

Marcel Hülsbeck

Wissenstransfer deutscher Universitäten

GABLER RESEARCH

Marcel Hülsbeck

Wissenstransfer deutscher Universitäten

Eine empirische Analyse
von Universitätspatenten

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Erik E. Lehmann



RESEARCH

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

Dissertation Universität Augsburg, 2009

1. Auflage 2011

Alle Rechte vorbehalten

© Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011

Lektorat: Marta Grabowski | Stefanie Loyal

Gabler Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.gabler.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8349-3321-8

Geleitwort

Seit über 100 Jahren widmen sich Wissenschaft und Praxis dem Phänomen der Diffusion des Wissens von seiner Quelle auf die nähere Umgebung durch sogenannte Spillover- oder Übertragungseffekte. Alfred Marshall pries in seinen „Principles of Economics“ (1920) den Esprit regionaler Handelszentren, der in der Luft liegt und den Unternehmer und Kaufleute in sich aufsaugen. In den letzten Jahren suchten Wissenschaftler zunehmend nach dieser treibenden Kraft der Regionalentwicklung und fanden sie in forschungsintensiven Universitäten und innovativen Industrien. In Zeiten wachsender Verflechtung, Interdependenz und Mobilität von Faktoren und Märkten aller Art steigt der Wettbewerbsdruck auf einzelne Unternehmen und ganze Regionen. Lokale Produktion und Transfer von Wissen stellen existenzielle Faktoren der regionalen Wettbewerbsfähigkeit dar – damit wächst die Bedeutung der Generatoren und Verteiler von Wissen und Fähigkeiten: Universitäten!

Die hier veröffentlichte Dissertation von Marcel Hülsbeck geht der Rolle von Universitäten in der regionalen Wissensproduktion und -übertragung auf den Grund. Ausgehend von der neueren neoklassischen Wachstumstheorie, welche den Produktionsfaktor Wissen als entscheidenden Wachstumsparameter betrachtet, leitet er die Notwendigkeit des Technologietransfers von Universitäten auf Unternehmen in der Region ab. Herr Hülsbeck überprüft diese theoretischen Überlegungen auf Ebene nationaler Transferpolitik, Wechselwirkungen in einer Region und strategischer Ausrichtung der Universitäten.

Einen bundesweiten Eingriff in die bestehende Anreizstruktur des Technologietransfers stellte die Abschaffung des „Hochschullehrerprivilegs“ bei Arbeitnehmererfindungen dar. Ob der politische Versuch der Institutionalisierung des Technologietransfers geeignet erscheint diesen zu fördern untersucht das dritte Kapitel. Jedem Wissenschaftspolitiker und -manager sei die Lektüre dieses Kapitels wärmstens ans Herz gelegt. Es bietet Gelegenheit Intentionen und Auswirkungen einer Änderung von Anreizstrukturen zu reflektieren und zu überprüfen, ob die erhoffte Wirkung eintreten kann.

Für Entscheider aus der Politik – auf kommunaler, regionaler oder auf Landesebene - liefern die Ausführungen zu den Bedingungen und Grenzen des regionalen Wissenstransfers im vierten Kapitel gute Argumente. Während sich viele Politiker mit industriellen Clustern schmücken und die Gründung derselben als regionalpolitische Maßnahme höchster Priorität favorisieren, zeigt Marcel Hülsbeck, dass solche stereotypen Strategien selten Erfolg versprechen. Vielmehr kommt es auf die historisch gewachsene Struktur - und damit die Rolle der Universität als spezialisiertem Wissenslieferanten oder Netzwerkknoten - einer Region an. Nicht einzig regionale Spezialisierung, sondern auch industrielle Diversität führt zu regionaler Wettbewerbsfähigkeit.

Das fünfte Kapitel enthält für Universitätsleitungen, Technologietransferbüros sowie Forscher technologieintensiver Fachrichtungen wichtige Hinweise zur Ausgestaltung des Technologietransfers. Die Untersuchung zeigt hier, dass Technologietransfer durch eine konsequente strategische Ausrichtung der Universität gelernt werden kann. Darüber hinaus hängt dieser Transfer von fachspezifischen Aspekten ab, die in der Natur des erforschten Wissens liegen.

Marcel Hülsbeck hat mit seiner Dissertation einen wertvollen Beitrag geliefert, der sowohl die betriebswirtschaftliche als auch regionalökonomische Forschung befruchtet. Mindestens ebenso ist seine Arbeit als Basislektüre für standort- und forschungspolitische Entscheidungen von Unternehmen und Politik hervorzuheben. Ich wünsche dieser Arbeit eine hohe Resonanz und weite Verbreitung für die akademische Wissenschaft und die Praxis von Managern und Politikern.

Prof. Dr. Erik E. Lehmann

Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Unternehmensführung und Organisation der Universität Augsburg. Meinem Doktorvater Prof. Dr. Erik E. Lehmann gilt mein besonderer Dank für die Möglichkeit der Erstellung dieser Arbeit, seine beständige Unterstützung in und nach der Promotionsphase, sowie für den wissenschaftlichen Freiraum den er mir in Forschung und Lehre gestattete. Seit Beginn meiner Tätigkeit am Lehrstuhl von Professor Lehmann habe ich von ihm nicht nur fachlich sehr viel gelernt, ihm ist es auch gelungen mich für die Wissenschaft als Beruf zu begeistern.

Mein spezieller Dank gilt Prof. Dr. Peter Welzel, Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Ökonomie der Informationsgesellschaft der Universität Augsburg, für die Betreuung meiner Dissertation als Zweitgutachter. Sein detailliertes und differenziertes Feedback war mir eine große Hilfe. Bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr. Jan Hendrik Fisch, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Innovation und Internationales Management der Universität Augsburg, für die Übernahme des Vorsitz der mündlichen Prüfung.

Ausdrücklich bedanken möchte ich mich ebenfalls bei Prof. Dr. David Audretsch, Ameritech Chair of Economic Development an der School of Public and Environmental Affairs der University of Indiana, sowie ehemaliger Forschungsdirektor am Max-Planck-Institut für Ökonomie in Jena. Seine Einladung zu einem Aufenthalt als Gastwissenschaftler am MPI in Jena hat es mir ermöglicht, diese Arbeit entscheidend voranzubringen. An dieser Stelle möchte ich mich auch für die vielen inspirierenden Diskussionen mit den Kollegen in Jena und Augsburg bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank der IHK Schwaben und der SGL Group in Meitingen für die Auszeichnung der Arbeit mit dem Wissenschaftspreis der schwäbischen Wirtschaft.

Mein herzlicher Dank gilt meiner Familie, die immer an mich geglaubt hat und mich bei allen Entscheidungen in meinem Leben unterstützt. Ohne Euch wäre diese Arbeit nicht entstanden, Euch ist diese Arbeit gewidmet.

Dr. Marcel Hülsbeck

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort.....	V
Vorwort	VII
Inhaltsverzeichnis.....	IX
1. Einleitung.....	1
1.1. Problemstellung.....	1
1.2. Aufbau der Arbeit.....	3
2. Die Universität in der Wissensgesellschaft.....	5
2.1. Die Wissensgesellschaft	5
2.2. Die gesellschaftliche Produktion von Wissen	9
2.3. Die Universität als Wissensproduzent.....	18
2.4. Wissenstransfer als politisches Ziel.....	21
3. Hochschullehrerprivileg und Technologietransfer	23
3.1. ArbEG 2002 und Hochschullehrerprivileg.....	23
3.2. Der Bayh-Dole-Act als Auslöser universitären Technologietransfers	25
3.3. Die Anreizwirkung des ArbEG 2002	30
3.4. Wirkung des ArbEG auf das Patentierungsverhalten der Universitäten	33
3.5. Diskussion	47
4. Die Region als Grenze universitären Wissenstransfers	51
4.1. Koevolution von Region und Universität.....	51
4.2. Regionale Determinanten universitären Technologietransfers.....	53
4.3. Regionale Abgrenzung universitären Wissenstransfers	58
4.4. Patente als endogene Variable.....	63
4.5. Operationalisierung regionaler Effekte	67
4.6. Analyse regionaler Einflüsse auf universitären Wissenstransfer	73
4.7. Zusammenfassung und Diskussion	90

5. Erfahrungslernen als Bestimmungsfaktor universitären Wissenstranfers	95
5.1. Wissenstransfer als dritte Mission der Universität	95
5.2. Erfahrungslernen und Forschungsqualität	99
5.3. Methoden, Datenerhebung und Operationalisierung	102
5.4. Analyse universitären Erfahrungslernens	109
5.5. Diskussion	116
6. Fazit: Förderung universitären Wissenstranfers	119
6.1. Zentrale Ergebnisse	119
6.2. Handlungsempfehlungen	120
Literaturverzeichnis	125

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wissensseigenschaften und Transfermöglichkeiten	18
Abbildung 2: Anzahl deutscher Universitätspatente 1976 - 2008.....	35
Abbildung 3: Lineare Trends des Erfahrungslernens.....	36
Abbildung 4: Anzahl Patente und Anzahl Universitäten	38
Abbildung 5: Universitätspatente 2002 bis 2006 pro Monat	66
Abbildung 6: Histogramm der Universitätspatente 2002 – 2006.....	74
Abbildung 7: Universitätspatente als Funktion der Bevölkerungsdichte.....	80
Abbildung 8: US-Universitätspatente an allen US-Patenten 1963 – 1999.....	96
Abbildung 9: Universitätspatenten an allen deutschen Patenten 1981 – 2006	97
Abbildung 10: Datenverfügbarkeit verwendeter Variablen	106

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Deskriptive Statistiken zu Variablen der ArbEG-Modelle	39
Tabelle 2: Korrelationsmatrix der Variablen für die ArbEG-Modelle.....	40
Tabelle 3: Faktorenanalyse der Mengen- und Lernvariablen.....	42
Tabelle 4: Evidenz des BIC- Gütemaß.....	43
Tabelle 5: Regressionsmodelle zum Einfluss des ArbEG.....	46
Tabelle 6: BIP pro Einwohner verschiedener Gebietsklassifikationen	62
Tabelle 7: Vergleich Ost und West anhand ausgewählter Variablen.....	71
Tabelle 8: Deskriptive Statistiken zu Variablen der Regionalmodelle	72
Tabelle 9: Korrelationsmatrix zu Variablen der Regionalmodelle	73
Tabelle 10: Regressionsmodelle zu Produktivität und Innovation.....	76
Tabelle 11: Regressionsmodelle zur Bevölkerungsdichte	79
Tabelle 12: Vergleich Ruhrgebiet und andere AMR anhand ausgewählter Variablen.....	81
Tabelle 13: Regressionsmodelle zur industriellen Konzentration.....	84
Tabelle 14: Regressionsmodelle zur industriellen Diversität und Balance.....	85
Tabelle 15: Industrielle Balance in Universitätsregionen	87
Tabelle 16: Regressionsmodelle zu Entrepreneuren und Dienstleistern.....	89
Tabelle 17: Evidenz der postulierten Hypothesen.....	91
Tabelle 18: Deskriptive Statistiken zu Variablen der Patenterfahrung	110
Tabelle 19: Korrelationsmatrix zu Variablen der Patenterfahrung	111
Tabelle 20: Schematische Darstellung der Korrelationen in einzelnen Jaffe-Gebieten.....	111
Tabelle 21: Regressionsmodelle zum Erfahrungslernen.....	113

Abkürzungsverzeichnis

AER	American Economic Review
AIC	Akaike Information Criterion
AMR	Arbeitsmarktregion
ArbEG	Arbeitnehmererfindungsgesetz
AUTM	Association of University Technology Managers
BDA	Bayh-Dole-Act
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BIC	Bayes Information Criterion
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
BRH	Bundesrechnungshof
BSP	Bruttosozialprodukt
BWS	Bruttowertschöpfung
bzw.	beziehungsweise
CHE	Centrum für Hochschulentwicklung
CU	Columbia University
DEA	Data Envelopment Analysis
DNS	Desoxyribonukleinsäure
EC	European Commission
EG-12	Die zwölf Staaten der europäischen Gemeinschaft bis 1994
EU	Europäische Union
EU-27	Die 27 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union
EUR	Euro (Währung)
F&E	Forschung und Entwicklung
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
G*	Normierter Gini-Koeffizient
ggf.	gegebenenfalls
IPR	intellectual property rights
KLU	Katholische Universität Leuven
KwsZ	Kommission für wirtschaftlichen und sozialen Wandel
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MSA	Metropolitan Statistical Area

NRC	National Research Council
o.g.	oben genannt
SFA	Stochastic Frontier Analysis
SIC	Standard Industry Code
SSCI	Social Science Citation Index
T2S	Technology Transfer Society
TLO	„Technology Licencing Office(r)“ / „Technology Liasion Office(r)“
Tsd.	Tausend
TT	Technologietransfer
TTO	Technology transfer office(r)
UCS	University of California System
UdSSR	Union der sozialistischen Sowjetrepubliken
UITT	university-to-industry-technology-transfer
UK	United Kingdom; Vereinigtes Königreich
ULP	Universität Louis Pasteur
US	United States
USA	United States of America
USD	US-Dollar
vgl.	vergleiche
WZ2003	Klassifikation der Wirtschaftszweige, Stand 2003
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Seit Mitte der 1990er Jahre sinkt der relative Anteil der Europäischen Union (EU) am globalen Bruttosozialprodukt (BSP) und an den Investitionen in Forschung und Entwicklung (F&E). Die „emerging economies“ investieren zunehmend in Bildung und Technologie, um die Vorteile niedriger Arbeitskosten mit technologischer Innovation zu verbinden (O'Mahony, Van Ark, & EC, 2003). Während die EU den weltweit größten Anteil wissenschaftlichen Wissens (EU 38%, USA 33%, Japan 9% und China 6%) produziert, gelingt es ihr nicht, diesen Wissensvorsprung ökonomisch zu verwerten. Diese Innovationslücke erklärt die Europäische Kommission über zwei Faktoren: Erstens findet in der EU ein deutlich geringerer Austausch zwischen Forschung und Praxis statt. Zweitens investieren europäische Unternehmen spürbar weniger in F&E als US-amerikanische oder asiatische Firmen (EC, 2001a, 2008b).

Die EU begegnet diesen Wachstumshemmnissen politisch im Rahmen der „Lissabon Agenda“. Neben der Regulierung von Handel, Finanz- und Arbeitsmärkten liegt der Fokus auf Reformen der Ausbildung, Forschung und der ökonomischen Verwertung universitären Wissens. Universitäten sollen ihre Erkenntnisse aktiv in die Wirtschaft tragen, um die praktische Anwendung neuer Forschungsergebnisse zu beschleunigen und die F&E-Tätigkeit in Unternehmen anzuregen (EC, 2008a). Deutschland als größte Volkswirtschaft der EU veranschaulicht das europäische Dilemma in besonderem Maße. Sie produziert die meisten Patente pro Einwohner, belegt beim universitären Wissenstransfer innerhalb der EU allerdings nur Platz 18 von 27. Darüber hinaus konzentrieren sich Innovationen in klassischen Ingenieursdisziplinen statt in Zukunftstechnologien (Parvan, 2007). Ein intensiverer Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie trägt zum Erhalt der deutschen Wettbewerbsfähigkeit bei. Diese Arbeit stellt die Frage, wovon der universitäre Wissenstransfer abhängt und wie er gefördert werden kann.

1.1. Problemstellung

Europa sieht sich trotz des weltweit größten wissenschaftlichen Outputs nicht in der Lage, dieses Wissen ökonomisch zu verwerten. Die Gründe für dieses Paradoxon identifiziert die Europäische Kommission im Jahr 2007 in einer Umsetzungsrichtlinie zur Lissabon-Agenda:

„Eine wichtige Herausforderung liegt darin, öffentlich finanzierte FuE besser zu nutzen. Verglichen mit Nordamerika bringt die Durchschnittsuniversität in Europa weit weniger Erfindungen und Patente hervor. Dies ist weitgehend auf einen weniger systematischen und professionellen Umgang mit Wissen [...] durch europäische Universitäten zurückzuführen. Darüber hinaus wird ein effizienter Wissenstransfer an europäischen Forschungs-

einrichtungen durch eine Vielzahl von Faktoren behindert. Dazu gehören [...] Mangel an Anreizen, rechtliche Hindernisse und fragmentierte Märkte für Wissen und Technologie. All diese Faktoren wirken sich negativ auf das Wachstum und die Schaffung von Arbeitsplätzen in Europa aus.“¹

Die Beobachtung geringerer Patentierungsaktivität europäischer im Vergleich zu US-amerikanischen Universitäten führt das Dokument auf drei Mängel zurück. Deren Beseitigung soll zu einer vermehrten Patentproduktion und final zu Wachstum und Arbeitsplätzen führen. Obwohl nicht weiter expliziert, beruhen diese Hypothesen auf Analogieschlüssen zur Universitätslandschaft in den USA, anstatt auf theoretischen Überlegungen oder empirischen Erkenntnissen zur Situation in Europa. Die unreflektierte Übernahme dieser Argumentation erscheint problematisch. Wenn trotz aller gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Unterschiede zwischen den Vereinigten Staaten und der EU ein naiver Vergleich sinnvoll wäre, blieben theoretische Einwände zu den EC-Thesen bestehen:

Die Ineffizienz des Wissenstransfers kann durch Anreizsetzung und rechtliche Regulierung im Innenverhältnis der Universität behoben werden: Diese Argumentation übersieht, dass dem Wissenschaftssystem eine Anreizstruktur zugrunde liegt, die mit der Kommerzialisierung von Wissen inkompatibel sein kann. Wissenschaftliche Karrieren bauen auf der Reputation des Forschers auf. Dies lässt sich an der Publikationsleistung als Indikator für die Produktivität und der Zitation publizierter Werke als Maß für die Anerkennung der geleisteten Arbeit (Qualität) ablesen. Die Patentierung von Forschungsergebnissen ist aufwändig und konkurriert mit anderen Aufgaben (Forschung, Lehre und Selbstverwaltung) von Wissenschaftlern. Im Regelfall können nur bisher unveröffentlichte Erkenntnisse patentiert und nicht patentierte Ergebnisse wissenschaftlich publiziert werden. Patente konkurrieren nicht nur um die Zeit des Forschers, sondern können auch seine Karriere behindern (Dasgupta & David, 1994). Rechtliche Regulierungen wie Anzeigepflichten patentierbaren Wissens, monetäre Anreize oder die Übertragung von Verfügungsrechten auf die institutionelle Ebene erscheinen wenig geeignet, um Wissenstransfer zu induzieren.

Erste Forschungsfrage: *Führt nationale Regulierungspolitik zu einem vermehrten Wissenstransfer?*

Die Patentproduktion einer Universität lässt sich „weitgehend“ auf deren Umgang mit Wissen zurückführen: Die endogene Wachstumstheorie (Griliches, 1979; Romer, 1990) postuliert einen Zusammenhang der Produktion neuen Wissens in Universitäten, der Umsetzung dieses Wissens in technische Innovationen im Rahmen industrieller F&E und der Fertigung innovativer Güter in der Industrie. Der Wissenstransfer zwischen Theorie und

¹ Aus: Verbesserung des Wissenstransfers zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie in Europa: hin zu offener Innovation. Umsetzung der Lissabon-Agenda (EC, 2007, p. 3).

Praxis lässt sich nicht einseitig über das Angebot technischer Innovation (hier: Patente) durch Universitäten erklären. Da Universitäten keine industriellen Fertigungsbetriebe unterhalten, entsteht der Anreiz zur Patentierung ausschließlich im Zusammenspiel mit industrieller Nachfrage nach Innovationen. Darüber hinaus bauen neue Forschungsergebnisse auf einem Fundament impliziten Wissens des Forschenden auf und lassen sich nicht ohne dieses Wissen interpretieren. Erfolgreicher Wissenstransfer findet unter Mitarbeit des Entdeckers statt und wird durch dessen regionale Mobilität begrenzt.

