized in the past, with the result that thinking and writing about technology transfer have been confusing. Scholars who study technology transfer agree, however, that this process often fails. Technology transfer is very difficult, in part because we have underestimated just how much effort is required for it to occur. (Rogers 1995, S. 142)

Moderne Innovationsforschung begreift Technologietransfer als Interaktions- oder Austauschprozess, der die Übertragung von technischem Wissen in die kommerzielle Nutzung zum Ziel hat. Nach Walter werden unter „Technologietransfer wertorientierte, planvolle und zeitlich limitierte Austauschprozesse zwischen Organisationen verstanden, welche die Übertragung von Technologien aus ihrer wissenschaftlichen Basis in wirtschaftliche Anwendungen zum Ziel haben“ (Walter 2003, S. 16).

Auch bei der Beschreibung des Austauschgegenstandes hat eine Begriffserweiterung stattgefunden. Während der Begriff „Technik“ im Allgemeinen nützliche Artefakte, deren Produktion sowie die Handhabung der Methode, ein Ergebnis zu erzielen, umfasst, schließt der Begriff neben dem manifesten Materiellen explizit auch als zweites die schwieriger zu fassende Komponente des „Wissens“ mit ein. Wissen ist dabei zu verstehen als all die immateriellen Komponenten, die zur Konzeption, Produktion und Nutzung von Technik sowie deren Weiterentwicklung und

Anpassung erforderlich sind; häufig handelt es sich dabei auch um „tacit knowledge“, das eng an Personen und Arbeitsgruppen gebunden ist und nicht-verschriftetes Erfahrungswissen einschließt. Da moderne Technik aber – so Schmoch – wesentlich auf neuem Wissen beruht, ist eine Differenzierung zwischen Technik und Technologie kaum noch möglich. Für den Technologietransfer bedeute dieses Verständnis in jedem Fall, dass der Transfer sowohl von Artefakten als auch von anwendungsorientiertem Wissen inkl. seiner taciten Komponenten gemeint sein muss (Schmoch 2001, S. 4). Entsprechend erscheint es wichtig, bei der Analyse von innovationsorientierten Transferprozessen immer sowohl auf die Ebene der zu transferierenden Artefakte als auch auf die der zu übermittelnden Wissenskomponenten zu achten.

Diese Sichtweise hat auch Einzug gehalten in die aktuellen Empfehlungen des Wissenschaftsrats zur Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Der Text liefert zwar keine explizite Definition, legt aber nahe, dass das Gremium Technologietransfer in engem Zusammenhang mit Wissenstransfer sieht, daher konsequent von Wissens- und Technologietransfer spricht und darunter „wechselseitigen Wissensfluss zwischen Akteuren aus Wissenschaft und Wirtschaft“ sowie den „Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (...) durch vielfältige Kanäle, die sich in ihrer Bedeutung sowohl für die einzelnen Einrichtungsformen der Wissenschaftslandschaft in Deutschland als auch für verschiedene wissenschaftliche Disziplinen unterscheiden“, versteht (Wissenschaftsrat 2007, S. 9). Unter den vielen möglichen Formen solcher Interaktionen gelten dem Wissenschaftsrat die folgenden als wesentlich: kooperative Forschung, An-Institute, Stiftungsprofessuren, gemeinsame Forschungseinrichtungen, Auftragsforschung und -entwicklung, Cluster, Patente und Lizenzen, Spin-offs, personengebundener Transfer und informelle Beziehungen (Wissenschaftsrat 2007, S. 34 ff.).⁶

Zugleich formuliert der Rat auch Warnungen an möglicherweise überbordende Erwartungen: Einerseits bestätigt er, dass die Beziehung von Wissenschaft und Wirtschaft enger geworden sei und sich gleichzeitig zu einem wichtigen Politikfeld entwickelt habe. Diese deutliche Annäherung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft über die vergangenen Jahrzehnte dürfe jedoch nicht dazu führen, dass sie deckungsgleich würden. Wissenschaft und Wirtschaft fußen „auf der Unterschiedlichkeit dieser beiden gesellschaftlichen Bereiche. Gerade durch die Verschiedenheit werden an den Schnittstellen von Wissenschaft und Wirtschaft kreative Potentiale freigesetzt ...“ (Wissenschaftsrat 2007, S. 11 f.). Auf der anderen Seite seien es aber gerade diese Unterschiede, die mitunter zu „Missverständnissen und falschen Erwartungen“ führen und produktive Interaktionen verhindern können. „Das Ziel nachhaltiger Innovationspolitik muss es daher sein, die Austauschprozesse zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu fördern, ohne dabei die Prinzipien und Handlungslogiken der beiden Bereiche zu vereinheitlichen.“ (ebd.)

⁶ Schmoch führt als weitere wichtige Interaktionsformen noch Publikationsaustausch, Konferenzen und Workshops, Personalvermittlung, Diplom- und Doktorarbeiten, die Ausrichtung von Seminaren und die industriennahe Gremientätigkeit an (Schmoch 2003, S. 262 ff.).

1.3 Zum Projekt

Das Projekt „Wissens- und Technologietransfer in der Materialforschung – Merkmale und Bedingungen erfolgreicher Produktinnovation (kurz: InnoMat)“ wird geprägt von der Fragestellung nach Merkmalen erfolgreichen Wissens- und Technologietransfers zwischen Materialforschungsteams aus öffentlich finanzierten Forschungseinrichtungen und Anwendern in Unternehmen, die für die Entwicklung innovativer Produkte und Verfahren die Verantwortung übernehmen. Die Anwender in Unternehmen entscheiden in diesen Prozessen sowohl darüber, ob Entwicklungsergebnisse in die unternehmensinterne F&E-Praxis aufgenommen werden als auch darüber, ob Entwicklungen Erfolg versprechender Neuer Materialien bis zur Produktreife fortgeführt werden. Gegenstand der Untersuchung sind sowohl neue Materialien („advanced materials“) als auch Techniken und Verfahren für ihre Herstellung und Verarbeitung. Viele Erfolge, insbesondere solche im Feld der Schlüsseltechnologien, wären nicht ohne die Innovationskapazität der Materialforschung erreicht worden. Ein Ziel von InnoMat ist daher auch, am Beispiel von Projekten in der Materialforschung Erfolgsfaktoren für die Entwicklung von innovativen Produkten herauszuarbeiten. Dabei wurde in InnoMat sowohl auf empirischer als auch auf analytisch-konzeptioneller Ebene ein neuer Ansatz gewählt, der das Handeln von Forscherteams wie auch ihre Kontextstrukturen berücksichtigt. Die dabei entstehenden Ergebnisse werden in die relevanten fachlichen Diskussionen eingebunden, die sich dieser breiten Fragestellung annehmen. Der gewählte Ansatz ist ein mikrosoziologischer, bei dem die Akteure und ihre Transfervorhaben analytisch in den Mittelpunkt des Interesses gerückt werden. Bei der Systematisierung der Beobachtungen werden auf der empirischen Ebene Ergebnisse der Wissenssoziologie, der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung und der Managementdiskussion ebenso berücksichtigt wie die Resultate der Innovationstheorie und der Studien zu Technologie- und Wissenstransfer. InnoMat deckt dabei nicht alle Interaktionsformen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft in ihrer Breite ab, sondern konzentriert sich auf solche, die im empirischen Modul repräsentiert sind.

Auch wenn insbesondere in der in Deutschland geführten Diskussion über Technologietransfer und Forschungspolitik die (manchmal nur vermeintlich) vorhandenen Defizite des deutschen Forschungssystems thematisiert werden, muss folgendes Grundproblem berücksichtigt werden: Große Unternehmen können aufgrund ihrer Ressourcenbasis die zeit- und kostenintensive Entwicklung neuer Materialien für die Herstellung neuer Produkte oder die Entwicklung neuer Verfahrenstechniken in den F&E-Abteilungen des Unternehmens selbst durchführen; im Erfolgsfall können die bei der erfolgreichen Vermarktung erwirtschafteten Überschüsse wiederum genutzt werden, um die F&E-Kosten unternehmensintern zu refinanzieren. Gerade im Vergleich zu KMU besitzen Großunternehmen dabei die Möglichkeit, Prozesse der Refinanzierung flexibler zu handhaben oder diese auch bei ausreichenden Marktchancen zu „strecken“, wenn nicht gar in Vorleistung zu treten. Für produktionsnahe KMU, die ebenso in vielen Fällen von neuen Materialien abhängig sind, sind die Spielräume meist deutlich geringer (u. a. wegen der dünneren Kapitaldecke). Da KMU eine wichtige Säule der deutschen Wirtschaft sind und

die deutsche Materialforschung als ein aussichtsreiches Themenfeld einzustufen ist, wird immer wieder die Forderung nach einer Intensivierung und verstärkten Steuerung der Wissens- und Technologietransfer-Aktivitäten zwischen staatlichen Forschungseinrichtungen und innovationsorientierten Unternehmen laut. Die Hightech-Strategie der Bundesregierung ist in diesen Kontext einzuordnen.⁷ Auch bei den Technischen Universitäten (TU), der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) und der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) werden die Bemühungen intensiviert, beim Technologietransfer die Erfolge zu steigern und neue Forschungsk Kooperationen zu befördern, die wegen ihrer Qualität langfristige Erfolge auch in der Materialforschung ermöglichen. Ein Beispiel dafür sind die Forschungen im Bereich nanoskaliger Materialien, die als äußerst Erfolg versprechend eingestuft werden.