Zweite Forschungsfrage: *Welche regionalen Faktoren beeinflussen universitären Wissenstransfer?*

Die Fragmentierung von Wissensmärkten ist Ursache ineffizienten Wissenstransfers: Diese Hypothese interpretiert fragmentierte Wissensmärkte als Ursache ineffizienten Wissenstransfers. Eine „Defragmentierung“ dieser Märkte soll zu einer Steigerung des Wissenstransfers beitragen. Bisherige empirische Arbeiten auf Grundlage der endogenen Wachstumstheorie (z.B. Loury, 1979; Jaffe, 1989) belegen das Gegenteil. Unterschiedliche Forschungsbereiche basieren auf unterschiedlichen wissenschaftstheoretischen, technologischen und wirtschaftlichen Faktoren. Diese Bereichslogiken führen zu unterschiedlichen Motivationen, Arten und Intensitäten des universitären Wissenstransfers. Eine solche Fragmentierung besitzt ebenfalls eine zeitliche Komponente, so kann unterschiedliche regionale Transfererfahrung zu regional fragmentierten Wissensmärkten beitragen.

Dritte Forschungsfrage: *Inwiefern ist universitärer Wissenstransfer fragmentiert?*

1.2. *Aufbau der Arbeit*

Diese Arbeit überprüft die oben angeführten Postulate und Forschungsfragen empirisch für deutsche Universitäten und leitet politische Handlungsempfehlungen ab. *Kapitel zwei* führt in die historische Entwicklung der Kooperation von Forschung und Praxis ein, definiert Grundbegriffe der Produktion von Wissen und diskutiert die gesellschaftliche Einbettung universitärer Wissensproduktion in Deutschland. Die Frage nach der Relevanz nationaler Regulierungspolitik untersucht das *dritte Kapitel* am Beispiel der Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs bei Arbeitnehmererfindungen. Das Gesetz verlagert die Verfügungsrechte an Erfindungen von Forschern auf die Universität und gewährt ihnen im Gegenzug eine hohe monetäre Entlohnung für ihre Leistung. Die Novelle des Arbeitnehmererfindungsgesetzes (ArbEG) versucht als Instrument nationaler Regulierung den Wissenstransfer über eine Transferverpflichtung und finanzielle Anreize zu fördern. Es folgt damit der Logik der Europäischen Kommission. *Kapitel vier* widmet sich der Frage regionaler Einflüsse auf universitären Wissenstransfer unter Bezugnahme auf die regionalökonomische und wirtschaftsgeografische Forschung. Die Überprüfung dieser Forschungsfrage beantwortet

ebenfalls die Frage nach regionaler Fragmentierung von Wissensmärkten. Den „systematischen und professionellen Umgang mit Wissen“ durch Universitäten thematisiert das *fünfte Kapitel*. Ausgehend von der These, dass neben regionaler Fragmentierung eine historische Fragmentierung durch Lerneffekte im Wissenstransfer existiert, überprüft dieser Teil der Arbeit deren Existenz in Abhängigkeit von weiteren Eigenschaften. Er beleuchtet weiterhin die mögliche sektorale Fragmentierung durch unterschiedliche Wissenschaftslogiken der Fachbereiche. Das *Schlusskapitel* fasst zentrale Ergebnisse zusammen und skizziert Ansätze differenzierter wirtschaftspolitischer Förderung universitären Wissenstransfers unter Beachtung regionaler und universitärer Determinanten. Um Redundanzen zu vermeiden, erfolgt die Einführung wichtiger methodischer Aspekte der Arbeit, wenn sie zum Verständnis des jeweiligen Kapitels beitragen. Abschnitt 3.4 begründet das negativ-binomiale Regressionsmodell als verwendeten Schätzansatz. Abschnitt 4.3 diskutiert die regionale Abgrenzung der Untersuchungseinheiten über Arbeitsmarktregionen, Abschnitt 4.4 die Verwendung von Patenten als Indikatoren für Wissenstransfer. Abschnitt 5.3 erläutert die Konstruktion des Datensatzes im Detail.

2. Die Universität in der Wissensgesellschaft

Im Folgenden werden die Rolle universitären Wissens und dessen Transfer in den gesellschaftlichen, ökonomischen und politischen Kontext eingeordnet. Ausgehend von der Entwicklung der Industrie- zur Wissensgesellschaft werden einige zentrale ökonomische Aspekte der Produktion von Wissen und Besonderheiten der wissenschaftlichen Produktion von Wissen erläutert. Das Kapitel schließt mit einer kurzen Übersicht der politischen Förderung universitären Wissenstransfers in Deutschland. Ziel dieses Kapitels ist es, einige wesentliche Interpretationshintergründe für die empirischen Teile der Arbeit zu liefern, die dort nicht mehr explizit aufgegriffen werden.

2.1. Die Wissensgesellschaft

Eine „Wissensgesellschaft“ ist eine Gesellschaft, in der Wissen als Produktionsfaktor die klassischen Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital abgelöst hat. Besonders in Politik und Industrie entwickelte sich der Begriff im letzten Jahrzehnt zum Schlagwort. Dieses wurde vor allem dazu genutzt, um politische Veränderungen in Bereichen durchzusetzen, die als gesellschaftliche Wissensproduzenten einen besonderen Beitrag zur Ökonomisierung des Wissens leisten sollen. Im Besonderen betrifft dies Forschung und Ausbildung (Heidenreich, 2003).

Die Rolle der Wissenschaft in der Industrialisierung

Die Erkenntnis der Wichtigkeit wissenschaftlicher Forschung für eine Volkswirtschaft ist nicht neu. Bereits Karl Marx verweist darauf, dass Unternehmen in einer kapitalistischen Gesellschaft nur durch eine ständige Weiterentwicklung ihrer Produkte auf Grundlage neuen technischen und naturwissenschaftlichen Wissens überleben können. Dieses kann aber nicht aus dem Produktionsprozess der Unternehmen entstehen, sondern muss von der Wissenschaft zugeliefert werden: *„Die Bourgeoise [...] hat den Mann der Wissenschaft in ihre[n] bezahlten Lohnarbeiter verwandelt“* (Marx & Engels, 1976, p. 34f.). Auch für Max Weber ist Forschung nicht auf den Wissenschaftsbetrieb beschränkt, sondern Grundlage der kapitalistischen Organisationen. Neben den „rationalen“, wissenschaftlichen Prinzipien der Betriebsführung verweist er insbesondere auf die Bürokratie als eine Form der Herrschaft durch Wissen: *„[Die] Überlegenheit der bürokratischen Verwaltung ist: Fachwissen, dessen völlige Unentbehrlichkeit durch die moderne Technik und Oekonomie der Güterbeschaffung bedingt wird.“* (Weber, 1972, p. 128f.). Joseph Schumpeter hält es für gänzlich unwahrscheinlich, dass radikal neues Wissen aus bestehenden Unternehmen entstehen kann, denn *„[e]s waren [...] im allgemeinen nicht die Postmeister, welche die Eisenbahnen gründeten“* (Schumpeter, 1993, p. 101). Kapitalismus besteht in Schumpeters

Theorie aus einer Reihe schöpferischer Zerstörungen, Innovation ist die Durchsetzung des Neuen gegen den Widerstand des Bestehenden. Im Mittelpunkt von Schumpeters Denken stehen dabei Unternehmer als herausragende Persönlichkeiten, welche die Innovation von außen in den Markt bringen. Zur Rolle des Wissens in der Industrialisierung lässt sich festhalten:

1. Wissen als Produktionsfaktor ist ein Grundbaustein ökonomischen Wachstums.
2. Die Wissenschaft als Produzent von Wissen ist Zulieferer der Industrie.
3. Industriebetriebe nutzen bestehendes Wissen, radikale Innovationen entstehen außerhalb (Unternehmer, Wissenschaftler) der Industrie.

Anekdotische Evidenz für diesen frühen Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie liefern Audretsch und Lehmann (2004) am Beispiel der Entstehung des Innovationsstandortes Jena²: Mit der Entwicklung der naturwissenschaftlichen Forschung zu exakteren Methoden stieg die Nachfrage nach Laborausstattungen und technischen Geräten, wie z.B. Mikroskopen. Um dieser Nachfrage gerecht zu werden, gründete Carl Zeiss 1846 eine Manufaktur für Optik und Feinmechanik, in der er Mikroskope und Ferngläser herstellte. Um die hohen Qualitätsansprüche seiner Kunden aus Forschung und Lehre erfüllen zu können, kooperierte Zeiss mit Professor Ernst Abbe, der ihn wissenschaftlich beriet und die Instrumente weiterentwickelte. Abbe wurde später Teilhaber am Unternehmen von Zeiss. Allerdings stellten die verfügbaren Glasmaterialien eine technische Grenze für die Auflösung und Genauigkeit für die Instrumente dar, da das verfügbare Material sich nur begrenzt schleifen ließ. Zur selben Zeit experimentierte Otto Schott (Witten) privat mit neuen Glaszusammensetzungen und entdeckte dabei eine hitzebeständige Glassorte, die zudem sehr präzise geschliffen werden konnte. Eine Probe dieses Materials sendete Schott an Abbe, dieser erkannte Einsatzmöglichkeiten des Glases im Bereich technischer Gläser für Labore und Linsen optischer Geräte. Abbe und Schott gründeten gemeinsam eine Firma (Jenaer Glaswerke) zur Produktion von Laborausstattungen, während Zeiss die Gläser für die Produktion seiner Mikroskope nutzte. Beide Produkte (Gläser, Mikroskope) wurden bald darauf weltweit an Wissenschaftler und Labore verkauft. Jena ist bis heute einer der führenden Standorte für feinmechanische Optik und daraus entstandene neue, wissenschaftsbasierte Industriezweige, z.B. Laser- und Medizintechnik.

Die Entwicklung wissenschaftsbasierter Industriezweige zeigt, dass ein gesellschaftliches Verständnis zweier getrennter Bereiche „Wissenschaft“ und „Industrie“, welche vollkommen andere Funktionen für eine Gesellschaft erfüllen, zu kurz greift. Die Erkenntnis, dass ökonomisches Wachstum einzelner Unternehmen und ganzer Volkswirtschaften nur durch Inno-

² Ähnliche Evidenzen existieren nicht nur für einzelne Standorte, sondern auch für die europaweite Entstehung wissenschaftsbasierter Industrien. So z.B. die Entwicklung der organischen Chemie in Folge der zufälligen Entdeckung des ersten synthetischen Farbstoffs durch W.H. Perkin und die Wettbewerbsvorteile deutscher Firmen durch ihre enge Kooperation mit der Wissenschaft (siehe dazu Lehrer, 2005; Murrmann, 2003; Murrmann & Landau, 1998).

tionen möglich ist, setzt sich im Zeitalter der Industrialisierung schnell durch. Trotzdem sind starke Synergien zwischen Industrie und Wissenschaft noch auf einzelne Felder begrenzt, während andere Branchen vor allem von Skalen- und Verbundeffekten (z.B. anorganische Chemie) oder handwerklichem Wissen (z.B. Elektrotechnik) profitieren (Murmann & Landau, 1998).

Die ersten staatlichen Impulse zu einer engeren Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie auf breiter Front brachten schließlich der Zweite Weltkrieg, der Wiederaufbau und der folgende Technik- und Rüstungswettlauf der Supermächte. Auf Initiative der Nationalstaaten arbeiten Wissenschaft, Industrie und Militär gemeinsam an Forschungsprojekten. In der Zeit von 1934 bis 1967 verfünffacht sich der Anteil der F&E-Ausgaben am Bruttosozialprodukt in den USA und der Europäischen Gemeinschaft (EG-12), während er sich in der UdSSR und Japan verzehnfacht (Freeman, 1995). Der drastische Anstieg privater und staatlicher Investitionen in F&E führen zu einer engeren Verzahnung von Wissenschaft, Industrie und Staat, welche die Grundbedingung zur Entwicklung der Wissensgesellschaft ist (Dasgupta & David, 1994; Heidenreich, 2003).

Die Wissensgesellschaft

Die erste Verwendung des Begriffs der Wissensgesellschaft findet sich beim Soziologen Robert Lane (1966), er wird von ihm zur Beschreibung einer utopischen Gesellschaftsform verwendet, die sich auf Grundlage einer wissenschaftsgetriebenen Selbstreflexion ihrer Unvollkommenheit entledigt. Die Debatte um den Begriff der Wissensgesellschaft, wie er heute im ökonomischen Kontext verstanden wird, beginnt in den USA in den 1960er und 1970er Jahren. In seinem 1959 erscheinenden Buch „Landmarks of Tomorrow“ prognostiziert Peter Drucker (1996) den Aufstieg einer postindustriellen Gesellschaft, deren Probleme nicht mehr in der Beschaffung von Kapital und Arbeitskraft liegen, sondern in der Nutzung, Erzeugung und Verteilung des Produktionsfaktors Wissen (Drucker, 1996; Heidenreich, 2003). Eine erste grundlegende Auseinandersetzung mit der ökonomischen und gesellschaftlichen Relevanz von Wissen findet sich in den zentralen Arbeiten von Fritz Machlup (1962) und Daniel Bell (1973).

Fritz Machlup, dessen ursprüngliches Interesse der Untersuchung von Monopolen und unvollständiger Konkurrenz galt, macht im Rahmen seiner Arbeit die Beobachtung, dass Praktiken wie das Patentsystem den Wettbewerb beschränken. Diese Beobachtung führt ihn zur Frage nach Kosten und Nutzen des Patentsystems, welche sich nur beantworten lässt, wenn die Kosten der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (F&E), die zu Patenten führen, einerseits, und die gesellschaftlichen Erträge andererseits quantifizierbar sind. Die Kosten der F&E hängen wiederum von den Kosten der Ausbildung der Forscher und Entwickler ab. Die notwendigen Schritte zur Beantwortung der Frage nach Kosten und Nutzen des Patentsystems führen Machlup nicht nur über seine ursprüngliche Frage hinaus, sie illustrieren auch die

Zusammenhänge der Verwendung von Wissen in der Industrie und dessen Herstellung durch Forschung und Ausbildung. Zentrale Ergebnisse der 1962 publizierten Untersuchung „The Production and Distribution of Knowledge in the United States“ (Machlup, 1962) zeigen die vitale Bedeutung des Wissens für die Volkswirtschaft:

1. Die „Wissensindustrie“ der USA ist im Jahr 1958 für 29% des Bruttosozialprodukts (BSP) verantwortlich.
2. Die geschätzte Wachstumsrate dieses Sektors entspricht der zweieinhalbfachen durchschnittlichen Wachstumsrate der anderen Bereiche des BSP; die Wissensproduktion wird in naher Zukunft fünfzig Prozent des BSP ausmachen.
3. Der Anteil der Arbeitskräfte, welche direkt mit Wissensproduktion befasst sind, entspricht 31,6% der Erwerbsbevölkerung; zählt man alle Vollzeitstudenten im arbeitsfähigen Alter hinzu, dann entspricht diese Gruppe 42,8% der Gesamtbevölkerung.

Machlup fasst die privaten und staatlichen F&E-Aktivitäten sowie Ausbildungseinrichtungen unter dem Begriff Wissensindustrie („knowledge industry“) zusammen und spricht der Universität („knowledge factory“) (Machlup, 1982) als Nexus dieser Industrie die zentrale Rolle bei der Wissensproduktion zu. Forschung und Lehre werden damit im Rahmen einer *Industrialisierung von Wissenschaft* zu einem Teilbereich der industriellen Produktion (Crawford, 1983).

Während Machlup sich mit den Auswirkungen der Industrialisierung von Wissenschaft auf die Gesellschaft befasst, beschäftigt sich der Soziologe Daniel Bell (1973) in seiner Studie „The Coming of Post-Industrial Society“ mit der *Verwissenschaftlichung der Industrie*. Im Rahmen einer Szenarioanalyse kommt er zu folgenden Ergebnissen.

1. Theoretisches Wissen erhält einen zentralen Stellenwert in der postindustriellen Gesellschaft. Obwohl Information die Grundlage jeder menschlichen Gesellschaft bildet, ist erst in der postindustriellen Gesellschaft die Kodifizierung und gemeinsame Verbreitung theoretischen Wissens und neuer Werkstoffe so weit vorangeschritten, dass sie zum zentralen Produktionsfaktor werden. Dies zeigt sich vor allem durch die Entwicklung neuer wissenschaftsbasierter Industrien – wie der Informationstechnologie und Biochemie – welche das letzte Drittel des zwanzigsten Jahrhunderts beherrschen.
2. Neues Wissen ermöglicht die Entwicklung neuer Technologien. Durch neue mathematische und ökonomische Techniken und Algorithmen in Kombination mit computerbasierter Rechenleistung wird es möglich durch Simulationen und Modelle effiziente und rationale Lösungen für technische, ökonomische und soziale Probleme zu entwickeln.

3. Der zentrale Stellenwert theoretischen Wissens führt zum Aufstieg einer Wissens-Profession aus Forschern, Ingenieuren, Informatikern und Dienstleistern, welche bis zur Jahrtausendwende den größten Teil der Erwerbsbevölkerung ausmachen wird. Damit einhergehen wird die Entwicklung einer meritokratischen Gesellschaftsordnung, in der Ansehen nicht auf (ererbtem) Reichtum, sondern auf den persönlichen Verdiensten des Einzelnen fußt. Damit gleicht sich die Gesellschaft dem in der Wissenschaft üblichen Reputationssystem an.

Obwohl der politische Diskurs um die Wissensgesellschaft relativ jung ist, wurde der Grundstein ihrer Entwicklung bereits durch die Industrialisierung gelegt. Die Wichtigkeit des Produktionsfaktors Wissen für ökonomisches Wachstum ist seit Beginn der Industrialisierung unbestritten. Neben einer Industrialisierung von Wissenschaft als Zulieferer radikaler Innovationen kommt es gleichzeitig zu einer Verwissenschaftlichung der Industrie. Die größte Herausforderung für die postindustrielle Wissensgesellschaft liegt allerdings darin, eine Ökonomie des Wissens zu entwickeln, die den besonderen Eigenschaften des Produktionsfaktors Wissen gerecht wird und die optimale soziale Investition in Wissen gewährleisten kann: *„This new problem regarding [the economics of] information poses the most fascinating challenges to economists and decision makers in respect to both theory and policy“* (Bell, 1973, p. XVI).

2.2. Die gesellschaftliche Produktion von Wissen

Sowohl in einer Industrie- als auch einer Wissensgesellschaft unterliegt die Produktion von Wissen bestimmten gesellschaftlichen Produktionsbedingungen, welche sich von klassischen Produktionsfaktoren unterscheiden. Zum einen weist Wissen einzigartige Eigenschaften auf, welche den ökonomischen Tausch erschweren, zum anderen unterscheiden sich die Anreizstrukturen in der wissenschaftlichen und industriellen Forschung deutlich. Dies führt dazu, dass nur ein gewisser Anteil des in der Wissenschaft produzierten Wissens direkt ökonomisch genutzt werden kann. Bevor diese Aspekte weiter ausgeführt werden, soll zunächst der Begriff des Wissens kurz definiert werden.

Definition des Wissensbegriffs

Der Begriff „Wissen“ beschreibt im Allgemeinen ein in Individuen und Gruppen existierendes kognitives Schema, welches erfahrungsgeleitet die Handhabung von Sachverhalten auf der Basis von Informationen und Regeln ermöglicht. Diese Informationen und Regeln sollten dabei zumindest grundsätzlich prüfbar, nachvollziehbar und begründbar sein (Brockhaus, 2009). Diese lexikalische Definition stimmt grundsätzlich mit ökonomischen Konzepten überein: *„We cannot regard knowledge as simply the accumulation of information in a stockpile [...]. Knowledge itself must be regarded as a structure, a very complex and*

frequently quite loose pattern [...]. Sometimes [new] messages „stick“ to the structure and become part of it.“ (Boulding, 1955, p. 103f). Allerdings entzieht sich ein solches, qualitatives Konzept von Wissen als einer Struktur aus Regeln und Informationen einer sinnvollen ökonomischen Analyse. Grundlegende Arbeiten zu einer Ökonomie des Wissens konzeptionieren Wissen als Information. Dies bedeutet die Reduzierung und Transformation von Wissen in Nachrichten („messages“), die einfach zwischen Akteuren getauscht werden können (Arrow, 1962b). Dieser, als *Kodifizierung* bezeichnete Prozess vereinfacht die Übertragung, Überprüfung, Lagerung und Reproduktion von Wissen. Kodifiziertes Wissen bzw. Information besitzt die Eigenschaften eines öffentlichen Gutes, was Konsequenzen sowohl für den ökonomischen Tausch als auch für die gesellschaftliche Produktion von Wissen hat.