Da der Transfer neuer Materialien generell nur gelingen kann, wenn eine hochwertige und vertrauensvolle Kooperation zwischen Materialforschern, Materialherstellern, Anwendern, aber auch den Spezialisten aus der anzupassenden Verfahrenstechnik, hergestellt werden kann und da die oft sehr langen Entwicklungszeiten (bis zur Marktgängigkeit und entsprechenden Gewinnen) Ausdruck eines sehr vielschichtigen und komplexen Prozesses sind, stellt sich auf der analytischen Ebene die Frage, ob ausreichende „Transferkompetenzen“ auf allen beteiligten Seiten vorhanden sind. Auf Seiten der Materialforschung müssen Forschungsgruppen die aktuellen Herausforderungen bei der Wissensgenese antizipieren können und ihre Aufarbeitung sowohl bei der Grundlagenforschung als auch in ihren primär anwendungsorientierten Forschungssegmenten entsprechend vorbereiten, um dann bei unternehmerischen Anfragen zielgenau zuarbeiten zu können. Bei den nachfragenden Unternehmen müssen nicht nur Entwicklungspotenziale, sondern auch der Wissensstand zu den „angedachten“ neuen Materialien angemessen berücksichtigt werden, und bei den intermediären Einrichtungen (z. B. den Transferabteilungen in Großforschungseinrichtungen und Universitäten) müssen die Randbedingungen realistisch kalkuliert werden, bevor die allseits gewünschten win-win-Situationen vorbereitet und organisiert werden können.

In dieser Studie, die in ihren Kernelementen auf eigenen empirischen Erhebungen und Recherchen beruht, wird der Ausgangspunkt auf Transfervorhaben und -projekte gerichtet, die sich an neun verschiedenen Forschungseinrichtungen der Herausforderung stellten, Transfervorhaben im Feld neuer Materialien erfolgreich umzusetzen. Dabei waren sie nicht nur durch ihre Heimatorganisationen (FhG, HGF, TUs), also auf der Makroebene in sehr unterschiedliche Settings und „Möglichkeitenräume“ (rechtlich, institutionell-organisatorisch etc.) eingebettet. Sie gingen jeweils auf ihre Art und vor dem Hintergrund ihrer lokalen Bedingungen (Ausstattung von Laboren, Personal etc.) auf die anvisierten Ziele ausgesprochen engagiert und professionell zu; allerdings konnte auch beobachtet werden, dass sie sich auf der strategischen Ebene in überraschender Weise ausgesprochen unterschiedlich verhielten.

⁷ Zur Hightech-Strategie der Bundesregierung siehe BMBF (2006) und BMBF (2009).

Was die Ausgangsbedingungen in den drei verschiedenen institutionellen Typen von Heimatorganisationen (FhG, HGF, TU) waren, wird im folgenden Kapitel ebenso skizziert wie die Eingrenzung und Bestimmung all der Aktivitäten, die dem Technologietransfer zuzuschlagen sind. In diesem Zusammenhang werden auch einige theoretisch-konzeptionelle Bestimmungen eingeführt und in den dafür wichtigen Forschungskontext gestellt sowie die empirische Vorgehensweise skizziert.

1.4 Zu den Heimatorganisationen der untersuchten Materialforscher

Die drei Typen von Heimatorganisationen, aus denen jeweils drei Materialforschungsteams stammen, die näher befragt und über zweieinhalb Jahre begleitet wurden, werden in der Forschungsliteratur sehr unterschiedlich eingeschätzt. In Anlehnung an eine Studie von Schmoch et al. zeichnen sich Technische Universitäten (TUs) dadurch aus, dass sie vor allem bei F&E-Kooperationen, die sich über mittlere oder längere Zeiträume erstrecken, ihre Stärken entwickeln (Schmoch et al. 2001, S. XVII). Die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) wird demgegenüber als ein zentrales und effizientes Element des deutschen Transfersystems eingestuft, das in besonderer Weise die Modernisierung der deutschen Wirtschaft unterstützt (Schmoch et al. 2001, S. XIX). Bei aller Heterogenität, die für die Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) festgestellt wird, diagnostizieren Schmoch et al., dass die HGF-Zentren vorrangig auf Spin-off-Modelle ausgerichtet sind. Das bedeute, dass es eine aktive und sehr kompetente Suche nach Industriepartnern gäbe, die die Verwertung der mehr oder weniger zufälligen Forschungsergebnisse der HGF übernehmen (Schmoch et al. 2001, S. XXIII). Eingedenk der internen Restrukturierung, die die HGF in den letzten Jahren vollzog, sowie der Einführung der „Programmorientierten Förderung“ als HGF-Steuerungsinstrument, das Instrumente des Wettbewerbs zwischen den Forschungsbereichen in den verschiedenen HGF-Zentren einzuführen versucht, fand eine Öffnung dieser Dachorganisation der Großforschungszentren statt; diese Öffnung kann als tendenzieller Abschied vom Spin-off-Modell interpretiert werden. Ob es dadurch bereits zu einer Verschiebung des oben beschriebenen HGF-Transfermodus und evtl. neuen Konkurrenzen zwischen den genannten Forschungsorganisationen kommt, gehört zu den empirisch offenen Fragen, denen in InnoMat nachgegangen wird. Gleichzeitig ist zu klären, ob und inwiefern diese Unterschiede auch für die Materialforschung in den drei verschiedenen untersuchten Heimatorganisationen gelten.