Wissen und Wirtschaftswachstum

Obwohl die Relevanz von Wissen für die Industrie und damit für ökonomisches Wachstum bereits in der frühen Industrialisierung zumindest anekdotisch belegt ist, erfolgt die Integration in ökonomische Modelle zur Erklärung des Wirtschaftswachstums viel später. In der neoklassischen, exogenen Wachstumstheorie wird Produktivität als Funktion der vorhandenen Produktionsgüter (physisches Kapital) und Arbeitskräfte konzipiert, die auf einem bestimmten technologischen Niveau produzieren (Solow, 1956):

$$Y = K^a * (A * L)^{1-a}, 0 < a < 1$$

mit	Y	= Produktion
	K	= Kapital
	A	= Wissen
	L	= Arbeit

Produktionswachstum ist in diesem Modell durch eine größere Anzahl Arbeitskräfte (L) möglich, oder durch Technologien (A), welche die Produktivität der Arbeitskräfte erhöhen, das verfügbare Kapital wird als konstant angenommen. Die Gründe für Wirtschaftswachstum (Innovationen, Bevölkerungswachstum) werden nicht in das Modell mit einbezogen, sondern bleiben exogen (daher „exogene Wachstumstheorie“). Solow konzipiert die Produktionsfunktion zwar als Ausdruck technologischen Wissens, modelliert das Wachstum dessen (und damit der Produktivität) aber lediglich als eine Funktion der Zeit (A zum Zeitpunkt t). Die Entstehung neuen Wissens wird so zwar ins Kalkül mit einbezogen, aber als unabhängiges Element nicht direkt untersucht. Empirische Untersuchungen (auf Grundlage des Solow-Modells) sowohl der zeitlichen Entwicklung des Wachstums in einem Land, als auch Produktivitätsvergleiche über verschiedene Länder hinweg können einen großen Teil der Produktivität bzw. des Wachstums nicht erklären. Dieser unerklärte Teil („Solow-Residuum“)

wird in der Literatur als „*measure of ignorance*“ bezeichnet, da er die Effekte aller nicht berücksichtigten Faktoren beinhaltet, insbesondere – so wird argumentiert – die produktivitätsfördernden Aspekte neuen Wissens (Mankiw, 1997; Nelson, 1981).

Die endogene Wachstumstheorie hat sich zum Ziel gesetzt, die „black box“ des Solow-Residuums zu öffnen und relevante Produktivitäts- und Wachstumsfaktoren in Wachstumsmodelle zu integrieren (daher „endogene“ Wachstumstheorie). Dazu gehört neben der Endogenisierung technologischen Wandels auch die Qualität des Humankapitals. Produktivitätssteigerung ist durch Erfahrungslernen der Arbeitskräfte möglich, welche allerdings stark sinkende Grenzerträge aufweist und immer wieder durch technologischen Wandel neu stimuliert werden muss (Arrow, 1962a). Eine Möglichkeit, diese sinkenden Grenzerträge des Lernens zu umgehen, ist die Investition in Ausbildung. Diese kann technologischen Wandel als Lernstimulus ersetzen und technologische Innovation als Treiber des Produktivitätswachstums substituieren (Uzawa, 1965). Aufbauend auf dem Solow-Modell entwickelt Romer (1986, 1990) ein endogenes Wachstumsmodell, welches neben Kapital (K), Arbeitskraft (L) und bestehendem Wissen (A) auch die Produktion neuen Wissens (H) als Produktivitätsfaktor enthält:

$$Y = (H * A)^{\alpha} * (L * A)^{\beta} * K^{\eta}$$

mit	Y	= Produktion
	H	= Humankapital
	A	= Wissen
	L	= Arbeit
	K	= Kapital

Er unterscheidet dabei drei volkswirtschaftliche Sektoren:

1. *Wissenschaftliche Forschung* produziert neues Wissen unter Verwendung von Humankapital
2. *Industrielle F&E* entwickelt neue Produktionstechnologien aus den Forschungsergebnissen der Wissenschaft, ebenfalls unter Verwendung des (wissenschaftlich) ausgebildeten Humankapitals.
3. *Industrielle Produktion* stellt unter Verwendung von Produktionstechnologien Konsumgüter her.

Romer differenziert Wissen dabei zum einen als privates Humankapital, welches individuell durch Ausbildung und Erfahrung erworben wird, und zum anderen als öffentliches technologisches Wissen, welches als Ergebnis von Forschung der gesamten Volkswirtschaft kollektiv zur Verfügung steht. Zentrale Aussagen des Romer-Modells sind,

- dass technologisches Wissen als Treiber ökonomischen Wachstums gleichzeitig Charakteristika eines öffentlichen und privaten Gutes aufweist,
- Wachstum durch den Bestand des privaten Gutes Humankapital determiniert wird
- und es im Gleichgewicht zu einer Unterinvestition von Humankapital in Forschung kommt,
- da Forschungsergebnisse Merkmale eines öffentlichen Gutes aufweisen, welche die Aneignung privater Gewinne erschweren (Romer, 1990).

Wirtschaftswachstum wird somit durch die Produktion von Wissen im Rahmen der Forschung bestimmt. Im Folgenden werden die Gründe und Konsequenzen dieser Zusammenhänge für die Forschung und Industrie anhand der Eigenschaften des Wissens illustriert.

Wissen als öffentliches Gut

Zu den wegweisenden Arbeiten, die sich mit Produktion, Verbreitung und sozialem Nutzen von Forschung befassen, gehören die analytischen Arbeiten von Nelson (1959) und Arrow (1962b), die sich mit den Problemen der Aneignung privater Gewinne aus öffentlich zugänglicher Grundlagenforschung befassen. Darüber hinaus die empirischen Arbeiten von Griliches (1960, 1979), die zeigen wie sich die von Nelson und Arrow beschriebenen Probleme gesamtgesellschaftlich positiv auswirken können. Im Folgenden werden die Ergebnisse des auf den o.g. Arbeiten aufbauenden Forschungszweigs anhand der Eigenschaft von Wissen als öffentlichem Gut zusammengefasst.

Der direkte ökonomische Wert wissenschaftlicher Grundlagenforschung ist unmöglich vorherzusagen und auch im Nachhinein nur schwer zu evaluieren. Es ist zwar durchaus möglich, dass neues Wissen direkt eine ökonomische Anwendung findet, in der Mehrzahl der Fälle zahlt sich neues Grundlagenwissen erst langfristig, oder – im Falle des Scheiterns eines Forschungsprojekts – gar nicht aus. Diese hohe *Unsicherheit* macht industrielle Investitionen in Grundlagenforschung hochspekulativ und damit aufgrund der Risikoaversion privater Investoren unwahrscheinlich.

Weiterhin ist es schwer möglich aus den Ergebnissen von Grundlagenforschung direkte Profite zu erzielen, da individuelle Verfügungsrechte über diese Ergebnisse schwer zu generieren und aufrechtzuerhalten sind. Die Reputation eines Forschers beruht darauf, als Erster eine neue Erkenntnis zu publizieren. Für ihn besteht ein starker persönlicher Anreiz zur Veröffentlichung seiner Ergebnisse; die strategische Nicht-Veröffentlichung zum Zwecke persönlicher Bereicherung verstößt darüber hinaus in vielen wissenschaftlichen Gemeinschaften gegen existierende Normen (vgl. Merton, 1973). Diese Praxis führt zur *Nicht-Ausschließbarkeit* Dritter von neuem Wissen und macht den Handel mit diesem Wissen unmöglich, weil niemand bereit ist für ein Gut zu zahlen, zu dem er bereits kostenfrei Zugang hat.

Andererseits kann der indirekte Nutzen von Grundlagenforschung enorm sein, falls die Veröffentlichung einer fundamentalen neuen Erkenntnis oder Entwicklung in die industrielle Produktentwicklung einfließt. Die daraus generierten Profite sind im Allgemeinen deutlich höher als die primäre Investition in die grundlegende Forschung. Direkter privater Nutzen und indirekter sozialer Nutzen stehen sich damit diametral gegenüber: Je mehr es möglich wird, individuelle Verfügungsrechte über öffentliche Forschung zu etablieren, desto geringer wird der mögliche soziale Nutzen und umgekehrt. Dies führt schließlich zu einem systematischen Versagen des Marktes für Grundlagenforschung und dadurch zu einer gesellschaftlichen Unterinvestition in Wissen (David, Mowery, & Steinmüller, 1992). Um diesem Marktversagens entgegenzuwirken existieren zwei Lösungsmöglichkeiten: Der Schutz von Verfügungsrechten privater Wissensproduzenten durch juristische Instrumente (z.B. Patente und Urheberrechte) und die Finanzierung der Wissensproduktion durch staatliche Mittel.

Überwindung von Marktversagen

Der rechtliche Schutz von Verfügungsrechten durch Patente und ähnliche Instrumente ermöglicht den Ausschluss Dritter von der Nutzung des geschützten Wissens, auch wenn diese bereits Kenntnis über den Inhalt des Wissens erlangt haben. Dies führt dazu, dass ein Wissenseigentümer potenziellen Interessenten das Wissen zur Prüfung offenbaren kann, ohne den Kaufanreiz zu zerstören. Dieser Mechanismus schafft einen Markt für Wissen, in dem der Eigentümer Gebühren für die Wissensnutzung von einem oder mehreren Wissenskonsumenten erheben kann. Allerdings argumentiert Arrow (1971), dass sich für die meisten Patente nur *ein* möglicher Interessent findet und ein solches bilaterales Monopol keinen effizienten Marktpreis hervorbringt, der die F&E-Aufwendungen zur Wissensproduktion rechtfertigt. Im Fall der Grundlagenforschung kommen noch weitere Aspekte hinzu. Zum einen lösen Patente nicht das Grundproblem der *Unsicherheit* der Investition in Grundlagenforschung, zum anderen können fundamentale Erkenntnisse Anwendungsmöglichkeiten haben, die dem Wissenseigentümer nicht bekannt, und daher durch den Patentschutz nicht abgedeckt sind. Dies führt wiederum zu einem Problem der *Nicht-Ausschließbarkeit* Dritter (Arrow, 1962b). Ein solches juristisches System zum Schutz privater Verfügungsrechte eignet sich für gut spezifizierte technische Abläufe und Geräte, vor allem wenn diese explizit gehandelt werden sollen und die Technologie einfach zu kopieren ist, weniger aber um eine gesellschaftlich optimale Investition in Grundlagenwissen zu garantieren (Denicolo & Franzoni, 2003).

Eine andere Möglichkeit der Forschungsförderung ist die Finanzierung aus staatlichen Mitteln. Hier bieten sich zwei Alternativen an. Ein Weg zur Produktion von Wissen als öffentliches Gut ist die Gründung staatlicher Forschungseinrichtungen, welche ihre Ergebnisse jedermann zugänglich machen. Unter diesem Produktionsregime hängt sowohl die Höhe der Forschungsfinanzierung als auch die Verteilung des Budgets auf verschiedene Forschungsbe-

reiche allein vom Staat ab. Dies kann jedoch zu einer ineffizienten Allokation von Ressourcen führen, da staatliche Stellen nicht das relevante Fachwissen besitzen, um die richtige Investitionsentscheidung zu treffen. Im Unterschied dazu kann der Staat die private Produktion von Forschungswissen subventionieren und mit der Subvention die Auflage verbinden, dass die Forschungsergebnisse öffentlich zugänglich gemacht werden. Dies ist der Fall bei Universitäten, in denen Forscher über Gehaltszahlungen subventioniert werden und die Veröffentlichung des Wissens über eine Anreizstruktur sichergestellt wird, die sich von den Anreizen privater Forschung unterscheidet (Dasgupta & David, 1994).

Anreize zur Produktion von Wissen

Die Forschung in wissenschaftsbasierten Industrien lässt sich von der Grundlagenforschung in Universitäten nicht durch Forschungsmethoden, Finanzierungsarten oder die Natur des produzierten Wissens eindeutig abgrenzen. Der fundamentale Unterschied zwischen den Bereichen industrieller und wissenschaftlicher Forschung besteht in den verfolgten Zielen, dem Umgang mit Ergebnissen hinsichtlich Geheimhaltung oder Veröffentlichung und den damit verbundenen Anreizsystemen. Die industrielle Forschung ist auf die Erzielung direkter Profite ausgerichtet, welche durch die Aneignung von Verfügungsrechten (z.B. durch Geheimhaltung oder Patentierung) an neuem Wissen ermöglicht wird. Wissenschaftliche Forschung hingegen zielt darauf ab, den sozialen Nutzen neuen Wissens durch dessen Veröffentlichung zu maximieren. Die Veröffentlichung wissenschaftlicher Ergebnisse wird dadurch gewährleistet, dass Wissenschaftler neben der staatlichen Subventionierung in Form von Gehalt, Sachmitteln und Arbeitsgeräten eine nichtmonetäre Entlohnung in Form von Reputation erhalten (Dasgupta & David, 1994). Die Reputation eines Wissenschaftlers hängt direkt von der Evaluierung seines veröffentlichten Beitrags zur Wissenschaft durch die wissenschaftliche Gemeinschaft ab und bestimmt die weitere Karriere (z.B. Beförderungen, Budgets, Teilnahme an Forschungsprojekten). Sie stellt damit einen starken Anreiz zur Forschung dar und gewährleistet, dass der soziale Nutzen wissenschaftlichen Wissens maximiert wird, indem die Veröffentlichung neuen Wissens garantiert, und gleichzeitig eine Qualitätskontrolle durch andere Wissenschaftler durchgeführt wird. Da andere Wissenschaftler solchermaßen veröffentlichtes und überprüftes Wissen zur Grundlage der eigenen Forschung machen, entwickelt sich so ein System, welches eine konstante gesellschaftliche Wissensproduktion garantiert (David, 1991; Merton, 1973).

Bezieht man die bisherigen Überlegungen auf die propagierte Kunden-Lieferanten-Beziehung von Industrie und Wissenschaft in der Wissensgesellschaft, so zeigt sich, dass eine ökonomische Austauschbeziehung zwischen diesen beiden Sektoren durch die unterschiedlichen Anreizsysteme stark erschwert wird. Industrielle Forschung lebt von der Profiterzielung, die nur möglich wird, wenn robuste Verfügungsrechte Dritte von der Wissensnutzung ausschließen können. Ein gesellschaftlich notwendiges Maß an wissenschaftlicher

Forschung wird aber nur durch die Offenlegung neuen Wissens gewährleistet. Diese unterschiedlichen Interessen bezüglich Veröffentlichung und Geheimhaltung verhindern eine intensive Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie. Ein direkter Wissenstransfer aus der wissenschaftlichen Forschung in die industrielle Produktion ist unwahrscheinlich. Weiterhin ist eine direkte Kooperation aus Sicht der Industrie nicht nötig, da die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung öffentlich zur Verfügung stehen. In dieser Argumentation profitiert die Industrie von der Wissenschaft einzig, indem sie das veröffentlichte Wissen in die eigenen Produktentwicklungsprozesse mit einfließen lassen kann, also am allgemeinen sozialen Nutzen der staatlich subventionierten Forschung partizipiert. Allerdings zeigt die lange Tradition der Kooperation wissenschaftlicher und industrieller Forschungseinrichtungen in der Medizin, den Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften, dass es zu direktem Wissenstransfer kommt (vgl. Agrawal, 2001; Hall, Link, & Scott, 2003; Meyer-Krahmer & Schmoch, 1998). Diese Transferaktivitäten sind nur sinnvoll, solange wissenschaftliches Wissen kein öffentliches Gut ist, oder aus den Transferaktivitäten Wissen entsteht, das sich vor dem Zugriff Dritter schützen lässt. Derartiges Wissen muss also den Charakter eines privaten Gutes annehmen können.

Implizites Wissen als Grundlage universitären Wissenstransfers

Die zitierten Grundlagenarbeiten (Arrow, 1962b; Nelson, 1959) und die darauf aufbauende Literatur rekurren ausschließlich auf den Informationsanteil des Wissens und sind dadurch in der Lage, die gesellschaftliche Wissensproduktion zu erklären. Dabei vernachlässigen sie bewusst wichtige Aspekte der anfangs eingeführten Wissensdefinition. Wissen existiert nicht als „stockpile of information“, sondern als eine Struktur, welche die gespeicherten Informationen aufeinander bezieht, und muss anhand bestimmter Regeln interpretiert werden, um Sinn zu ergeben. Diese Interpretation ist nur erfahrungsgeleitet möglich und führt zu einem geteilten kognitiven Schema in einer Gruppe, d.h. Wissen wird durch einen sozialen Lernprozess erzeugt. In Abgrenzung zum als Nachricht bzw. Information kodifizierten Wissensanteil werden diese Wissensanteile unter dem Sammelbegriff *implizites Wissen* (Polanyi, 1969) zusammengefasst. Der Begriff ist nur unscharf abgegrenzt und beinhaltet verschiedene Aspekte. Zum einen *idiosynkratisches* Wissen über Regeln und Strukturen in einem bestimmten Wissenskontext (z.B. einer Forschungsrichtung) und die notwendige Erfahrung in der Interpretation dieser Strukturen, welche nur durch langjährige Ausbildung und Arbeit in diesem Bereich erworben werden kann und dadurch an Humankapital gebunden ist. Zum anderen aber auch grundsätzlich kodifizierbares Wissen, bei dem kein Anreiz zur Kodifizierung besteht, da

- es den Wissensadressaten bereits bekannt ist (z.B. Verhaltensnormen),
- die Kosten der Kodifizierung so hoch sind, dass die implizite Übertragung durch soziale Interaktion günstiger ist (z.B. handwerkliches Geschick), oder
- es bewusst geheim gehalten werden soll, um Dritte von seiner Nutzung ausschließen zu können (z.B. Geschäftsgeheimnisse) (vgl. Ancori, Bureth, & Cohendet, 2000; Cowan, David, & Foray, 2000; Cowan & Foray, 1997; Nelson, 1990).

Aus Forschung entstehendes Wissen gehört zu den am stärksten kodifizierten Wissensformen. Da ein Forscher neues Wissen nur durch Veröffentlichung gegen Reputation tauschen kann und die Höhe der Reputation (z.B. Anzahl Zitationen durch andere Forscher) von der Einschätzung seiner Forschungsgemeinschaft abhängt, müssen nicht nur die Ergebnisse der Forschung, sondern auch zugrunde gelegte Theorien, Daten und Methoden in nachvollziehbarer Form veröffentlicht werden. Dies führt zu einer vereinheitlichten Form der Kodifizierung und spricht gleichzeitig für die von Arrow (1962b) vorgeschlagene Konzeption als Information. Gleichzeitig ist wissenschaftliches Wissen hochgradig idiosynkratisch. Der Transfer in die Industrie ist mit hohen Kosten verbunden, da die reine Kenntnis der kodifizierten Anteile wertlos ist. Mögliche industrielle Anwender müssen auch die relevanten Strukturen und Regeln replizieren können und die entsprechende Erfahrung im Umgang mit diesem Wissen erwerben. Darüber hinaus kann ein Forscher in gewissen Grenzen selbst bestimmen, wie weit er neue Forschungsergebnisse kodifiziert. Bei der Veröffentlichung von Ergebnissen ist es aus Sicht des Forschers sinnvoll, nicht alle Erkenntnisse zu offenbaren, sondern genau so viel, wie nötig ist, um die gewünschte zusätzliche Reputation zu erhalten. Dabei wird er andererseits auch darauf verzichten, auf Regeln, Strukturen und Grundannahmen einzugehen, deren Bekanntheit er bei seiner Forschungsgemeinschaft voraussetzen kann. Kodifiziertes und implizites Wissen sind (in gewissen Grenzen) bei der Produktion neuen Wissens substituierbar. Inwieweit ein Forscher kodifizierbares Wissen tatsächlich kodifiziert hängt damit von der gegebenen Anreizstruktur in seiner Forschergemeinschaft und von den Kosten der Kodifizierung ab (Dasgupta & David, 1994). Wissenschaft ist damit gleichzeitig stark kodifiziert und idiosynkratisch.