Nach dem Diskussionsstand in der Literatur müssten gerade in dynamischen F&E-Feldern wie der Materialforschung Vernetzungsaktivitäten zwischen Forschungseinrichtungen und innovativen Unternehmen eine besondere Rolle spielen (Rammert 1997). Wenn „Erfolg“ im Technologietransfer das entscheidende Kriterium ist, dann muss weiterhin danach gefragt werden, wie diese Netzwerke im Einzelfall beschaffen und wie sie mit den „innovative environments“ (Castells 1996) verbunden sind.

Die empirischen Beobachtungen und die dabei eingesetzten Schlüsseltheoreme, die bei der Untersuchung konkreten Transferhandelns (hier aus der Materialforschung) in der vorliegenden Literatur als Forschungsstand vorzufinden sind, nehmen hauptsächlich die Makroebene in den Blick. Nach Ruud Smits besteht das Ziel der Analysen von einzelnen Innovationsprozessen einerseits darin, die mit ihnen einhergehenden sozio-technischen Prozesse besser zu verstehen; das bedeutet, dass eine konkrete Produktinnovation untersucht wird und mit den bei ihrer Vorbereitung und Einführung stattfindenden Interaktionen zwischen Technikentwickler und Anwender in Verbindung gesetzt wird; über dieses (Einzel-)Fall orientierte Vorgehen werden dann allgemeine Merkmale von Transferprozessen identifiziert (Smits 2002, S. 875). Die Alternative zu dieser ersten Forschungsstrategie fragt dagegen pointiert nach den „Innovationssystemen“, also mesotheoretischen Konstellationen, ihren Organisationsformen und der Entwicklung neuer institutioneller Transfermuster, die im Fall ihrer stabilen Institutionalisierung in besonderer Weise innovativ sein könnten. Zum Zeitpunkt der Planung dieser Untersuchung musste davon ausgegangen werden, dass für die deutsche Forschungslandschaft zusätzlich die Beobachtung von Schmoch zutrifft, dass systematische, multi-dimensionale und interdisziplinäre Studien über Transferpraxis und Erfolge der öffentlich finanzierten Forschung selten sind.⁸ Vor allem von niederländischen Kollegen wie Ruud Smits wird der innovationstheoretische Ansatz vertreten, dass der tief greifende Wandel von Innovationsprozessen unter Bedingungen beschleunigter Technisierung und Prozessen globalisierter Wertschöpfungsketten auch substantielle Veränderungen der Transferprozesse in etablierten bedeutsamen F&E-Feldern (insbesondere bei Schlüsseltechnologien wie der Materialforschung) hervorbringt. Mit welchem Ertrag dieser Ansatz verbunden ist, wäre genauer zu bestimmen. Ob allerdings die angenommenen starken und grundsätzlichen Veränderungen der Transfermodi tatsächlich mit den Erwartungen an Erfolg versprechende Innovationsprozesse kompatibel sind, ist noch als empirisch offene Frage zu behandeln. Sicher ist zutreffend, dass sich die Abnehmer dieser Entwicklungen (die „Anwender“) mit Verschiebungen der ökonomischen Ordnungen, aber auch der „Wissensordnungen“, aktiv auseinandersetzen müssen. Auch ist einzuräumen, dass die Grenzen zwischen Subsektoren (wie dem industriellen Subsektor und dem der Dienstleistungen) aufbrechen und neue Wissensordnungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sich nicht nur bei der Wissensgenese durchsetzen⁹; ob sie aber auch die Organisation, die Qualität und die Zeitdauer von Kooperationen zwischen Wissenschaft und industriellem Anwender auf neue Beine stellen, verdient näherer Prüfung.

Bei dem hier eingesetzten Verfahren, das nicht allein die Ergebnisse des Transfers (Erfolg oder Misserfolg), sondern auch den Input der Akteure betont, ist zu bedenken,

⁸ Die Vorbereitungen für das Projekt begannen bereits 2003/2004 und orientierten sich früh auf die Suche nach Materialforschungsteams, die bereit waren, sich über einen Zeitraum von rund zwei Jahren begleiten zu lassen. Realisiert werden konnte dieses Vorhaben erst 2005/2006 und gewann auch zu diesem Zeitpunkt erst seine empirische Gestalt (siehe dazu Bräutigam und Fleischer 2006).

⁹ Zum Konzept der Wissensordnungen und ihrer Relevanz im Kontext von Innovation siehe Wehling (2004) und Rammert (2003).

dass Institutionen generell, aber natürlich auch Forschungsorganisationen, „Routinen“ besitzen. Da mit Malerba unter diesen Routinen allgemeine Verhaltensweisen, etablierte Praktiken (informell, manchmal aber auch formell), normierte Regeln und Verfahren sowie auf der Mikroebene liegende Standards zu verstehen sind, ist davon auszugehen, dass sie sowohl für einzelne Materialforscher-Teams, aber auch für deren potentielle Anwender und deren Interaktionen mit den Materialforschern meist „steuernd“ wirken (Malerba 2002). Entsprechend galt es, ein forschungsleitendes Verfahren mit einer entsprechenden Konzeptionalisierung zu entwickeln, das diesen Routinen nachspürt und sie an den untersuchten Fällen rekonstruierbar macht.

1.5 Projektmodule und „dialogischer Forschungsprozess“

Wenn Erfolgsbedingungen für Technologietransfer reflektiert werden sollen, bieten sich verschiedene Herangehensweisen an. InnoMat hat sich dafür entschieden, die Aktivitäten von neun kleineren Materialforschungsteams ins Zentrum der Aufmerksamkeit zu stellen. Insofern orientiert sich das Projektdesign an den Transferaktivitäten, die von den Materialforschern während des zweijährigen Untersuchungszeitraums mit dem Ziel „Technologietransfer“ durchgeführt wurden. Diese Aktivitäten wurden jeweils durch mehrere strukturierte Interviews und teilnehmende Beobachtungen durch eines der InnoMat-Forscherteams begleitet und analysiert. Um dieses Kernmodul gruppieren sich eine Reihe weiterer Analysen, die von weiteren Forscherteams durchgeführt und unter der Leitung von ITAS (Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse im Karlsruher Institut für Technologie) zusammengeführt wurden. Die wissenschaftlichen Ergebnisse wurden einerseits für die Forschung aufbereitet, sie waren zugleich aber auch Gegenstand von Dialog und Reflexion mit den Materialforscherteams im Verlauf des Forschungsprozesses. Dieses „dialogische“ Modul wurde bewusst und kontrolliert in das Gesamtvorhaben integriert. Die Materialforscher hatten so die Möglichkeit, ausgewählte Forschungsergebnisse sowie die Beobachtungen und Erhebungen der Forscherteams mit diesen zu besprechen und kritisch zu diskutieren. Bevor auf das Projektdesign i. e. S. eingegangen wird, ist noch eine konzeptionelle Anmerkung von Bedeutung.

Bei der Konzeptionalisierung des Gegenstandes „Wissens- und Technologietransfer“ zeigte sich, dass die Forschung sich von linearen Vorstellungen dieses Transfers inzwischen weitgehend verabschiedet hat. Am Beginn der Wertschöpfungskette steht nicht mehr zuerst der (Material-)Forscher, der unabhängig von Gesellschaft und Wirtschaft Grundlagenforschung betreibt, deren Ergebnisse punktuell weiterentwickelt und publiziert werden, um so schrittweise Produkte und neue Verfahren vorzubereiten, die anschließend durch zufällige Kooperationen an einen Anwender weitergegeben werden. Dieser Anwender hatte in dem klassischen linearen Modell dann auch dafür Sorge zu tragen, dass auf dem Wissen des Forschers aufbauend erfolgreiche Produkte entstehen. Vielmehr sind in der neueren Forschung wesentlich komplexere Modellvorstellungen entwickelt worden. Für das Untersuchungsdesign von InnoMat sind sowohl Komponenten des „zirkulären Modells“

des Innovationsprozesses nach Roy und Cross (1983) als auch Modellannahmen wichtig, die die „Interaktion“ und die „Rekursivität“ von Transferprozessen thematisieren. Ohne dies hier näher auszuführen, ist wichtig zu wissen, dass das „zirkuläre Modell“ des Innovationsprozesses nach Roy und Cross (1983) den Lebenszyklus eines Produktes in den Mittelpunkt stellt und als Phasen des Transfers solche mit primärer Orientierung auf „Forschung“ und der davon zu unterscheidenden, aber auch noch früh stattfindenden „Entwicklung“ gegenüberstellt und diese wiederum von den Phasen „Optimierung“, „Markt“ und „Niedergang“ des Produkts unterscheidet. „Rekursive Modelle“ dagegen setzen ähnlich an, in dem sie die verschiedenen Stufen des Innovationsprozesses aufgreifen; sie zeigen den Transferprozess in Abhängigkeit von sich vernetzenden Forschungsaktivitäten in Wissenschaft und Unternehmen einerseits und der Entwicklung von Wissensbeständen andererseits, an denen die Wissenschaft in jeweils unterschiedlichen Phasen der Produktentwicklung beteiligt sein kann. Interaktionsmodelle schließlich differenzieren zwischen verschiedenen Forschungstypen (z. B. reiner Grundlagenforschung, orientierter Grundlagenforschung, angewandter Forschung und schließlich Entwicklung) und werden von der Annahme getragen, dass die Arbeiten von wissenschaftlichen Einrichtungen und Unternehmen parallel zueinander verlaufen und ein ständiger, wechselseitiger Austausch stattfindet (vgl. Schmoch 2001, S. 5 ff.). Um ein integratives Verständnis für den Erfolg und die Hemmnisse erfolgreichen Technologietransfers in den Blick zu bekommen, sind sowohl die jeweiligen Phasen eines Transfergutes zu reflektieren, auf die die F&E-Leistung im Transferprozess abhebt, als auch die rekursiven Prozesse zwischen Forschern und Anwendern bei der Gestaltung von Kooperationen und die konkreten Interaktionen zwischen den verschiedenen beteiligten Akteuren als Dimensionen zu berücksichtigen. Im Rahmen der multidisziplinären Ausrichtung dieser Studie wurden sie auch durch die unterschiedlichen Module des Projektdesigns aus unterschiedlichen disziplinären Perspektiven heraus betrachtet und interpretiert.