Der implizite Anteil wissenschaftlichen Wissens, der notwendig ist, um dieses Wissen für die industrielle Produktion zu nutzen, ist an spezifische Institutionen und Forscher gebunden und besitzt damit die Eigenschaften eines privaten Gutes (Collins, 1992, p. 29ff.). Diese Voraussetzungen ermöglichen nicht nur die Entstehung eines Marktes für diese impliziten Wissensanteile, sondern erfordern einen aktiven Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie, wenn Forschungsergebnisse zur Produktentwicklung genutzt werden sollen. Ein Transfer dieses idiosynkratischen Wissensanteils vom Wissensproduzenten zum Konsumenten ist nur in der direkten sozialen Interaktion möglich und ist dementsprechend mit hohen Kosten verbunden. Darüber hinaus begrenzt die Notwendigkeit direkter Interaktion die geographische

Reichweite der Wissensvermittlung. Mit steigender Distanz nimmt der Aufwand z.B. durch Reisekosten und -zeiten überproportional zu, gleichzeitig nimmt die Information darüber, wer nützlich Wissen besitzen könnte, überproportional ab (Cowan & Foray, 1997).

Diese erweiterte Sichtweise von Wissen als Information samt zugehörigen, an Humankapital gebundenen Interpretationsregeln relativiert die Argumente von Nelson und Arrow zu Wissen als öffentlichem Gut. So kann der Verkäufer von Wissen kodifizierte Anteile des Wissens potenziellen Käufern offenbaren, ohne den Anreiz zum Erwerb des Wissens zu zerstören, da der Käufer das Wissen nur gemeinsam mit dem impliziten Wissen des Verkäufers sinnvoll einsetzen kann (Nelson, 1990). Dabei wird es dem potenziellen Käufer möglich den zu erwartenden Nutzen des Wissens besser abzuschätzen, da kodifizierte Wissensanteile als Qualitätssignale für die impliziten Wissensanteile dienen. Somit kann die Reputation eines Forschers Auskunft über sein Humankapital geben, die Zitationshäufigkeit eines Artikels über die wissenschaftliche Relevanz eines bestimmten Ergebnisses oder das Vorliegen eines Patents einen Hinweis darauf, ob eine praktische und innovative Anwendungsmöglichkeit für eine bestimmte wissenschaftliche Erkenntnis besteht. Diese Qualitätssignale reduzieren die Informationsasymmetrie des potenziellen Käufers sowie die Unsicherheit einer Investition in Wissenstransfer.

Abbildung 1 stellt die Entstehung von Wissen in Abhängigkeit der diskutierten Eigenschaften und sich daraus ergebenden Transfermöglichkeiten schematisch dar (vgl. Ancori et al., 2000; Cowan et al., 2000; Cowan & Foray, 1997). Neues Wissen, Erfindungen und Innovationen sind zunächst einmal *idiosynkratisch und unkodifiziert* in den Köpfen einzelner Vordenker oder kleiner Forschergruppen vorhanden. In den frühen Phasen der Ideenentwicklung ist das Wissen noch nicht kodifiziert und ist aufgrund seiner Neuartigkeit auch nicht an mögliche Wissenskonsumenten vermittelbar. Ist das neue Wissen zunächst nicht zu vertretbaren Kosten zu kodifizieren, oder führt die Kodifizierung dazu, dass kein Markt für dieses Wissen entsteht, kann es sich durch Ausbildungs- und Beratungstätigkeiten der Innovatoren als Praxis manifestieren. Ist das neue Wissen kodifizierbar *und* schützbar und lässt es sich leicht an mögliche Wissenskonsumenten vermitteln, dann kann es über Produktentwicklung in neue Technologien und Produkte einfließen. Ist das Wissen zwar kodifizierbar, aber lässt es sich nicht an eine große Gruppe von Wissenskonsumenten vermitteln, fließt es in die Forschung ein und wird Teil des wissenschaftlichen Prozesses. Wissenschaftliches Wissen ist im Allgemeinen hochkodifiziert, bleibt aber dem größten Teil der Gesellschaft latent, da zur Dekodierung des Wissens besondere Fähigkeiten (wissenschaftliche Ausbildung und Erfahrung, Vertrautheit mit wissenschaftlichen Methoden und Arbeitstechniken) notwendig sind (Cowan et al., 2000). Aus den primären Mechanismen Wissenschaft und Praxis lassen sich weitere Möglichkeiten zum Wissenstransfer ableiten. Aus etablierten Praktiken können Produkte entwickelt werden, wissenschaftliches Wissen kann über Ausbildung und Beratung in Praktiken und Produktentwicklungsprozesse, und über Forschungskooperationen und Patente in Technologien und Produkte einfließen.

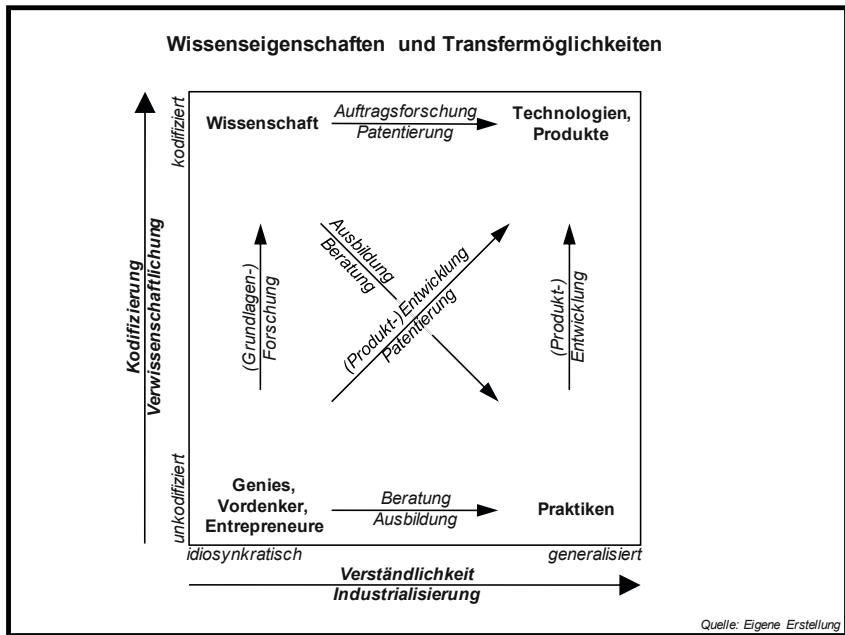


Abbildung 1: Wissensseigenschaften und Transfermöglichkeiten

2.3. Die Universität als Wissensproduzent

Universitäten können als Mehrproduktunternehmen charakterisiert werden, die verschiedenen Zielgruppen unterschiedliche Wissensprodukte anbieten (Cohn & Cooper, 2004; Warning, 2007). Auftraggeber des „Unternehmen Universität“ ist der Staat, welcher die Kompensation der Universität teilweise von seinen verfolgten Zielen, teilweise vom Erfolg der universitären Produkte in den diversen Märkten abhängig macht. Die Hauptprodukte einer Universität sind Forschung und Lehre, als Neben- und Kuppelprodukte entstehen eine Reihe öffentlicher Dienstleistungen, insbesondere der Wissenstransfer in die Praxis. (Argyres & Liebeskind, 1998; Bush, 1945; Etzkowitz, 2003; Merton, 1973)

Forschung

Die Erzeugung neuen Wissens ist als Hauptgeschäft der Universität (McDowell, 2001) von entscheidender Wichtigkeit für die Weiterentwicklung der Gesellschaft. Die Ergebnisse der Forschung fließen in weitere Forschung ein, bilden die Grundlage für Lehre und Wissenstransfer und werden schließlich in Form von Technologien praktisch angewandt. Die Wichtigkeit des Basisprodukts Forschung spiegelt sich in zentralen Prozessen und Strukturen

der Organisation wider, wie sich an stilisierten Fakten zeigt (Argyres & Liebeskind, 1998; Dasgupta & David, 1994):

1. Wissenschaftler in Universitäten haben weitgehend freie Hand bei der Auswahl ihrer Forschungsobjekte, -ziele und Kooperationspartner, es erfolgt kein zentraler Produktplanungsprozess.
2. Die Personalauswahl erfolgt anhand des bereits demonstrierten Beitrags zur Forschung und der Erwartung weiterer Beiträge.
3. Neue Fakultätsmitglieder werden nicht durch die administrative Leitung, sondern durch die anderen Fakultätsmitglieder ausgewählt.
4. Die Prozesse der Personalauswahl (Fakultät) und Budgetierung (Administration) sind weitgehend voneinander getrennt.
5. Mitarbeiter und Forscher werden nicht aufgrund ihres direkten Wertschöpfungsbeitrags zum Universitätsbudget ausgewählt.
6. Die private Produktion und der Verkauf von Wissen durch Nebentätigkeiten sind nur mit besonderer Genehmigung der Universitätsleitung erlaubt.

Diese Mechanismen gewährleisten die organisationalen Anreizstrukturen, welche universitäre (Grundlagen-)Forschung ermöglichen (M. Jensen & Meckling, 1992).³

Lehre

Die Lehre ist in Universitäten eng an die Forschung gekoppelt und stellt den gesellschaftlich direkt sichtbaren Output des Unternehmens Universität dar (Chesbrough, 2003). Während das Produkt Forschung zunächst nur in einer relativ geschlossenen Gemeinschaft von Wissenschaftlern genutzt wird, verbreitet sich das über Lehre weitergegebene Wissen in der Gesellschaft und wird dort wertschöpfend eingesetzt. Die Funktion der universitären Lehre unterscheidet sich dabei in der Graduiertenausbildung (Bachelor, Master), welche auf die direkte Anwendung des vermittelten Wissens in der Praxis abzielt, und der Ausbildung von Doktoranden. Diese werden nach Abschluss ihres Promotionsstudiums selbst als Forscher in Universitäten und Industrie zu Wissensproduzenten oder erhöhen durch die forschungsnahe Ausbildung die Aufnahmefähigkeit für neues Wissen in der Industrie. (Cohn & Cooper, 2004) Universitäre Lehre ist ein Verbundprodukt der Forschung, beide sind komplementär miteinander verbunden, wie sich an einigen stilisierten Fakten illustrieren lässt (Neumann, 1992):

³ Auf agenturtheoretische Grundlagen des Wissenschaftsbetriebs und Probleme von Anreizkompatibilität der Erforschung und der Kommerzialisierung von Wissen wird in dieser Arbeit nicht vertieft eingegangen. Für einen umfassenden Überblick vgl. Dasgupta und David (1994).

1. Der konkrete Nutzen universitärer Lehre im Vergleich zu anderen Ausbildungsinstitutionen liegt in der Vermittlung von aktuellem, empirisch belegtem Forschungswissen.
2. Die theoriegeleitete Art der universitären Lehre vermittelt Studenten einen kritischen und reflektierten Zugang zu Wissen, der sie über reine Anwendung hinaus zur Produktion neuer Erkenntnisse befähigt.
3. Die Notwendigkeit, sich an der Ausbildung von Studenten zu beteiligen, verlangt von den Forschern die Fähigkeit ihre Forschungsergebnisse einer breiteren Öffentlichkeit verständlich zu vermitteln und sich durch die Öffentlichkeit hinterfragen zu lassen.
4. Die Forschungsausrichtung einer Fakultät, sowie das in dieser Forschungsrichtung gesammelte Wissen bilden den Rahmen des möglichen Lehrangebots.

Die Lehre trägt damit zur Erzeugung neuen Wissens bei, indem sie Humankapital erzeugt, dass bereits in der Ausbildung zum Prozess der weiteren Wissenserzeugung beitragen kann.

Wissenstransfer

Als Kuppelprodukt von Forschung und Lehre kann die Universität der Öffentlichkeit eine ganze Reihe von Ressourcen und Aktivitäten der direkten Wissensvermittlung anbieten. Diese reichen von sehr allgemeinen Funktionen als Sammler und Bewahrer von Wissen (Dasgupta & David, 1994) über künstlerische und sozialkritische Aktivitäten (Aitkin, 2001), dem Zugang zu besonderen Einrichtungen (z.B. Bibliotheken, Labore), Publikationen (z.B. Gutachten, Analysen, Patente) bis hin zu Praxistagungen, Präsentationen und Kooperation mit Unternehmen (Wagner, 1993). In diesen Bereichen ein sinnvolles Angebotsportfolio für die Öffentlichkeit zu schaffen wurde in den letzten Jahrzehnten schwieriger, da die zunehmende Spezialisierung in der Forschung und die differenzierteren gesellschaftlichen Ansprüche größeren Aufwand für diese Aktivitäten bedeuten (Cohn & Cooper, 2004). Das Ausmaß, in dem eine Universität bereit war ein derartiges Angebot dennoch zu machen, wurde lange als rein moralische Verpflichtung interpretiert (Bok, 1990). Andere Ansätze (vgl. Wagner, 1993) argumentieren, dass auch diese Dienstleistungen zum Vertrag der Universität mit ihren staatlichen Auftraggebern und gesellschaftlichen Anspruchsgruppen gehören, und daher kein freiwilliges Engagement der Universität darstellen. Damit ändert sich die strategische Bedeutung des Wissenstransfers im Produktportfolio der Universität vom Kuppelprodukt zum Hauptprodukt!

2.4. *Wissenstransfer als politisches Ziel*

Die Änderung der Rolle des universitären Wissenstransfers zur „Dritten Mission“ (Etzkowitz, 2003) der Universität neben Forschung und Lehre stellt keinen Automatismus oder eine logische Weiterentwicklung der bisherigen Rolle dar. Die grundsätzlich verschiedenen Anreizstrukturen in Wissenschaft und Industrie machen gelungenen Wissenstransfer zur Ausnahme. Um das Versagen des Marktes für universitäres Wissen zu kompensieren, ist der universitäre Wissenstransfer spätestens seit Mitte der siebziger Jahre erklärtes politisches Ziel in Deutschland.

Bereits 1962 veröffentlichte der Bundesrechnungshof eine „*Untersuchung über die wissenschaftliche Dokumentation in der Bundesrepublik Deutschland*“ in der er unter anderem zu folgenden Ergebnissen kommt (BRH, 1962, p. 23 ff.):

1. Die verständliche Kommunikation idiosynkratischen wissenschaftlichen Wissens an interessierte gesellschaftliche Gruppen (d.h. Unternehmen) ist zentral für die Wettbewerbsfähigkeit eines Industriestaats.
2. Eine Informations- und Dokumentationspolitik, welche den Transfer wissenschaftlichen Wissens ermöglicht, ist in der Lage die Leistung von Wissenschaft, Industrie und öffentlicher Verwaltung deutlich zu erhöhen.
3. Die Gewährleistung dieses Wissenstransfers ist Verantwortung und Aufgabe der Regierung.

Eine solche Politik wurde allerdings erst Mitte der 1970er Jahre im Rahmen des „*IuD-Programm*“ (Information und Dokumentation) des BMFT institutionalisiert (BMFT, 1975). Das Paradigma des Wissenstransfers als verbesserter Informationsfluss wurde bis Mitte der 1980er Jahre beibehalten, allerdings wurden alle Aktivitäten, die über die reine Bereitstellung von Information hinausgingen, als eine „Holschuld“ des privaten Sektors interpretiert (BMFT, 1985; BRH, 1983). Zeitgleich setzt sich industriepolitisch die Überzeugung durch, dass Innovation der Schlüssel zur zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland ist (BMFT, 1975; BMWi, 1978; KwsZ, 1977).

Ein Wandel dieses Informationsmodells zu einem kooperativen Ansatz beginnt Mitte der 1980er Jahre. Der Wissenschaftsrat (WR, 1986) argumentiert, dass Universitäten ihre Forschung und Lehre durch Kooperation mit der Industrie an den praktischen Bedürfnissen der Wirtschaft ausrichten müssen. Dadurch sollen sich Universitäten als wertschöpfende Zulieferer der Industrie profilieren und universitäre Innovationen schneller ökonomisch verwertet werden. Diese Forderung nach Praxisorientierung fällt historisch mit der Strukturwandelpolitik der Bundesregierung zusammen, die eine industrielle Regionalisierung und so auch eine stärkere regionale Orientierung der Universitäten fordert (Krücken, 2003). In

den 1990er Jahren kommt zu dieser Praxisorientierung und regionalen Ausrichtung erstmals eine technologische Ausrichtung und europäische Dimension der Wissenstransferpolitik hinzu. Der im Auftrag der Europäischen Union verfasste „Bangemann-Report“ (1994) zur globalen und europäischen Auswirkung der Informationsgesellschaft führt zu einer Betonung der Wichtigkeit der Informationstechnik bzw. des universitären Wissenstrfers in diesem Bereich (BMBF, 1996).

Mit der Jahrtausendwende schließlich spiegelt die Politik der Bundesregierung auch die Hinwendung zur Wissensgesellschaft wider. Während in den vorhergehenden Dekaden bei allen Kooperationsbemühungen die Trennung und Eigenständigkeit der Bereiche Wissenschaft und Industrie betont wurde, wird diese Trennung nun politisch aufgehoben:

„Forschung ist nicht Selbstzweck.⁴ Forschung soll auf lange Frist zu wirtschaftlichem Wachstum und neuen Arbeitsplätzen führen. Hierzu müssen alle Glieder der Innovationskette – angefangen von der Grundlagenforschung bis zur Diffusion neuer Produkte und Verfahren – miteinander vernetzt sein.“ (BMW/BMBF, 2002, p. 35)

Zentrales politisches Werkzeug dieser Diffusion von universitärem Wissen in neue Technologien ist dabei die Lizenzierung von Universitätspatenten: „Wissenstransfer ist Kooperation mit Unternehmen. Der Wissenschaftler als Unternehmer muss eine Ausnahme bleiben“ (Grigat, 1991, p. 215; vgl. auch Krücken, Meier, & Müller, 2007). Dies dokumentiert auch die Novelle des Arbeitnehmererfindungsgesetzes (ArbEG, 2002), welche das „Hochschullehrerprivileg“⁵ abschaffte. Neben der erhofften Steigerung von Universitätspatenten, welche empirisch im folgenden Kapitel untersucht wird, nimmt diese Gesetzesänderung den Hochschullehrern die Eigentumsrechte an ihren Erfindungen, und damit die Möglichkeit – und möglicherweise Motivation – selbst als Unternehmer für die gewünschte Wissensdiffusion zu sorgen.

⁴ Vgl. dazu die Diskussion der Verfassungswidrigkeit der Erteilung eines Dienstauftrags zu „innovativer Forschung“ an einen Hochschullehrer im folgenden Kapitel.

⁵ Dieses legte in der alten Gesetzgebung fest, dass Dienstserfindungen von Hochschullehrern und Assistenten so genannte „freie Erfindungen“ waren, d.h. Hochschullehrer waren Eigentümer der im Rahmen ihrer Forschung entstandenen Erfindungen.