Die verschiedenen Analysemodule, die im Rahmen des Projektdesigns bearbeitet wurden, beziehen sich – wie bereits herausgestellt – zum einen auf das Transferhandeln der einzelnen Forschungsteams (Kap. 5) und zum anderen auf die „Kontextstrukturen“, in die dieses Projekthandeln eingebunden wurde (Kap. 3). Unter Transferhandeln werden hier alle die Aktivitäten aus einem Materialforscherteam verstanden, die einem spezifischen Transferziel zugeschrieben werden können; zu ihnen gehören die Vorbereitung einer Kooperation genauso wie auch die konkrete Zusammenarbeit mit einem Anwender an einem Transferprodukt, das bereits weit vorangetrieben ist. Zu den Kontextstrukturen gehören sowohl die institutionellen Randbedingungen einer Forschungsabteilung, eines Lehrstuhls oder eines Forschungsinstituts, in die die Materialforschungsteams eingebunden sind, aber auch die Vorgaben und Zielsetzungen, die ihre Heimatorganisationen¹⁰ ihnen zu- oder

¹⁰ Als Heimatorganisationen sind an dieser Stelle das jeweilige Forschungszentrum (z. B. in der Helmholtz-Gemeinschaft), der Fachbereich oder die Universitätsleitung, aber auch die zuständigen Vorstandsgremien für die jeweiligen funktionalen Einheiten zu verstehen, denen die neun Forschungsteams zuzuordnen sind.

vorschreiben.¹¹ Während in Kap. 5 das Transferhandeln und die Kontextstrukturen entlang der Fallgeschichten rekonstruiert wird, stellen sich die anderen Forschungspartner einer vertieften Auseinandersetzung mit den institutionellen Strukturmerkmalen der Forschungseinrichtungen und den Erfolgsmaßen für Technologietransfer (Kap. 3, 6 und 8). Parallel dazu werden in zwei Fallstudien von einem weiteren Forschungspartner die Interaktionen zwischen den Industriepartnern und den Materialforscher-Teams selbst auf ihre Passförmigkeit zwischen Wissensgenese und kommerzieller Produktentwicklung untersucht (Kap. 7). In Kap. 2 und Kap. 8 werden schließlich auf der Ebene des nationalen Forschungssystems die Materialforschung als innovatives Teilsystem wissenschaftlicher F&E, die institutionellen Rahmenbedingungen (Entwicklung von HGF, FhG und TUs) und deren Auswirkungen auf die Transferstrategien der Materialforschung untersucht. In Kap. 2 werden die Bedeutung der Materialforschung, deren Charakterisierung als sektorübergreifendes Forschungs- und Innovationsfeld sowie das Management von Werkstoff-Innovationsprojekten thematisiert. Zu den empirischen Verfahren, die bei dieser komparativ angelegten Studie eingesetzt wurden, gehörten Leitfaden-Interviews, teilnehmende Beobachtungen und Workshops ebenso wie problemorientierte Interviews mit einzelnen Schlüsselakteuren und Experten sowie Verfahren der Dokumentenanalyse und die gezielte Teilnahme an Veranstaltungen, die größtenteils von den Materialforschungsteams selbst organisiert wurden.¹² Dieses Material wurde systematisch ausgewertet und im multidisziplinären Forscherteam, aber auch ergebnisorientiert mit den beteiligten Materialforschern diskutiert. In Kap. 9 wird die starke Bedeutung von regionalen Netzwerken und Clustern für das Forschungs- und Innovationsfeld neuer Werkstoffe vertiefend behandelt. Hierbei werden neben einer Aufarbeitung theoretischer Grundlagen auch empirische Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt vorgestellt, in dem die Erfolgsfaktoren eines Werkstoff-Clusters exemplarisch untersucht und allgemeine Schlussfolgerungen zu der effektiven Steuerung von Werkstoff-Clustern herausgearbeitet wurden. Kapitel 10 fasst die Ergebnisse des InnoMat-Projektes zusammen und formuliert Handlungsempfehlungen für die Steuerung von Werkstoff-Innovationsaktivitäten. Diese Empfehlungen sind auf Forscherteams, Forschungseinrichtungen, die Forschungspolitik sowie das Innovationsmanagement bezogen.

Ausgangspunkt der Studie sind neun Transfervorhaben, bei denen F&E-Arbeiten aus den Bereichen „Materialinnovation“ und „Prozessinnovation“ begleitet wurden. Die verschiedenen Teams waren fünf Technikfeldern zuzuordnen:

¹¹ Zur Diskussion um die Kontextstrukturen und Rahmenbedingungen von wissenschaftlicher Forschung siehe die Arbeiten der Forschergruppe „Governance der Forschung“ in Speyer. Ein Ergebnis ist z. B. der Beitrag von Jansen et al. (2007), in dem der Einfluss von Rahmenbedingungen auf Forschungsleistungen diskutiert wird.