3. Hochschullehrerprivileg und Technologietransfer

Dieses Kapitel untersucht die Auswirkungen der Abschaffung des sogenannten Hochschullehrerprivilegs auf den universitären Technologietransfer im Rahmen der Novelle des Arbeitnehmererfindungsgesetzes (ArbEG) im Jahr 2002. Mit der Gesetzesänderung werden die Eigentumsrechte von Hochschulerfindungen an die Hochschule übertragen. Ziel ist es, die Erfassung und Verwertung dieser Erfindungen durch eine zentralisierte Patentierung zu gewährleisten. Deutschland folgt damit einem allgemeinen Trend in OECD-Ländern zu einer Imitation des Bayh-Dole-Acts in den USA, in dessen Folge ein rasanter Anstieg von Universitätspatenten zu beobachten war. Der Gesetzgeber erhofft sich davon eine umfassende industrielle Verwertung universitärer Forschung durch Lizenzierung und Neugründung von Unternehmen aus der Universität heraus. Auf Grundlage aggregierter Zeitreihendaten deutscher Universitätspatente von 1976 bis 2008 wird die Auswirkung dieser Gesetzesänderung auf die Anzahl von Universitätspatenten untersucht. Es soll untersucht werden, ob sich tatsächlich die vom ArbEG intendierte, signifikante Steigerung von Universitätspatenten nachweisen lässt.

3.1. *ArbEG 2002 und Hochschullehrerprivileg*

Am 07.02.2002 trat das Gesetz zur Änderung des Gesetzes über Arbeitnehmererfindungen (ArbEG 2002) in Kraft. Neben einer Reform der Vergütung für Dienstserfindungen aller Arbeitnehmer wurde das in der alten Gesetzesform verankerte so genannte „Hochschullehrerprivileg“ (ArbEG §42) abgeschafft. Dieses sah vor, dass Dienstserfindungen von Hochschullehrern und Assistenten sogenannte „freie Erfindungen“ waren, d.h. Hochschullehrer waren Eigentümer der im Rahmen ihrer Forschung entstandenen Erfindungen. In der Nutzung der sich daraus ergebenden Rechte waren sie nicht an Vorgaben ihrer Arbeitgeber gebunden. Die praktische Bedeutung dieser Regelung lag vor allem in der Freiheit der Vertragsgestaltung zwischen Forschern und industriellen Drittmittelgebern. Diese konnten frei über die Verfüngsrechte von im Rahmen der Auftragsforschung entstandener Erfindungen verhandeln. Das Hochschullehrerprivileg leitete sich als direkte Konsequenz aus der im Grundgesetz garantierten Freiheit von Forschung und Lehre ab (Art. 3, Abs. 5). Die Forschungsfreiheit wird in der Neuregelung nur noch durch die negative Publikationsfreiheit (§ 42 Nr.2 ArbEG) berücksichtigt: Lehnt der Hochschullehrer die Veröffentlichung seiner Erfindung ab, so ist er nicht verpflichtet diese dem Arbeitgeber zu melden. Erklärt sich der Erfinder jedoch bereit, seine Erfindung zu veröffentlichen, stehen ihm 30% der Bruttoeinnahmen aus der Lizenzierung der Technologie zu (Bartenbach & Hellebrand, 2002).

Die ursprünglich geplante Reform des ArbEG sah keine Änderung des Hochschullehrerprivilegs vor. Diese wurde als politische Zielsetzung besonderer Priorität in die Gesetzesänderung mit aufgenommen, da nur im Zeitraum 2001 bis 2003 besondere Bundesmittel des Zukunftsinvestitionsprogramms zum Aufbau einer Patentinfrastruktur an Hochschulen zur Verfügung standen.⁶ Ziel der Änderung ist die verbesserte Erfassung und Verwertung von Hochschulerfindungen zur Förderung des Wissens- und Technologietransfers durch Universitäten. Diesen soll durch das Gesetz die Möglichkeit gegeben werden, wirtschaftlich nutzbare Erfindungen an sich zu ziehen, zu schützen und deren industrielle Verwertung zu forcieren. Ergebnis der Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs soll eine Steigerung der Universitätspatente sein, welche durch den Aufbau einer hochschulinternen Patentverwertungsstelle – die sich ihrerseits aus Verwertungserlösen finanziert – vorangetrieben wird (Petschauer, 2002). Mit dieser Gesetzesänderung schließt sich Deutschland anderen OECD-Ländern (z.B. Dänemark, Frankreich, Japan, Norwegen; Österreich, Schweden, Spanien) an. Jede dieser Initiativen bezieht sich in ihrer Begründung auf die Einführung des Bayh-Dole-Act in den USA im Jahr 1982 und die in den darauf folgenden Jahren beobachtete rasante Entwicklung US-amerikanischer Universitätspatente, ungeachtet der erheblichen Zweifel an der Kausalität des Bayh-Dole-Act (Göktepe, 2008, p. 21 ff.; Mowery & Sampat, 2004).

Als erste empirische Untersuchung außerhalb der USA wird im Folgenden der Einfluss technologiepolitischer Interventionen (ArbEG 2002, Bayh-Dole-Act) auf das Patentierungsverhalten von Universitäten empirisch untersucht. Ausgehend von der Argumentation des Gesetzgebers, durch die Gesetzesnovelle die Erfassung und Verwertung von Hochschulerfindungen voranzutreiben, wird der Einfluss des ArbEG auf die Zahl der Patente von Universitäten analysiert. Das Hauptargument der Untersuchung lautet, dass auf Grundlage bisheriger empirischer Forschung und anreiztheoretischer Überlegungen zwar kein positiver Einfluss der ArbEG-Novelle auf das Patentierungsverhalten der Universitäten zu erwarten ist, aber aufgrund der Unterschiede zwischen USA und Deutschland positive Effekte nicht ausgeschlossen werden können. Dies gründet sich zum einen auf die vorliegenden empirischen Ergebnisse zum Bayh-Dole-Act und die überhastete Einführung des ArbEG, dessen Ausgestaltung einerseits zu gravierenden Problemen in der Umsetzung und andererseits zu einer Verzerrung bestehender Anreize führt. Zum anderen induziert das Gesetz unter Umständen neue Anreize auf Ebene der Institution Universität und für Forscher, die bisher den Aufwand des Wissenstransfers scheuten. Sollten sich die Erwartungen im Rahmen der Untersuchung bestätigen, folgt daraus die Notwendigkeit, solche technologiepolitischen Instrumente in Deutschland und anderen OECD-Ländern zu überprüfen und gegebenenfalls länderspezifisch anzupassen.

⁶ Begründung zum Gesetzentwurf, Abschnitt A

Der folgende Abschnitt bietet einen detaillierten Überblick über vorliegende Studien zur Wirkung des Bayh-Dole-Act in den USA, welcher der Gesetzesänderung in Deutschland zum Vorbild diente. Einerseits lassen sich für das deutsche Gesetz Analogieschlüsse ableiten, andererseits existieren keine vergleichbaren empirischen Untersuchungen ähnlicher Initiativen in anderen Ländern. Im dritten Abschnitt des Kapitels wird die Anreizwirkung des ArbEG diskutiert und mit den Ergebnissen des zweiten Abschnitts abgeglichen. Die empirische Analyse im vierten Abschnitt des Kapitels beginnt mit der Erläuterung von Daten und Methoden, führt das Schätzmodell ein und präsentiert die Ergebnisse der Analyse. Der letzte Abschnitt schließt mit der Diskussion der Ergebnisse und einer kritischen Würdigung.

3.2. Der Bayh-Dole-Act als Auslöser universitären Technologietransfers

Den prominentesten Eingriff in den universitären Technologietransfer stellt der im Jahre 1980 in den USA verabschiedete „Bayh-Dole-Act“ (Public Law 96-517) dar, der es US-Universitäten und Forschungseinrichtungen gestattet, Erfindungen, die Ergebnis öffentlich finanzierter Forschung sind, zu patentieren, und an dritte Parteien exklusiv zu lizensieren. In den Jahren nach den Gesetzesänderungen in den USA ist ein rasanter Anstieg der Menge von Universitätspatenten zu beobachten, der bis heute anhält (Schmiemann & Durvy, 2003). Die zeitliche Koinzidenz des geänderten Patentierungsverhaltens und der geänderten Gesetzgebung führen in Forschung und Politik zur Annahme einer Kausalität des Gesetzes für den Anstieg der Patente. Aus dieser Interpretation folgt schließlich die Imitation des Bayh-Dole-Act in anderen OECD-Ländern (Mowery & Sampat, 2005), so auch in Deutschland in der Novelle zum Arbeitnehmererfindungsgesetz (ArbEG 2002). Die in diesem Abschnitt diskutierte Literatur beschäftigt sich mit der Frage nach der Kausalität der gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Anstieg universitären Wissenstransfers.

Henderson, Jaffe und Trajtenberg (1998) untersuchen die Qualitätsentwicklung von Universitätspatenten zwischen 1965 und 1988 durch den Vergleich der Universitätspatente mit einer 1%-Zufallsstichprobe industrieller Patente desselben Zeitraums. Sie vermuten, dass sich der absolute und relative Anstieg der Universitätspatente im Vergleich zu Industriepatenten auf drei zusammenhängende Aspekte zurückführen lässt:

1. Die Einführung des Bayh-Dole-Act verstärkt das Kommerzialisierungsinteresse der Universitäten.
2. Weitere gesetzliche Regelungen verpflichten Universitäten eine Technologietransferstelle einzurichten und führen so zu engeren Kontakten mit der Industrie.
3. Die so entstehende engere Zusammenarbeit mit der Industrie führt zu höheren Drittmitteleinkommen und praxisorientierter Forschung.

Diese drei Einflussfaktoren begründen die höhere Patentierungsquote. Die Autoren unterstellen, dass die steigende Quantität zu Lasten der Qualität der Patente geht und überprüfen diese Hypothese anhand der Variablen „Wichtigkeit“ („importance“), gemessen an der Anzahl der Patentzitationen, und „Allgemeingültigkeit“ („generality“), gemessen an der Streuung der Zitationen über verschiedene Technologieklassen. Anhand einer Querschnittsanalyse der Universitäts- und Industriestichproben zeigt sich, dass Universitätspatente signifikant „wichtiger“ und „allgemeingültiger“ sind als vergleichbare Industripatente. Die Stärke dieses Effekts variiert über Technologieklassen, wobei in den Bereichen Physik und Maschinenbau die größten, und im Bereich Life Sciences die geringsten Unterschiede feststellbar sind. Dies dokumentiert, dass Universitätspatente aufgrund ihrer Forschungsnähe grundlegendere Erkenntnisse beinhalten als anwendungsorientierte Industripatente. Diese Diskrepanz scheint in wissenschaftsbasierten Industrien wie Medizin und Pharmazie aber weniger ausgeprägt zu sein als in den technischen Industrien. Eine Längsschnittuntersuchung derselben Daten offenbart jedoch, dass diese Unterschiede über die Zeit variieren. Sie vergrößern sich bis Mitte der 1970er Jahre, erreichen dann ein Plateau und fallen ab 1982. Für die späten 1980er Jahre zeigt sich sogar eine geringere „Wichtigkeit“ und „Allgemeingültigkeit“ der Universitätspatente. Henderson et al. (1998) führen dies darauf zurück, dass der Bayh-Dole-Act zu einem Anstieg der Patentmenge führt. Die geänderte Anreizstruktur führt gerade bei kleinen Universitäten, die aufgrund mangelnden Forschungsbudgets und Humankapitals traditionell eher unwichtige Patente hervorbringen, zu einem Anreiz zu patentieren und verleitet gleichzeitig große Forschungsuniversitäten mehr unbedeutende Erfindungen zum Patent anzumelden. Aus der Diskrepanz sinkender Patentqualität bei steigender Quantität folgern die Autoren, dass die gesetzlichen Regelungen zwar einen Anreiz zur Patentierung vorhandenen Wissens bieten, aber keinen Anreiz für Forscher darstellen, ihr Forschungsprogramm praxisorientierter zu gestalten. Wäre dem so, müssten auch in der Bayh-Dole-Ära „wichtige“ und „allgemeingültige“ Universitätspatente zu beobachten sein. Die sinkende Qualität, d.h. „Wichtigkeit“ und „Allgemeingültigkeit“ einzelner Universitätspatente bedeutet allerdings nicht, dass der aggregierte Nutzen aller Universitätspatente ebenfalls sinkt. Da die Anzahl der Lizenzierungen proportional zu der Anzahl der Patente steigt, findet ein vermehrter Technologietransfer von den Universitäten in die Industrie statt.

Mowery und Ziedonis (2002) überprüfen die Schlussfolgerungen von Henderson et al. (1998) zunächst am Beispiel dreier großer amerikanischer Universitäten (University of California (UC), Stanford University (SU), Columbia University (CU)) und können für die Forschungsuniversitäten (UC, SU) mit Patenterfahrung vor der Bayh-Dole-Ära keine sinkende Generalität und Qualität der Patente in der Bayh-Dole-Ära feststellen. Die Kontrollstichprobe der bisher patentunerfahrenen Universität (CU) zeigt schlechtere Patentqualitäten. Die von Henderson et al. (1998) beobachteten Effekte sinkender Patentqualität lassen sich demnach auf die Unerfahrenheit von Universitäten zurückführen, die nach 1982 ihre ersten Patente

veröffentlichen. Mowery und Ziedonis (2002) widersprechen der Argumentation eines kausalen Zusammenhangs zwischen Patentzahl und Bayh-Dole-Act. Sie stellen zwar in der Zeit nach der Gesetzesänderung steigende Marketingaktivitäten bei den Universitäten fest, die zu steigenden Lizenzzahlen führen, begründen diese mit dem Aufstieg der biotechnologischen Forschung einerseits und der verpflichtenden Einführung von Technologietransferstellen an amerikanischen Universitäten andererseits (vgl. Coupe, 2003). Insgesamt können die Autoren keinen Einfluss des Bayh-Dole-Act auf die Patentierungsaktivitäten bereits patenterfahrener Universitäten oder gar deren Forschungsprogramm feststellen. Sinkende Patenqualitäten führen sie auf Universitäten zurück, die nach der Gesetzesänderung erstmals patentieren und noch einen gewissen Lernbedarf aufweisen.

Diese Hypothese testen sie in einer umfassenden Studie (Mowery, Sampat, & Ziedonis, 2002), indem sie das Forschungsdesign von Henderson et al. (1998) auf Universitätspatente von 1981 bis 1992 anwenden, können deren Ergebnisse aber nicht replizieren. Neben dem längeren Beobachtungszeitraum seit Einführung des Bayh-Dole-Act führen sie dies auf die Verwendung einer zeitlich und technologisch abgeglichenen Kontrollstichprobe zurück. Sie zeigen, dass die Ergebnisse von Henderson et al. (1998) auf kurzzeitige Verzerrungseffekte zurückzuführen sind, die sich in der Tat auf den Lernbedarf patentunerfahrener Universitäten zurückführen lassen. In einer weiteren Untersuchung derselben Stichprobe (Sampat, Mowery, & Ziedonis, 2003) kommen sie zu dem Ergebnis, dass in der untersuchten Periode die relative Wichtigkeit der Universitätspatente gegenüber Industriepatenten sogar zunimmt, wenn man eine veränderte zeitliche Verteilung der Zitationen und die Trunkierung der Zitationsdaten berücksichtigt. Allerdings führen auch diese neueren Untersuchungen nicht zu einer eindeutigen Aussage über den Einfluss des Bayh-Dole-Act. Die Schlussfolgerung der Autoren lautet vielmehr, dass ein solcher Einfluss nicht anhand von Patentdaten allein zu zeigen ist, sondern durch die Untersuchung der institutionellen und kulturellen Anreize der Forscher zur Patentierung gestützt werden sollte.

In einer weiteren Studie untersucht Coupe (2003) den Einfluss des Forschungsbudgets von US-Universitäten auf die Anzahl der Universitätspatente. Anhand einer Patentproduktionsfunktion untersucht er unter anderem den Einfluss des Bayh-Dole-Act auf die Patentproduktion US-amerikanischer Universitäten. Im Rahmen einer Längsschnittuntersuchung, in der er auf Einflüsse des Bayh-Dole-Act und den zeitlichen Trend der Patentierung kontrolliert, isoliert er die Effekte der Gesetzesänderung von dem allgemein steigenden Patentierungstrend. Darüber hinaus testet er Interaktionseffekte zwischen Bayh-Dole-Act und Forschungsbudget der Universität. Das erwartete Ergebnis eines positiven Einfluss der Gesetzesänderung zeigt sich nicht, der zeitliche Trend geht vielmehr in die gegenteilige Richtung, d.h. weniger Patente pro Forschungsdollar in der Bayh-Dole-Ära. Dieses Ergebnis lässt sich dadurch erklären, dass der Eintritt neuer, forschungsschwächerer und patentunerfahrener Universitäten die Relation von Forschungsbudget (Input) und ökonomisch

verwertbarem Patentoutput verschlechtert. In einer analogen Analyse zur Einführung eines „technology transfer office“ (TTO) an der Universität zeigen sich die erwarteten positiven Effekte. Diese Ergebnisse sind konsistent mit den Ergebnissen der Studien von Henderson et al. (1998), Mowery und Ziedonis (2002) und Mowery et al. (2002), welche den positiven Effekt gesteigerter Marketingaktivitäten und den negativen Effekt patentunerfahrener Universitäten zeigen.

Während sich die oben genannten empirischen Studien mit aggregierten Effekten befassen, untersucht Shane (2004) Veränderungen im technologischen Fokus von Universitätspatenten vor und nach Erlass des Bayh-Dole-Act. Seiner Argumentation nach führt die Verlagerung der Verfügungsrechte an den Patenten auf die Universität zu einer veränderten Anreizstruktur: Da sich die Universität die Gewinne aus der Lizenzierung von Patenten aneignen kann und sich die Durchsetzbarkeit von Patenten branchenspezifisch unterscheidet, werden Universitäten bemüht sein, vermehrt in „patentfreundlichen“ Branchen mit hoher Durchsetzbarkeit der Patentansprüche zu patentieren und lizensieren. Shane überprüft diese Hypothese, indem er Technologieklassen von US-Patenten der Jahre 1969 bis 1996 mit 117 Branchen abgleicht und den Anteil der Universitätspatente an allen Patenten pro Branche und Jahr als endogene Variable bestimmt. Als exogene Variablen dienen neben der „Patentfreundlichkeit“ der Branche, die er aus Industriebefragungen von Levin et al. (1984; 1987) ableitet, auch Kontrollen für die Wissenschaftsnähe der jeweiligen Branche, die Relevanz der Biotechnologie für die Branche, universitäre Drittmittel und deren Herkunft, sowie die Forschungsintensität der Universitäten. Die robusten Ergebnisse zeigen, dass sich Patentierungsaktivitäten der Universitäten tatsächlich nach Einführung des Bayh-Dole-Acts zu patentfreundlicheren Branchen verlagern. Eine Verlagerung dieser in Branchen, die stark auf Grundlagenforschung oder Biotechnologie basieren, lässt sich nicht bestätigen. Somit bestätigt sich die Vermutung, dass die veränderte Anreizstruktur, zu einem geänderten Patentierungsverhalten der Universitäten führt.

Der empirische Forschungsstand lässt die Annahme, der Bayh-Dole-Act sei Ausgangspunkt der Patentexplosion an amerikanischen Universitäten gewesen, nicht haltbar erscheinen. Vielmehr drängt sich die Schlussfolgerung auf, dass der Bayh-Dole-Act und der Anstieg der Patente auf eine gemeinsame latente Variable verweisen. Die in der Forschung am häufigsten vertretene und plausibelste Erklärung ist, die in dieselbe Zeit fallende wissenschaftlich-technologische Wende im Bereich Mikroprozessortechnik und Biotechnologie, die technologisch direkt anwendbares Wissen hervorbrachte (Etzkowitz, 2003; Etzkowitz & Leydesdorff, 1999; Mowery & Ziedonis, 2002; Sampat, 2006).