¹² Kerninformationen zum methodischen Vorgehen, das in den jeweiligen Modulen eingesetzt wurde, finden sich in den Kap. 6, 7 und 8 dieses Textes sowie im Anhang. Ein empirisches Paket stellten die Leitfaden-Interviews dar, die im Rahmen des Moduls 1 in drei Wellen durchgeführt wurden. Zu den externen Veranstaltungen, die von den Forschungspartnern separat oder gemeinsam besucht wurden, gehörten Industriesymposien wie das Werkstoffsymposium Fahrzeugtechnik 2007 in Stuttgart oder der Besuch der Fachmesse Composite Europe 2007.

- der Hochleistungskeramik,
- den „smart materials“,
- den Faserverbundwerkstoffen,
- der materialbezogenen Verfahrenstechnik und
- Nanopartikeln.

Insgesamt decken sie sehr verschiedene Werkstoffgruppen und Prozesstechniken ab. Eine stärker systematisierende Auswahl wäre zwar wünschenswert gewesen; da die Studie jedoch explorativ angelegt war und es eines spezifischen Vertrauens zwischen Materialforschungsteams und Forschungspartnern bedurfte, waren die Fälle sowohl vom Entwicklungsstand als auch vom Transfervorhaben nicht frei wählbar. Da die Forschungsstrategie aus methodischen Erwägungen heraus explorativ und damit hypothesen-suchend angelegt wurde, schränkte dies den Ertrag der Ergebnisse nicht unzulässig ein.

Bei den Materialforschungsteams der HGF waren zwei Vorhaben auf Material- und eines auf Prozessinnovation ausgerichtet: Bei dem Forschungsteam des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Stuttgart ging es um Reibbeläge für Hochtemperaturanwendungen, bei dem des Forschungszentrums Jülich um Hochtemperatur-Brennstoffzellen und bei dem des Karlsruher Instituts für Technologie um industrielle Mikrowellensysteme für Faserverbundwerkstoffe. Bei den Fraunhofer-Instituten sind ebenfalls zwei Materialforschungsteams den Materialinnovationen und eines der Prozessinnovation zuzuordnen. Das Dresdner Fraunhofer-Institut untersucht keramische Nano-Werkstoffe, während das Würzburger Fraunhofer-Institut sich mit Carbon-Nanotube-Aktuatoren auseinandersetzt; das Karlsruher Fraunhofer-Institut arbeitet zum Thema „Schäumen von Kunststoffen mittels Mikrowellen“. Bei den Technischen Universitäten beschäftigten sich die ausgewählten Materialforscher-Teams mit der anti-mikrobiellen Ausrüstung von Polymeren (Universität Erlangen), der Entwicklung von Materialien mit Formgedächtnis (RWTH Aachen) und Strukturoptimierungsstrategien im Bereich Faserverbundwerkstoffe (TU Clausthal); bei ihnen standen also zweimal Prozessinnovationen und einmal Probleme der Materialinnovation im Vordergrund (siehe Kap. 4).

Das multidisziplinäre Forscherteam, das zu Fragen der Innovationsforschung, des New Governance of Science, der Technikfolgenabschätzung sowie zu Innovations- und Transferprozessen in den Materialwissenschaften auf Forschungserfahrung verweisen kann, kam aus mehreren deutschen Forschungseinrichtungen: dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse im Karlsruher Institut für Technologie, der Forschungsstelle „Internationales Management und Innovation“ der Universität Hohenheim, dem Karlsruher Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung sowie dem Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung der Deutschen Hochschule für Verwaltungswissenschaften in Speyer.

Die Perspektiven, die in den verschiedenen Forschungsmodulen auf die Transferaktivitäten der neun Materialforschungsprojekte geworfen wurden und aus denen sich ein Set von Ergebnissen erstellen ließ, variieren je nach disziplinärer Ausrichtung und Zusammensetzung der Teams. Dies mag auf den ersten Blick er-

staunen. Wir lernten in unseren internen Diskussionen, dass dies so lange kein Problem ist, wie der Bezug zu der allgemeinen Frage nicht verloren geht. Die zentralen Fragen, die uns dabei anhaltend beschäftigten, beziehen sich sowohl auf die Materialforscher als auch auf die Anwender: Wie sind unter Bedingungen öffentlich finanzierter Forschung Transferprozesse und Kooperationsbeziehungen zu organisieren, die als win-win-Situationen für industrielle Anwender und Forschungsteams attraktiv sind? Angesichts der produktzentrierten und damit i. d. R. zeitlich befristeten Interessen von industriellen Anwendern ist zu fragen, ob und wie ausreichende Langfristigkeiten bei diesen Transfer- und Kooperationsbeziehungen zu erreichen sind. Sollte dies nicht der Fall sein, wäre angesichts der zunehmenden Komplexität der Innovationsprozesse und den erforderlichen langen Phasen der Kommerzialisierung, die schnell zehn oder fünfzehn Jahre betragen können, auch bei materialwissenschaftlichen Aufgabenstellungen ein nicht sehr günstiger „Regelfall“ zu diagnostizieren, auf den sich materialwissenschaftliche Forscherteams einzustellen hätten.