Ebenso liefern die historischen Hintergründe und der Kontext des Bayh-Dole-Act Argumente für die Existenz eines latenten Einflusses von neuen Forschungsparadigmen und politischen Interventionen. Zunächst ist der Bayh-Dole-Act nur eine von vielen Maßnahmen im Rahmen

des Umbaus des gesamten US-Rechts bezüglich geistigen Eigentums, der einer Innovationskrise der amerikanischen Wirtschaft und sinkender Wettbewerbsfähigkeit gegenüber europäischen und japanischen Produkten folgt (Sampat, 2006). US-Universitäten waren in den achtziger Jahren Ziel von mindestens zehn Gesetzen zur Förderung des Technologietransfers (für eine Übersicht vgl. Bozeman, 2000). Als Beispiel sei der Stevenson-Wydler-Act (Public Law 96-480, 1980) genannt, der von allen öffentlichen Forschungseinrichtungen die Einrichtung eines Technology Transfer Office fordert. Obwohl die Existenz eines TTO empirisch robust die Patentierungsaktivitäten fördert (Coupe, 2003), was für die Effektivität des Gesetzes spräche, ist es, im Gegensatz zum Bayh-Dole-Act, nie Gegenstand entsprechender Forschung geworden.

Sampat (2006) argumentiert, dass vor allem die Lobbyarbeit der Universitäten zur Einführung des Bayh-Dole-Act geführt hat. Diesen lag aber weniger an einer Stärkung der Anreize zum Transfer, als vielmehr an einer allgemeinverbindlichen Rechtsnorm. US-Universitäten patentieren seit Beginn des 20. Jahrhunderts Erfindungen ihrer Forscher, so dass ein unüberschaubares Gewirr an Einzelfalllösungen zur Lizenzierung dieser Patente an die Industrie existiert. Darüber hinaus gehört geistiges Eigentum, welches aus öffentlichen Drittmitteln entsteht, grundsätzlich der Bundesbehörde, welche die Mittel zur Verfügung stellt. Diese Behörden haben aber kein Interesse an der Verwertung dieser Rechte, die dann brachliegen. Der Bayh-Dole-Act bewirkt zweierlei: Er schafft eine allgemeingültige Rechtsgrundlage und macht damit „workarounds“ um bestehende Gesetze obsolet, was die Rechtssicherheit erhöht und Vertragskosten senkt. Zweitens dezentralisiert er die Eigentumsrechte näher an die Wissensquelle und zurück in die Region, was die Vermarktungschancen des Wissens erhöht. Diese Änderungen sind im Zuge der steigenden Patentzahlen insbesondere Anliegen der Universitäten.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass sich kein Einfluss des Bayh-Dole-Act auf die Quantität und Qualität von Universitätspatenten nachweisen lässt. Die in frühen Untersuchungen festgestellten Qualitätsminderungen (R. Henderson et al., 1998) erweisen sich bei längeren Beobachtungszeiträumen und kontrollierten Stichproben (Mowery et al., 2002), als auch in Detailanalysen einzelner Universitäten (Mowery & Ziedonis, 2002), als Lernbedarfe von Universitäten, welche vor dem Bayh-Dole-Act noch nicht patentierten. Die Tatsache, dass nach Erlass des Bayh-Dole-Act vermehrt neue Universitäten zu patentieren beginnen, kann als erster Hinweis auf eine geänderte Anreizstruktur gelten. Es lässt sich jedoch kein signifikanter Einfluss des Bayh-Dole-Act auf die Anzahl der Patente feststellen, wenn gleichzeitig für den allgemeinen Patentierungstrend kontrolliert wird. (Coupe, 2003). Neben diesen aggregierten Effekten zeigt die Untersuchung der Zielbranchen universitärer Patente vor und nach Einführung des Gesetzes, dass die Lizenzierungsaktivitäten der Universitäten sich an der Durchsetzbarkeit des Patentschutzes in der jeweiligen Branche orientieren, so dass durchaus Anreizwirkungen des Gesetzes feststellbar sind (Shane, 2004). Die in der Forschung

meistverbreitete alternative These für die Umsetzung des Bayh-Dole-Act führt historisch-politische Begründungen an, die spezifisch für die Situation der USA Ende der 1970er Jahre sind (Sampat, 2006). Die zeitgleiche Patentexplosion an US-Universitäten stellt keine Folge der neuen Gesetzgebung dar, sondern der Bayh-Dole-Act ist Symptom und Ausdruck steigenden universitären Wissenstransfers (Etzkowitz, 2003; Etzkowitz & Leydesdorff, 1999). Dementsprechend raten US-Forscher anderen OECD-Ländern von einer Imitation des Bayh-Dole-Acts ab, da er – falls überhaupt – nur in der spezifischen historischen Situation und im weltweit einmaligen wettbewerbsorientierten US-Universitätssystem Wirkung zeigen kann (Mowery & Sampat, 2004).

3.3. *Die Anreizwirkung des ArbEG 2002*

Bezieht man die Ergebnisse der US-amerikanischen Forschung auf die deutsche Gesetzgebung, welche den Bayh-Dole-Act scheinbar imitiert, so ist eine positive Wirkung des ArbEG auf das Patentierungsverhalten deutscher Universitäten nicht naheliegend. Ziel des Bayh-Dole-Act war eine Dezentralisierung der Verfügungsrechte von Bundesbehörden auf Universitäten und eine Entflechtung bestehender Verträge und „workarounds“. Das ArbEG (§ 42) erreicht hier das genaue Gegenteil. Verfügungsrechte werden vom Erfinder weg auf Universitätsebene zentralisiert und bisherige einfache Technologietransferverträge zwischen Forschern und Industrie erschwert, da die Universität als möglicher Rechteinhaber von Forschungsergebnissen mit in die Verträge eingebunden werden muss. Die erhofften besseren Vermarktungschancen universitärer Technologie durch Zentralisierung der Eigentumsrechte auf Universitätsebene und die Entkopplung von Rechteinhaber (Universität) und Humankapital (Forscher) erhöhen die Transaktionskosten und mindern die Anreize des Forschers, sich in der weiteren Entwicklung zu engagieren (Krücken et al., 2007). Mit genau dieser Begründung wurde in Italien im Jahre 2001 – gegen den allgemeinen Trend in OECD-Ländern – das Hochschullehrerprivileg eingeführt. Der italienische Gesetzgeber stellt sich auf den Standpunkt, dass relevantes Know-how und Verwertungsinteresse nicht zu trennen sind, allerdings scheint auch diese konträre Gesetzgebung keinen empirisch nachweisbaren Einfluss auf die Erfindungsaktivitäten von Forschern zu haben (Baldini, Grimaldi, & Sobrero, 2006). Darüber hinaus unterscheiden sich die Universitätsstrukturen und -kulturen in Europa und USA sehr stark. Die hohe Zahl privater und Stiftungsuniversitäten in den USA hat zu einer Wettbewerbsorientierung in Forschung, Lehre, Drittmittelbeschaffung und Technologietransfer geführt, die sich so in keinem anderen Land findet (Goldfarb & Henrekson, 2003). Wenn also die politische Regulierung von Universitätspatenten in einer wettbewerbsorientierten Universitätslandschaft wie den USA keine Auswirkungen zeigt, ist auch in Deutschland kein positiver Effekt der Gesetzesänderung zu erwarten.

Darüber hinaus ist die praktische Anwendung des ArbEG aus einer ganzen Reihe von Gründen problembehaftet, wie Bartenbach und Hellebrand⁷ (2002) aus juristischer Perspektive zeigen:

1. Damit die Universität Rechte an der Erfindung eines Hochschullehrers geltend machen kann, muss es sich um eine Diensterverfindung im Sinne des §4 Abs.2 ArbEG handeln. Diensterverfindungen sind alle Erfindungen, die ein Angestellter im Rahmen der ihm obliegenden Tätigkeit macht (Obliegenheitserverfindung, §4 Abs.2 Ziff.1 ArbEG) oder welche maßgeblich auf der Erfahrung des Betriebes beruhen (Erfahrungserfindung, §4 Abs.2 Ziff.1). Da die Hochschule dem Forscher aufgrund seiner Forschungsfreiheit aber keinen Dienstauftrag zur Innovation geben kann, trifft das Konstrukt der Obliegenheitserverfindung auf ihn nicht zu. Ähnliches gilt für Erfahrungserfindungen, da ein kausaler Zusammenhang zwischen einer Innovation im spezialisierten Forschungsfeld eines Hochschullehrers und dem vorhandenen Grundlagenwissen in der Universität nur in seltenen Fällen nachweisbar ist. Außerdem gelten alle Erfindungen, die der Forscher im Rahmen einer genehmigten wissenschaftlichen Nebentätigkeit macht, nicht als Diensterverfindungen. Es ist somit abzusehen, dass die Hochschule kaum Sanktionsmöglichkeiten hat, falls ein Forscher seine Erfindungen weiterhin privat patentiert.
2. Während sich die neue Vergütungsregelung (30% der Bruttoeinnahmen) auf alle Angestellten einer Hochschule (inklusive Verwaltungsangestellte und studentische Hilfskräfte) bezieht, können sich nur Hochschullehrer (Professoren und Assistenten) auf ihre negative Publikationsfreiheit berufen. Sobald ein Hochschullehrer (z.B. zusammen mit einem Doktoranden und einem Laborangestellten) Miterfinder ist, kann er die Universität und weitere Forscher unter Berufung auf die negative Publizitätsfreiheit an der Patentanmeldung hindern, auch wenn das den Interessen und Eigentumsrechten der Miterfinder widerspricht.
Diese Hold-Up-Problematik erhöht den Verhandlungsspielraum des Forschers und macht vor Beginn eines jeden kooperativen Forschungsprojekts den Abschluss zusätzlicher Verträge zwischen allen Beteiligten notwendig.
3. Neben der unter 2. geschilderten Notwendigkeit, Hochschullehrer durch vertragliche Einbindung zum Verzicht auf ihre negative Publikationsfreiheit zu bewegen, besteht die Notwendigkeit sonstige mögliche Miterfinder, z.B. nicht angestellte Doktoranden, Diplomanden oder Personen, welche vom Hochschullehrer privat als Subunternehmer beschäftigt werden, vertraglich mit einzubinden.

⁷ Ortwin Hellebrand ist Vorsitzender Richter a.D. des Bundespatentgerichts.

4. Das direkte Verwertungsinteresse der Universität verändert die Vertragsgestaltung der Universität dahingehend, dass Industriepartnern im Rahmen von Kooperationsverträgen nicht mehr alle Erfindungsrechte, sondern nur noch nichtexklusive Nutzungsrechte übertragen werden. Diese Praxis zerstört die Kooperationsanreize der Industrie und senkt die Zahlungsbereitschaft (einen empirischen Nachweis für die USA liefern Siegel, Waldman, Atwater, & Link, 2004), was aber dazu führen kann, dass Industriepartner und Hochschullehrer die Hochschule als Vertragspartner umgehen (vgl. dazu die Ausführungen unter 1.).
5. Die Vergütungsregelung, nach der ein Hochschulangestellter als Erfinder 30% der Bruttoerlöse (bei mehreren Erfindern entsprechend anteilig) erhält, berücksichtigt nicht die Höhe der Schutzrechtskosten oder weitere anfallende Entwicklungskosten. Bartenbach und Hellebrand (2002) gehen bei einem nationalen Patent von Schutzrechtskosten ab € 10.000,-, bei europaweiter Anmeldung ab € 50.000,-, bei Triadepatenten (EU, USA, Japan) ab € 100.000,- aus. Sollte es nötig sein, Schutzrechte gerichtlich zu verteidigen oder durchzusetzen, kommen neben Anwalts- und Gerichtskosten auch noch Haftungsrisiken auf die Hochschulen zu (durchschnittlicher Streitwert eines erstinstanzlichen Nichtigkeitsverfahrens beim Bundespatentgericht € 750.000,-).
6. Neben den direkten Kosten pro Patentierungsprozess müssen Universitäten eine geeignete Infrastruktur zur Schutzrechtsverwertung vorhalten. Diese Notwendigkeit ergibt sich vor allem aus der weitreichenden Haftung, der ein Arbeitgeber, welcher eine Dienstfindung in Anspruch nimmt, unterliegt. Der Dienstherr ist für eine richtige, rechtzeitige und vollständige Schutzrechts-sicherung im Inland verantwortlich (§13 Abs. 1 ArbEG). Die notwendigen Experten, die eine solch umfassende Haftung gewährleisten, müssen ihrerseits vor dem Deutschen Patent- und Markenamt, dem Bundespatentgericht und vor dem Europäischen Patentamt als Patentanwälte zugelassen sein. Alternativ können solche Dienstleistungen von freien Patentanwälten zugekauft werden.

Insgesamt stellt das ArbEG keinen Anreiz zu steigender Erfindungs- und Patentierungstätigkeit der Hochschulen bereit. Den Hochschullehrern und ihren Industriepartnern bleiben auch in der neuen Gesetzeslage genügend Spielräume, ihre Schutzrechte unter Umgehung der Hochschule zu sichern, weitere Beteiligte und die Hochschulen selbst sind vom guten Willen der Forscher abhängig (negative Publizitätsfreiheit). Die betroffenen Hochschulen ihrerseits müssen, um den Kosten und Risiken gerecht zu werden, die das neue Gesetz auf sie abwälzt, neue Vertrags- und Kooperationsformen finden, welche die Beteiligung für Industriepartner unattraktiv macht. Schließlich lässt sich – auch mit Blick auf für die USA existierende Nutzen-Kosten-Analysen universitären Technologietransfers (z.B. Trune & Goslin, 1998) –

die vom Gesetzgeber gewünschte Selbstfinanzierung des Schutzrechtsmanagements durch Patentverwertungserlöse nicht realisieren. Ein modelltheoretischer Beweis dieser intuitiven Argumentation findet sich bei Kirstein und Will (2006). Sie zeigen auf Grundlage von Prinzipal-Agenten-Modellen, dass die fixe und hohe Entlohnung von Hochschullehrern im ArbEG bei gleichzeitig kompletter Risikoüberwälzung auf den Dienstherren keine geeignete Anreizstruktur zur Erhöhung von Universitätspatenten bereitstellt.

3.4. *Wirkung des ArbEG auf das Patentierungsverhalten der Universitäten*

Hypothese und Daten

Dieses Kapitel untersucht die Hypothese, ob die Novelle des Arbeitnehmererfindungsgesetzes (2002) zu einer Steigerung der Anzahl von Universitätspatenten führt und damit der Intention des Gesetzgebers gerecht wird. Die bestehende Forschung zum Einfluss vergleichbarer Gesetzgebungen in den USA und anderen OECD-Ländern kann keinen positiven Einfluss der Verlagerung der Verfügungsrechte von Universitätspatenten auf die Anzahl von Universitätspatenten feststellen, sondern lediglich eine Verschiebung der Transferaktivitäten zu Branchen, in denen Patente wirksame Schutzrechte darstellen (Shane, 2004). Die in der Folge des Bayh-Dole-Act beobachtete Patentexplosion ist auf wissenschaftliche Fortschritte in Fachgebieten zurückzuführen, in denen sich dieses neue Wissen schnell industriell verwerten lässt (Mowery et al., 2002; Mowery & Ziedonis, 2002). Der Bayh-Dole-Act ist nicht die Ursache steigender Patentzahlen an US-Universitäten, sondern eine der Auswirkungen des „technology push“ wissenschaftlicher Erkenntnisse (Sampat, 2006; Sampat et al., 2003). Der Versuch der Erzeugung eines „policy pull“ durch die Imitation des Bayh-Dole-Act in anderen OECD-Ländern wird von der US-amerikanischen Forschung äußerst kritisch betrachtet (Mowery & Sampat, 2004).

Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Novelle des Arbeitnehmererfindungsgesetzes in Deutschland nicht positive Auswirkungen zeigen könnte. In der EU findet insgesamt weniger Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Industrie statt als in den USA (EC, 2008b). Deutschland belegt dabei im Vergleich der EU-27 Länder (zzgl. Norwegen) hinsichtlich der Kooperation von Universitäten und Industrie nur Rang 19 von 28 (Parvan, 2007). Betrachtet man das ArbEG hinsichtlich seiner Anreizwirkung auf Universitäten und bisher nicht patentierende Forscher, dann schafft es auf institutioneller Ebene den Anreiz eines aktiven Schutzrechtsmanagements und entlastet Forscher, die grundsätzlich patentieren würden, aber den finanziellen und administrativen Aufwand fürchten. Diese Reduktion bürokratischer Hürden und finanziellen Risikos kann durchaus positiv auf die Anzahl von Universitätspatenten einwirken. Insbesondere in einem rein staatlichen Universitätssystem ohne

Wettbewerb der Universitäten untereinander fehlen Anreize für die Universitätsleitung zu einem aktiven Wissenstransfer in die Industrie, obwohl diese auf Ebene der Fakultäten und Forscher durchaus vorhanden sein können. Da mit der Verlagerung der Verfügungsrechte auf die Universität auch die Pflichten des Arbeitgebers (§13 Abs. 1 ArbEG) zur effizienten Verwertung einhergehen, kann das Gesetz interne Barrieren reduzieren. Trotz der Anreizprobleme, welche das Gesetz bei bisher bereits aktiv patentierenden Forschern und ihren industriellen Partnern auslösen kann, ist es für diese relativ leicht zu umgehen (Bartenbach & Hellebrand, 2002). Zusätzlich kann es Anreize für die Institution Universität und bisher nicht patentierende Forscher zu verstärktem Wissenstransferaktivitäten zur Verfügung stellen.

Hypothese: *Die Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs hat einen positiven Einfluss auf die Anzahl von Universitätspatenten in Deutschland.*

Dazu wird ein Datensatz aller veröffentlichten deutschen Universitätspatente der Jahre 1976 bis 2008 herangezogen. Dies ist der Zeitraum, in dem es pro Jahr zur Veröffentlichung mindestens eines deutschen Universitätspatentes kam. Als endogene Variable wird die Anzahl aller deutschen Universitätspatente pro Jahr (Uni-Patente pro Jahr) gewählt, die exogene Variable stellt eine Dummyvariable (ArbEG-Dummy) dar, welche für die Jahre bis zur Novelle des ArbEG (1976 bis 2001) den Wert 0, und für die Jahre 2002 bis 2008 den Wert 1 annimmt (vgl. Coupe, 2003). Für die Zuordnung zu den Jahren wurde jeweils das Veröffentlichungsdatum des Patents herangezogen, da in der Datenbank des Deutschen Patentamtes (www.depatist.net) nur bereits veröffentlichte Patentschriften einsehbar sind.

Die Operationalisierung der exogenen Variable stellt ein grobes Maß für den Einfluss des ArbEG dar; differenzierte Daten, wie sie die in Abschnitt 2 diskutierte US-amerikanische Forschung nutzt, sind für Deutschland leider in dieser Art nicht erhebbar, da das Deutsche Patentamt weder Patentzitationen, noch Branchenklassifikationen oder relative Anteilswerte von Industriepatenten an allen Patenten öffentlich zur Verfügung stellt. Eine manuelle Recherche auf Basis der insgesamt 7698 Patentschriften des Untersuchungszeitraums sowie die Nutzung kostenpflichtiger Datenbanken (z.B. www.delphion.com) scheidet hier aus forschungsökonomischen Gründen aus.

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung deutscher Universitätspatente von 1976 bis 2008 in logarithmierter Darstellung. Während in den Jahren 1981 bis 1991 ein Wachstum der Patente oberhalb der dargestellten exponentiellen Trendlinie zu beobachten ist, liegen die Patente der Jahre 1994 bis 2007 sehr nahe am exponentiellen Trend. Für die Jahre nach Änderung des ArbEG ist kein zusätzlicher Patentierungsschub erkennbar.

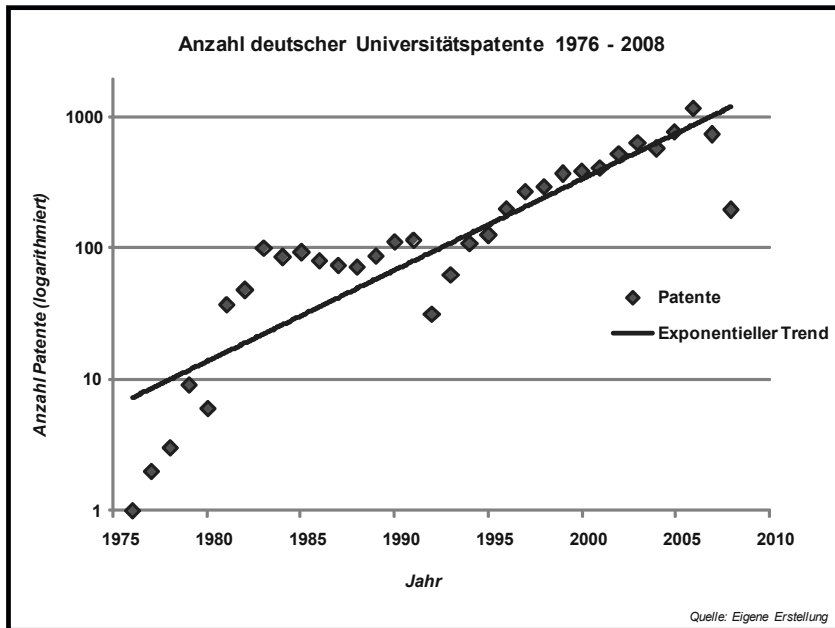


Abbildung 2: Anzahl deutscher Universitätspatente 1976 - 2008

Der exponentielle Anstieg der endogenen Variablen könnte zwar als eine Funktion der verstreichenden Zeit modelliert (vgl. dazu Solow, 1956), aber nicht hinreichend erklärt werden. Daher sind weitere, erklärende Variablen von Nöten. Im Rahmen der endogenen Wachstumstheorie sind zwei Effekte denkbar, die zum Wachstum der Universitätspatente beitragen. Zum einen Produktivitätsgewinne durch Lerneffekte (Arrow, 1962a) in patentierenden Universitäten, zum anderen Mengeneffekte durch die steigende Anzahl von Universitäten, welche Patente anmelden (Romer, 1990). Daher wird in der empirischen Untersuchung für Lerneffekte und Mengeneffekte separat kontrolliert. Für alle exogenen Variablen wird ein positives Vorzeichen erwartet. Das verwendete Schätzmodell folgt der allgemeinen Form:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

mit:

x_1 als Variable des ArbEG-Einfluss (Dummy),

X_2 als Vektor von Lerneffekten, und

X_3 als Vektor von Mengeneffekten

Die Relevanz von Lerneffekten für die Patentierungsaktivitäten von Universitäten wird in den Studien zum Bayh-Dole-Act bestätigt (Coupe, 2003; Mowery & Sampat, 2004; Mowery et al., 2002). Erfahrungslernen bedeutet nichts anderes, als dass die Produktivität in einer vorhergehenden Periode zu einer Produktivitätssteigerung in der aktuellen Periode führt. So kann die Differenz der beiden Produktivitäten als Maß für den Lernbeitrag der vorhergehenden Periode operationalisiert werden.⁸ Im vorliegenden Fall wird daher die Differenz der Patente in der aktuellen Periode und der jeweiligen Vorperiode als Maß für Erfahrungslernen operationalisiert. Die Länge eines solchen Lernzyklus, d.h. die Bestimmung der relevanten Vorperiode ist von der Dauer bis zu einer positiven oder negativen Rückmeldung abhängig. Im Fall von Patenten bietet sich hier als grobe Einschätzung der Dauer eines Lernzyklus, der Zeitraum von der Anmeldung eines Patents bis zum Abschluss des Schutzrechtsverfahrens (Veröffentlichung), an. Der Mittelwert eines solchen Verfahrens liegt für den betrachteten Zeitraum bei 1,55 Jahren, die Standardabweichung bei 1,05 Jahren. Der Zeitraum bis drei Jahre erfasst ca. 95% aller Universitätspatente. Abbildung 3 zeigt die linearen Trends (univariate Regressionen) der drei Variablen im Zeitverlauf: Die Steigungen – d.h. der erwartete Einfluss – der Zwei- und Dreijahresvariablen sind deutlich größer als für die Vorperiode.

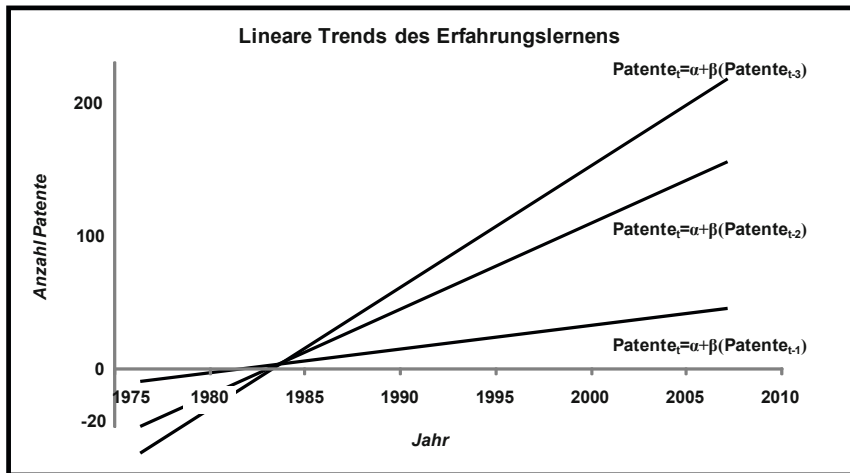


Abbildung 3: Lineare Trends des Erfahrungslernens

Dies spricht für die Vermutung, dass der universitäre Lernzyklus durch die Zwei- und Dreijahresperioden deutlicher abgebildet wird als durch den einjährigen Zeitraum. Daher werden als Variablen für Erfahrungslernen die Differenzen für ein Jahr (*Patente t-1*), zwei Jahre (*Patente t-2*) und drei Jahre (*Patente t-3*) operationalisiert:

⁸ Im Gegensatz zur absoluten Produktivität der Vorperiode, welche die Produktivität der jeweiligen Vorperiode und das bis dahin akkumulierte Wissen repräsentiert.

$$\text{Vektor } X_2 = [(Patente\ t-1), (Patente\ t-2), (Patente\ t-3)]$$

Weitere Kontrollvariablen betreffen die postulierten Mengeneffekte durch die steigende Anzahl der patentierenden Universitäten (*Anzahl Universitäten*), gemäß der Annahme, dass eine größere Anzahl von Forschern auch eine größere Anzahl Patente hervorbringen sollte. Das Verhältnis der Anzahl patentierender Universitäten in einem bestimmten Jahr zur Anzahl der Patente (logarithmierte Darstellung) wird in Abbildung 4 veranschaulicht. Es zeigt sich erwartungsgemäß, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl patentierender Universitäten und der Zahl der Patente pro Jahr besteht. Im Jahr 1983 produzieren 4 Universitäten 100 Patente (25 Patente pro Universität), im Jahr 2006 produzieren 62 Universitäten 1144 Patente (ca. 18 Patente pro Universität). Bezieht man weitere Datenpunkte mit ein (z.B. 2002: 516 Patente, 59 Universitäten) wird deutlich, dass ein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Universitäten und der Anzahl Patente nicht unterstellt werden kann. Es ist vielmehr anzunehmen, dass die Anzahl Patente einer bestimmten Universität von weiteren unbeobachteten Eigenschaften dieser Universität abhängen. Solche Eigenschaften könnten z.B. die Größe der Universität, Höhe des Forschungsbudgets, regionale Einflussfaktoren und die Qualität der Forscher sein. Da solche universitätsinternen Daten für den gesamten Zeitraum nicht zur Verfügung stehen, werden zusätzliche fachbereichsspezifische Mengeneffekte mit in die Untersuchung einbezogen.

Verschiedene Untersuchungen zum universitären Technologietransfer (vgl. dazu ausführlich Kapitel 5) operationalisieren diese latenten Unterschiede durch die Kontrolle für bestimmte Fachbereiche an Universitäten, welche die Anzahl der Patente einer Universität beeinflussen. Dazu gehört das Vorhandensein eines medizinischen Fachbereichs (z.B. Azagra-Caro, Carayol, & Llerena, 2006; Carlsson & Fridh, 2002; Chapple, Lockett, Siegel, & Wright, 2005; Friedman & Silberman, 2003), da die pharmazeutisch-medizinische Forschung traditionell im Rahmen der Produktentwicklung und klinischer Studien eng mit der Forschung zusammenarbeitet. Somit wird als weitere MengenvARIABLE für jedes Jahr die Anzahl der im jeweiligen Jahr patentierenden Universitäten mit medizinischem Fachbereich verwendet (*Anzahl Univ.-Med.-Fak.*). Analog dazu wird eine MengenvARIABLE für Ingenieursfakultäten (*Anzahl Univ.-Ing.-Fak.*) gebildet (vgl. z.B. Elfenbein, 2007; Lach & Shankerman, 2003; Renault, 2006), um die besondere Praxisnähe des Maschinenbaus, der insbesondere in Deutschland eine zentrale Rolle spielt, zu berücksichtigen. Weiterhin sind Unterschiede aufgrund regionaler und historischer Gegebenheiten denkbar (Baldini et al., 2006), in Deutschland insbesondere bei Universitäten aus dem Gebiet der ehemaligen DDR (*Anzahl Univ.-Ost*), da dort bis zur Wiedervereinigung kein Hochschullehrerprivileg existierte (Götting & Schwipps, 2004, p. 24 ff.). Der Vektor der MengenvARIABLEN besteht daher neben der Gesamtmenge der patentierenden Universitäten zusätzlich aus der jeweiligen Anzahl der Universitäten, welche in einem

bestimmten Jahr patentieren *und* jeweils eine zusätzliche Eigenschaft (Medizinfakultät, Ingenieursfakultät, Ostdeutschland) aufweisen:

$$\text{Vektor } X_3 = [(Anzahl \text{ Universitäten}), (Anzahl \text{ Univ.-Ost}), \\ (Anzahl \text{ Univ.-Med.-Fak.}), (Anzahl \text{ Univ.-Ing.-Fak.})]$$

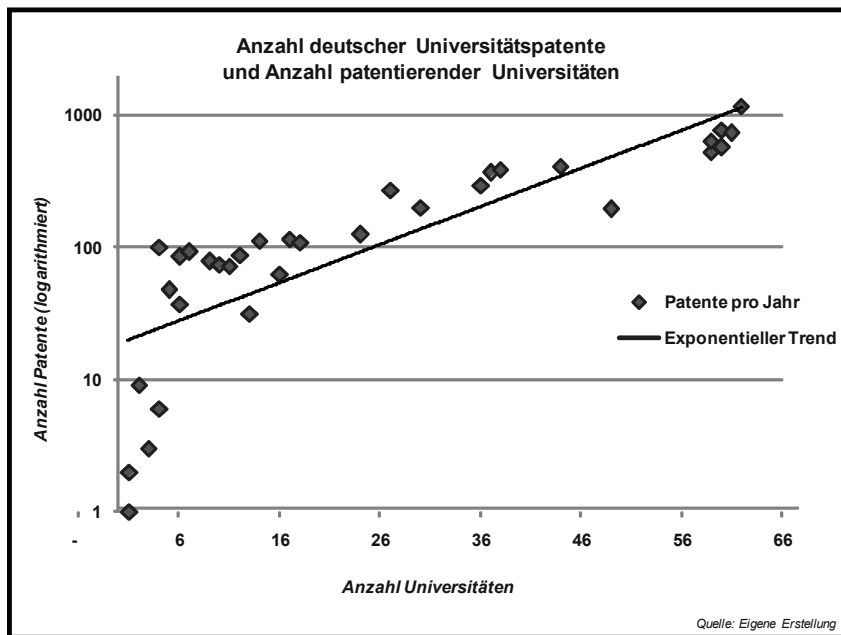


Abbildung 4: Anzahl Patente und Anzahl Universitäten

Schließlich werden zusätzlich für alle Kontrollvariablen ebenfalls die quadrierten Terme in die Schätzung mit einbezogen, um nichtlineare Effekte zu erfassen (Long & Freese, 2006, p. 428 f.). Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die verwendeten Variablen sowie deskriptive Statistiken. Die Daten beziehen sich auf 66 Universitäten, die zwischen 1976 und 2008 mindestens ein Patent veröffentlicht haben. Sie erstrecken sich über einen Beobachtungszeitraum von 33 Jahren, davon sind die letzten sieben Jahre (entspricht 21%) der Zeitraum nach Änderung des ArbEG. Die Daten zu Lerneffekten zeigen, dass sich bei einer einjährigen zeitlichen Differenz ein geringer Mittelwert und eine fast dreißigfache Standardabweichung zeigt, während im Dreijahresabstand die relativ geringste Streuung zu beobachten ist, dies kann als weiterer Indikator für einen zwei- bis dreijährigen Lernzyklus gelten. Die Minima aller Lernvariablen sind negativ, dies zeigt, dass die Entwicklung der Universitätspatente nicht stetig ist, sondern Schwankungen unterliegt. Die Mengeneffekte zeigen, dass trotz der über

den Zeitverlauf wachsenden Anzahl von Universitätspatenten im beobachteten Zeitraum nie alle Universitäten in einem Jahr patentieren. Im Maximum haben 62 von 66 Universitäten patentiert. Allerdings erreichen sowohl die ostdeutschen Universitäten (n=15) als auch die Universitäten mit Medizin- (n=30) und Ingenieursfakultät (n=36) jeweils mindestens einmal (maximal dreimal) eine Patentierungsquote von 100%. Dies zeigt die höhere Wahrscheinlichkeit der Patentierung von Universitäten mit diesen Eigenschaften.

66 Universitäten, 1976 bis 2008	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
<i>Uni-Patente pro Jahr</i>	233.33	273.90	1	1144
ArbEG-Dummy	0.21	0.42	0	1
<i>Lerneffekte (Vektor X_2)</i>				
Patente t-1	5.88	147.79	-538	383
Patente t-2	28.03	207.44	-949	571
Patente t-3	62.61	159.87	-566	520
<i>Mengeneffekte (Vektor X_3)</i>				
Anzahl Universitäten	24.39	21.37	1	62
Anzahl Univ.-Ost	7.33	5.01	0	15
Anzahl Univ.-Med.-Fak.	13.15	10.19	0	30
Anzahl Univ.-Ing.-Fak.	15.21	12.27	1	36

Tabelle 1: Deskriptive Statistiken zu Variablen der ArbEG-Modelle

Methoden

Aufgrund seiner Eigenschaften, einfachen Anwendung und Interpretationsfähigkeit, bietet sich grundsätzlich das lineare Regressionsmodell (Methode der kleinsten Quadrate, OLS-Schätzer) als Schätzverfahren an. Leider werden die diesem Regressionsmodell zugrunde liegenden Annahmen nicht unerheblich durch die vorliegenden Daten verletzt:

1. Die endogene Variable (Anzahl Universitätspatente) ist eine Zählvariable und daher nicht kardinal skaliert,
2. die postulierten Zusammenhänge lassen sich – wie gezeigt – nicht als lineare Funktion des Regressanden darstellen,
3. die Fehlerterme sind nicht zwingend unkorreliert und die Parameter sind aufgrund unbeobachteter Heterogenität in der Population nicht für jede Beobachtung gleich.

Während die ersten beiden Punkte in der empirischen Forschung oft durch Logarithmieren (log-lineares Regressionsmodell) und die Berücksichtigung quadratischer Terme (linear-quadratisches Regressionsmodell) gelöst werden, ist die Korrelation der Fehlerterme im linearen Modell nicht überwindbar (vgl. Kennedy, 2003).

Diese Verletzung der notwendigen Grundannahmen für Kleinste-Quadrate-Schätzer lassen sich auf zwei Besonderheiten des Datensatzes zurückführen. Einerseits handelt es sich um Zeitreihendaten auf der Grundlage von Zählvariablen, andererseits sind die Individualdaten (Patente pro Universität pro Jahr) auf die Gesamtpopulation aggregiert. Diese Aggregation wird notwendig, da für den Beobachtungszeitraum keine Kontrollvariablen zu individuellen Eigenschaften einzelner Universitäten vorliegen. Trotzdem ist davon auszugehen, dass die individuellen Eigenschaften der Universitäten deren jeweiligen Patentierungsaktivitäten beeinflussen. Daher liegt den Daten *unbeobachtete Heterogenität* zugrunde, welche im verwendeten Verfahren berücksichtigt werden muss. Ein weit verbreitetes Problem bei Aggregatdatensätzen ist die *Multikollinearität* von Regressoren, die aus der Aggregation der Individualdaten entsteht (Kelley & McAllister, 1983). Ein vergleichbares Problem liegt im hier untersuchten Datensatz für die Variablen zur Abbildung der Mengeneffekte vor. Da die Zählvariablen zu Fakultäten und Regionen Eigenschaften jeder Universität darstellen und die gemeinsame Eintrittswahrscheinlichkeit, dass eine Universität z.B. eine medizinische und ingenieurwissenschaftliche Fakultät besitzt, von der unbeobachteten Eigenschaft der Universitätsgröße abhängt, weisen diese Variablen hohe Multikollinearität auf.

<i>Endogene Variable:</i>		<i>Lerneffekte</i>			<i>Mengeneffekte</i>		
(1) <i>Uni-Patente pro Jahr</i>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(2) Patente t-1	0.25						
(3) Patente t-2	0.43	0.86					
(4) Patente t-3	0.67	0.74	0.94				
(5) Anzahl Universitäten	0.90	-0.01	0.13	0.41			
(6) Anzahl Univ.-Ost	0.85	0.05	0.19	0.44	0.94		
(7) Anzahl Univ.-Med.-Fak.	0.88	-0.01	0.11	0.37	0.99	0.95	
(8) Anzahl Univ.-Ing.-Fak.	0.88	-0.01	0.13	0.40	0.99	0.95	0.99

Bravais-Pearson Korrelationskoeffizienten. Korrelationen > 0.5 kursiv, > 0.8 fett

Tabelle 2: Korrelationsmatrix der Variablen für die ArbEG-Modelle

Die in Tabelle 2 abgebildete Korrelationsmatrix veranschaulicht diese Zusammenhänge. So zeigt sich eine sehr geringe bis mäßige Korrelation der Lerneffekte mit den Mengeneffekten, was auf eine Dominanz des rein mengenmäßigen Effekts schließen lässt, darauf deutet auch die hohe Korrelation der endogenen Variable mit den Mengeneffekten hin. Bei den Lerneffekten zeigt sich, dass die zwei- und dreijährigen Differenzen jeweils hoch mit der Vorjahresdifferenz korreliert sind, während die Korrelation der einjährigen Differenz mit der endogenen Variable gering ist. Dies deutet auf den vermuteten kumulativen Effekt des Lernens hin. Dementsprechend ist die dreijährige Differenz sowohl mit der endogenen

Variablen, als auch mit den anderen Differenzen mittel bis hoch korreliert, dies spricht ebenfalls für die Vermutung, dass die dreijährige Differenz die Lerneffekte am besten erfasst.

Die vorliegende Multikollinearität erschwert die Interpretation der Regressoren, da in diesem Fall nicht zwischen dem Einfluss der einzigartigen Varianz des einzelnen Regressors und der gemeinsamen Varianz mit kollinearen Regressoren unterschieden werden kann (Kennedy, 2003, p. 205f.). Allerdings ist dies für die hier geplante Analyse von untergeordneter Bedeutung, aufgrund der Tatsache, dass der primär interessierende Zusammenhang dem Einfluss des Arbeitnehmererfindungsgesetzes gilt. Daher ist zur richtigen Interpretation der Lern- und Mengenvariablen nur sicherzustellen, dass die gemeinsame Varianz kollinear Variablen auch wirklich auf den theoretisch postulierten, aber durch Aggregation latenten, Faktor verweist. Kelley und McAllister (1983) schlagen zum Nachweis einer gemeinsamen latenten Variablen die Durchführung einer Faktorenanalyse der betroffenen Variablen vor. Dieses Verfahren folgt der Intuition der klassischen Testtheorie, die beobachteten Merkmalsausprägungen als Indikatoren für eine theoretisch begründete Eigenschaft zu betrachten. Lässt sich die vermutete Eigenschaft faktoranalytisch nachweisen, dann lassen sich Regressionsergebnisse entsprechend interpretieren. Eine Faktorenanalyse dient dazu, verschiedene, empirische beobachtete Variablen auf latente Variablen zurückzuführen und komplexe Merkmalsbereiche in einfachere Teilbereiche zu untergliedern⁹. Dazu werden beobachtete Variablen auf Grundlage ihrer Einzelkorrelationen und Kovarianzen auf homogene Dimensionen reduziert, indem die Varianz-Kovarianzmatrix der beobachteten Daten (sog. Ausgangsmatrix) durch weniger Komponenten (sog. Faktoren) mit möglichst geringem Informationsverlust reproduziert wird. Die Korrelation der beobachteten Variablen mit dem jeweiligen Faktor wird durch die Faktorladung angegeben. Der Anteil der Varianz, der isoliert auf eine einzelne Variable zurückgeführt werden kann, wird durch die Einzigartigkeit angegeben (vgl. dazu ausführlich Bühner, 2006).