Literatur

- Acatech (2008) Materialwissenschaft und Werkstofftechnik in Deutschland: Empfehlungen zu Profilierung, Lehre und Forschung. Acatech bezieht Position, Nr. 3. Fraunhofer IRB, Stuttgart
- BMBF (2003) Rahmenprogramm Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING. BMBF, Bonn
- BMBF (2006) Die Hightech-Strategie für Deutschland. BMBF, Bonn
- BMBF (2009) Forschung und Innovation für Deutschland: Bilanz und Perspektive. BMBF, Berlin. http://www.bmbf.de/pub/forschung_und_innovation_fuer_deutschland.pdf. Zugegriffen: 10. Juli 2010
- BMFT (1994) Neue Materialien für Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts – MaTech. BMFT, Bonn
- Bozeman B (2000) Technology transfer and public policy: a review of research and theory. Res Policy 29:627–655
- Braun M, Gerybadze A, Rätz A, Witzel M (1993) Evaluierung des Materialforschungsprogramms der Bundesregierung, Studie im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie, Wiesbaden
- Bräutigam K-R, Fleischer T (2006) Bedingungen und Folgen von Materialinnovationen. GAIA 15(4):314–316
- Castells M (1996) The rise of the network society. Maldon, Oxford
- Corsten H (1982) Der nationale Technologietransfer. Formen – Elemente – Gestaltungsmöglichkeiten – Probleme. E. Schmidt, Berlin
- Dörfler R (2003) Technologiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland am Beispiel der Förderung der Material- und Werkstofftechnologien. LIT, London
- Gerybadze A, Gredel D, Gresse C (2010) Kompetenzmanagement bei der Durchsetzung von Werkstoff-Innovationen: Eine Analyse von Kooperationsprojekten zwischen Industrie und öffentlicher Forschung. In: Stephan M, Kerber W, Kessler T, Lingenfelder M (Hrsg) 25 Jahre ressourcen- und kompetenzorientierte Forschung: Der kompetenzbasierte Ansatz auf dem Weg zum Schlüsselparadigma in der Managementforschung. Gabler, Wiesbaden, S. 225–254
- Gibson DV, Rogers EM (1994) R&D collaboration on trial. Harvard Business School, Boston

- Jansen D, Wald A, Franke K, Schmoch U, Schubert T (2007) Drittmittel als Performanzindikator der wissenschaftlichen Forschung. Zum Einfluss von Rahmenbedingungen auf Forschungsleistung. *KZfSS* 59(1):125–149
- Malerba F (2002) Sectoral systems of innovation and production. *Res Policy* 31:247–264
- Rammert W (1997) Auf dem Weg zu einer post-schumpeterianischen Innovationsweise. Institutionelle Differenzierung, reflexive Modernisierung und interaktive Vernetzung im Bereich der Technikentwicklung. In: Bieber D (Hrsg) *Technikentwicklung und Industriearbeit. Industrielle Produktionstechnik zwischen Eigendynamik und Nutzerinteressen*. Campus, Frankfurt a. M., S 45–71
- Rammert W (2003) Zwei Paradoxien einer innovationsorientierten Wissenspolitik. Die Verknüpfung heterogenen und die Verwertung impliziten Wissens. *Soz Welt* 54:453–508
- Rogers EM (1995) *Diffusion of innovations*, 3. Aufl. Free Press, New York
- Roy R, Cross N (1983) *Bicycles: invention and innovation*. Open University, London (T 263 Units 5–7)
- Schmoch U (2001) *Akademische Forschung in der Interaktion mit industrieller Forschung. Zur sozialen Vermittlung von Theorie und Praxis in der Technikgenese*, Karlsruhe. Habilitationsschrift Universität Fridericiana Karlsruhe Juni 2001
- Schmoch U (2003) *Hochschulforschung und Industrieforschung: Perspektiven der Interaktion*. Campus, Frankfurt a. M.
- Schmoch U, Licht G, Reinhard M (2001) *Wissens- und Technologietransfer in Deutschland*. Fraunhofer IRB, Stuttgart
- Smits R (2002) Innovation studies in the 21st century: questions from a user's perspective. *Technol Forecast Soc Change* 69:861–883
- Walter A (2003) *Technologietransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Voraussetzungen für den Erfolg*. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden
- Wehling P (2004) Reflexive Wissenspolitik: Öffnung und Erweiterung eines neuen Politikfeldes. *Technikfolgenabschätz – Theor Prax* 13(3):63–71
- Wissenschaftsrat (2007) *Empfehlungen zur Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft*, Drucksache 7868-07. Wissenschaftsrat, Oldenburg