Die in Tabelle 3 dargestellten Resultate einer Hauptachsen-Faktorenanalyse (vgl. Backhaus, Erichson, Plinke, & Weiber, 2000) identifizieren die postulierten Faktoren der Lern- und Mengeneffekte eindeutig. Die Korrelation der einzelnen Variablen mit den postulierten latenten Faktoren liegen allesamt nahe 100%, während die Korrelationen mit dem jeweils anderen Faktor im Bereich der Zufallskorrelation liegen. Eine Ausnahme bildet hier die Variable „Patente t-3“, die neben der sehr hohen Ladung auf den Faktor „Lernen“ auch eine schwache Ladung auf den Faktor „Menge“ beinhaltet und damit auch gemeinsame Effekte beider Faktoren abbildet. Die Einzigartigkeit der Variablen liegt nahe null, dies weist darauf hin, dass die gemeinsame Varianz der einzelnen Variablen durch die Faktoren vollständig abgebildet wird. Eine Ausnahme bildet die einjährige Differenz der Patente (Patente t-1), was sich auf die starke Streuung (vgl. Tabelle 1) zurückführen lässt.

⁹ Ein weiteres Ziel der Faktorenanalyse ist die Reduktion von Daten durch die Elimination von Variablen, die sich nicht auf postulierte Dimensionen zurückführen lassen.

66 Universitäten 1976 – 2008	Ladungen Faktor 1	Ladungen Faktor 2	Einzigartigkeit
<i>Lerneffekte</i>			
Patente t-1	-0.08	0.87	0.24
Patente t-2	0.05	0.99	0.01
Patente t-3	0.32	0.92	0.04
<i>Mengeneffekte</i>			
Anzahl Universitäten	0.99	0.08	0.01
Anzahl Univ.-Ost	0.95	0.14	0.09
Anzahl Univ.-Med.-Fak.	0.99	0.06	0.01
Anzahl Univ.-Ing.-Fak.	0.99	0.08	0.01

N = 33 Jahre; Varimax-rotierte Faktorladungen einer Hauptachsen-Faktorenanalyse, Faktoren mit einem Eigenwert unter 1 unterdrückt.
Eigenwerte der ersten drei Faktoren sind 4.23, 2.36 und 0.07.

Tabelle 3: Faktorenanalyse der Mengen- und Lernvariablen

Die Tatsache, dass es sich um Zeitreihendaten handelt und die endogene Zählvariable von Lerneffekten der Vorperiode abhängt, führt dazu, dass die Annahme der Unabhängigkeit der einzelnen Beobachtungen nicht haltbar ist. Wenn Lerneffekte vorliegen, wird das kumulierte Wissen der bisherigen Patentierungen die Wahrscheinlichkeit einer weiteren Patentierung positiv beeinflussen. Diese „ansteckende“ Wirkung (contagion) des Lernens führt innerhalb einer Periode zu unbeobachteter Heterogenität und über Perioden hinweg zu serieller Autokorrelation der endogenen Variablen. Ebenso ist es möglich, dass unbeobachtete Variablen auf Ebene der einzelnen Universitäten (z.B. industrielle Drittmittel) über Perioden hinweg miteinander korreliert sind, und zu einer Autokorrelation der Residuen führen (Barron, 1992). Diese Effekte führen zu einer Überstreuung (overdispersion) der Daten, d.h. die Varianz der Daten ist größer als aufgrund einfacher statistischer Modelle zu erwarten wäre (Kennedy, 2003).

Als gängiges Schätzverfahren für Zählvariablen wird im Allgemeinen das Poisson-Regressionsmodell (PRM) angesehen; es beruht auf der Poissonverteilung, welche den Eintritt seltener Ereignisse abbildet (Bamberg & Baur, 1996, p. 103). Die Verwendung des PRM erscheint im vorliegenden Fall aufgrund zweier Prämissen problematisch: Der Eintritt eines Ereignisses (Universitätspatent) wird als unabhängig von anderen Ereignissen angenommen. Diese Prämisse steht der Vermutung von Lerneffekten in und über Perioden hinweg entgegen. Die zweite Annahme, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit für alle Beobachtungen der endogenen Variable gleich ist, d.h. dass keine unbeobachtete Heterogenität existiert, erscheint ebenfalls problematisch, da sowohl aufgrund der aggregierten Verwendung der Daten, als auch ihres Zeitreihencharakters unbeobachtbare Heterogenität angenommen werden muss.

Aufgrund der Verletzung dieser Annahmen wird in der Literatur auf das negativ-binomiale Regressionsmodell (NBRM) verwiesen. Es ist in der Lage, ohne die im PRM geforderten Prämissen auszukommen, da hier ein zusätzlicher Fehlerterm ε eingeführt wird, welcher die unbeobachtete Heterogenität abbildet (Gourieroux, Monfort, & Trognon, 1984). Gleichzeitig setzt das NBRM keine Unabhängigkeit der einzelnen Beobachtungen voraus, sondern lässt sich als grundlegendes Modell zur Abbildung von „ansteckenden“ Lerneffekten und Autokorrelation modellieren (Johnson, Kotz, & Kemp, 2005, p. 208f.). Unbeobachtete Heterogenität der exogenen Variablen ebenso wie Autokorrelation der endogenen Variable führen zur selben negativ-binomial Verteilung einer beobachteten Zählvariable (Long, 1997, p. 236)

Die Beurteilung der im Folgenden geschätzten Modelle erfolgt durch die Kriterien Validität, Güte und Erklärungsgehalt:

1. Zur Einschätzung der grundsätzlichen prognostischen *Validität* des Modells wird der „goodness of link“-Test (Pregibon, 1980) eingesetzt. Dieser schätzt eine linear-quadratische Regression der Form $y = \alpha + \beta_1 \hat{y} + \beta_2 \hat{y}^2 + \varepsilon$. Der tatsächlich beobachtete Wert (y) wird durch den durch das Modell vorhergesagten Wert ($\hat{y}$) und dessen Quadrat ($\hat{y}^2$) geschätzt. Bei einem validen Modell sollte hier $\hat{y}$ signifikant werden, während der quadratische Term und die Konstante insignifikant bleiben. Alle anderen Kombinationen weisen auf ein fehlspezifiziertes Modell hin, in dem entweder notwendige Regressoren fehlen (omitted variable bias) oder ungeeignete Regressoren verwendet werden. Der Linktest ist der einzig mögliche Spezifikationstest im Zusammenhang mit dem NBRM.
2. Um die *Güte* konkurrierender Modelle untereinander zu vergleichen, wird das Bayes Informationskriterium (BIC) verwendet (Schwarz, 1978). Dieses Gütemaß vergleicht Modelle mit unterschiedlichen Parametern unter Berücksichtigung der Fallzahl und verwendeten Regressoren. Ziel ist es, jenes Modell zu bestimmen, welches unter Verwendung der wenigsten Parameter die höchste Aussagekraft hat. Das BIC ist dabei besser als andere Gütemaße zur Beurteilung von Modellen mit möglichen Kollinearitäten und nicht normalverteilten Standardfehlern geeignet (Mills & Prasad, 1992). Raftery (1995) schlägt folgende Heuristik bei der Beurteilung der Modellunterschiede vor:

Absolute Differenz	Evidenz
0 – 2	Schwach
2 – 6	Positiv
6 – 10	Stark
> 10	Sehr stark
<i>Kleinere Werte zeigen besseren Modellfit</i>	

Tabelle 4: Evidenz des BIC- Gütemaß

3. Der Erklärungsgehalt der Modelle wird mittels McFaddens R^2 beurteilt. Da das klassische R^2 als Anteil erklärter Varianz nur im linearen Regressionsmodell eine gewisse Aussagekraft besitzt, wurden für nichtlineare Regressionsmodelle Alternativen entwickelt, die eine vergleichbare Modelleinschätzung ermöglichen sollen. McFaddens R^2 vergleicht ein univariates Regressionsmodell, welches nur die abhängige Variable enthält, mit dem geschätzten multivariaten Modell. Der Wert von McFaddens R^2 liegt bei 0, wenn die Modelle die gleiche Aussagekraft haben, und bewegt sich Richtung 1 wenn das geschätzte Modell eine höhere Erklärungskraft hat als die univariate Regression. Werte ab 0.2 gelten als ausreichend spezifiziert, Werte ab 0.4 als gut (Long & Freese, 2006, p. 109f.)

Analysen

Im Folgenden werden vier Modelle mithilfe des NBRM mit robusten Standardfehlern (White, 1980) geschätzt. Das erste Modell (I) besteht aus einer Regression der exogenen Variable zum Arbeitnehmererfindungsgesetz (x_1 , Dummy) auf die Anzahl der Universitätspatente (y). Das zweite (II) und dritte (III) Modell beziehen alternativ den Vektor für Lerneffekte (X_2) bzw. Mengeneffekte (X_3) in die Schätzung mit ein. Das vierte Modell (IV) enthält alle operationalisierten Variablen:

$$I: \quad y = \alpha + \beta_1 x_1 + \varepsilon$$

$$II: \quad y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

$$III: \quad y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

$$IV: \quad y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

Die in Tabelle 5 aufgeführten Schätzergebnisse zeigen einen signifikanten Einfluss der Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs auf die Anzahl der Universitätspatente pro Jahr. Jedoch ist dieser Einfluss über die Modelle hinweg nicht konstant. Im Modell (I), welches weder Lern- noch Mengeneffekte berücksichtigt, findet sich ein hochsignifikant positiver Einfluss der Gesetzesänderung. Dieses Modell ist – wie zu erwarten – allerdings nicht valide. Der Linktest zeigt hochsignifikante Einflüsse der Konstante und des quadrierten Terms, was sowohl auf nicht berücksichtigte lineare, als auch quadratische Einflüsse schließen lässt. Daher sind weitere Variablen in das Modell einzuführen. McFadden's- R^2 mit einem Wert von 0,037 zeigt, dass das Modell sich kaum von der univariaten Regression unterscheidet, der Erklärungsgehalt der ArbEG-Variable allein ist zu vernachlässigen.

Im Modell (II), welches für die Lerneffekte der Universitäten kontrolliert, zeigt sich ebenfalls ein hochsignifikant positiver Einfluss der Gesetzesvariablen. Die Variablen zu den ein-, zwei-

und dreijährigen Lernzyklen zeigen ein differenziertes Bild. Während die Einjahresvariablen zwar insignifikant sind, aber zumindest das erwartete positive Vorzeichen zeigen, sind die Variablen zum zweijährigen Lernzyklus hochsignifikant, allerdings mit kontraintuitiven Vorzeichen. Der lineare Lerneffekt ist negativ, während der quadrierte Term positiv ist. Hier ist aber ein insgesamt negativer Lerneffekt in t-2 ausgeschlossen, da sowohl die Patente des Vorjahres (t-3), als auch des Folgejahres (t-1) positiv auf die Patente in t einwirken. Die Variablen für den Dreijahreszeitraum zeigen einen hochsignifikant positiven linearen und hochsignifikant negativen quadratischen Einfluss. Dies zeigt erwartungsgemäß den positiven Einfluss der Lerneffekte, als auch den sinkenden Grenznutzen des Lernens. Eine plausible Annahme für die unerwarteten Vorzeichen in t-2 sind kurzfristige Kapazitätsbeschränkungen im Patentierungsprozess: Patente im ersten Zeitraum (t-3) ziehen so viele Patente nach, dass es zu einer Überlastung der administrativen Prozesse im Folgejahr kommt (t-2), so dass einige Patente erst in t-1 veröffentlicht werden. Auch Modell II stellt kein valides Modell dar. Zwar sind laut Linktest keine unberücksichtigten Effekte enthalten, allerdings sind die durch das Modell prognostizierten Werte ($\hat{y}$) keine signifikanten Prädiktoren für die beobachteten Werte. Die Modellgüte (BIC) lässt gegenüber Modell I sogar leicht nach, obwohl der Erklärungsgehalt des Modells insgesamt steigt.

Mit den in Modell (III) geschätzten Mengeneffekten ändert sich das Vorzeichen der Gesetzesvariablen, welche nun hochsignifikant negativ ist. Wie erwartet zeigt sich bei den Mengenvariablen ein positiver Einfluss der Ost- und Medizinuniversitäten, wobei nur die Variablen für die ostdeutschen Universitäten signifikant sind. Die Variablen für die Gesamtzahl der Universitäten und die Ingenieursfakultäten zeigen unerwartet negative Vorzeichen bei den linearen und positiven Vorzeichen in den quadrierten Termen. Eine Interpretation der Mengeneffekte ist aufgrund der oben geschilderten Multikollinearität der Aggregatdaten aber nur eingeschränkt möglich.

Dabei ist dieses Modell das Erste mit ausreichend guter prognostischer Qualität. Die auf Grundlage dieses Modells vorhergesagten Werte sind hochsignifikante Prädiktoren für die beobachteten Werte, gleichzeitig liegt keine Verzerrung durch unberücksichtigte und nichtlineare Effekte vor. Die Modellgüte verbessert sich im Vergleich zu den vorhergehenden Modellen deutlich.

Das komplette Modell (IV) berücksichtigt Lern- und Mengeneffekte gleichzeitig. Die Dummyvariable zur Novelle des Arbeitnehmererfindungsgesetzes ist weiterhin signifikant negativ, wenn auch nur noch zum Signifikanzniveau von 10%. Damit zeigt sich in beiden validen Modellen robust ein signifikant negativer Einfluss der Gesetzesänderung. Die in Modell (II) bereits geschilderten Lerneffekte sind weitgehend robust. Obwohl die lineare Variable zu t-2 insignifikant wird, behält sie dennoch ihr negatives Vorzeichen. Dafür wird die lineare Variable für den kürzesten Lernzyklus t-1 signifikant.

<i>Endogene Variable: Uni-Patente pro Jahr^a</i>	(I) <i>Gesetz</i>		(II) <i>Lerneffekte</i>		(III) <i>Mengeneffekte</i>		(IV) <i>Komplett</i>	
ArbEG-Dummy	1.6778 (0.251)	***	0.7033 (0.178)	***	-3.6391 (0.779)	***	-3.3718 (1.885)	*
Patente t-1			0.0006 (0.001)				0.0042 (0.003)	*
(Patente t-1) ²			0.0001 (0.000)				0.0001 (0.000)	
Patente t-2			-0.0049 (0.002)	***			-0.0036 (0.003)	
(Patente t-2) ²			0.0001 (0.000)	***			0.0001 (0.000)	***
Patente t-3			0.0162 (0.003)	***			0.0154 (0.004)	***
(Patente t-3) ²			-0.0001 (0.000)	***			-0.0001 (0.000)	***
Anzahl Universitäten					-0.0042 (0.137)		-0.2504 (0.194)	
(Anzahl Universitäten) ²					0.0036 (0.002)	***	0.0070 (0.003)	**
Anzahl Univ.-Ost					0.8891 (0.216)	***	0.7077 (0.253)	***
(Anzahl Univ.-Ost) ²					-0.0588 (0.015)	***	-0.0464 (0.019)	**
Anzahl Univ.-Med.-Fak.					0.0421 (0.166)		0.5224 (0.169)	***
(Anzahl Univ.-Med.-Fak.) ²					-0.0037 (0.005)		-0.0183 (0.007)	***
Anzahl Univ.-Ing.-Fak.					-0.2166 (0.191)		-0.1508 (0.176)	
(Anzahl Univ.-Ing.-Fak.) ²					0.0033 (0.004)		0.0014 (0.004)	
Konstante	4.7983 (0.195)	***	4.1163 (0.170)	***	2.4346 (0.469)	***	2.0401 (0.415)	***
$\hat{y}^b$			0.3738 (0.886)		1.7640 (0.540)	***	1.5641 (0.378)	***
$\hat{y}^{2b}$	0.0887 (0.013)	***	0.0614 (0.084)		-0.0804 (0.053)		-0.0594 (0.037)	
Konstante ^b	2.7562 (0.473)	***	1.5346 (2.287)		-1.6838 (1.322)		-1.2426 (0.936)	
BIC	301.497		304.343		280.172		261.926	
McFadden's-R ²	0.037		0.080		0.154		0.255	

N=33; ^a Negativ binomiale Regression mit robusten Standardfehlern (in Klammern). *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

^b Linktest auf Modellspezifikation, *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

Tabelle 5: Regressionsmodelle zum Einfluss des ArbEG

Diese Änderung ist mit der Vermutung eines Übertrags von Patenten aus dem Zeitraum t-2 in t-1 aufgrund von Kapazitätsbeschränkungen konsistent. Ebenso robust zeigen sich die Mengeneffekte im Vergleich zu Modell (III). Hier besteht der einzige Unterschied darin, dass

die Variablen für die Medizinfakultäten hochsignifikant werden. Die prognostische Validität auf Grundlage des Linktest ist mit dem vorhergehenden Modell vergleichbar. Gleichzeitig steigt die Modellgüte noch einmal dramatisch, obwohl die Anzahl der Regressoren sich fast verdoppelt hat. Der gesamte Erklärungsgehalt des Modells ist befriedigend.¹⁰

Insgesamt lässt sich ein signifikant negativer Einfluss der Dummyvariablen zur Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs in Deutschland festhalten, der sich in allen validen Modellen (III und IV, sowie Robustheitstests) zeigt. Der signifikant positive Einfluss in anderen Modellen kann nur als Artefakt der Fehlspezifikation dieser Modelle gedeutet werden. Des Weiteren zeigt sich, dass Modelle, die nur Mengeneffekte berücksichtigen, Universitätspatente vorhersagen können. Dies ist allein durch Berücksichtigung von Lerneffekten nicht möglich. Nur die gleichzeitige Berücksichtigung von Lern- und Mengeneffekten führt allerdings zu einem Modell mit akzeptablem Erklärungsgehalt und dabei zu einer deutlich verbesserten Modellgüte. Diese Kombination aus Anzahl der am Innovationsprozess Beteiligten und deren Lernen im Rahmen dieses Prozesses ist mit den Postulaten der endogenen Wachstumstheorie konsistent (Arrow, 1962a; Romer, 1990).

3.5. Diskussion

Dieses Kapitel widmet sich der Untersuchung der Wirkung des Arbeitnehmererfindungsgesetzes auf das Patentierungsverhalten deutscher Universitäten. Explizites Ziel der Gesetzesnovelle ist die Steigerung der Anzahl von Universitätspatenten als Mechanismus universitären Technologietransfers. Deutschland folgt damit einem, in den restlichen OECD-Ländern vorherrschenden Trend, den Bayh-Dole-Act der USA zu imitieren. Zwar legt die existierende Forschung zum Bayh-Dole-Act wie auch die Ausgestaltung des Gesetzes eine solche Wirkung nicht nahe, andererseits könnte die Gesetzesnovelle dazu beitragen, administrative und finanzielle Barrieren des Wissenstransfers abzubauen. Forscher, die bisher den privaten Aufwand und das finanzielle Risiko einer Patentierung gescheut haben, könnten durch die Überwälzung von Aufwand und Risiko an die Universität zum Technologietransfer motiviert werden. Darüber hinaus können die mit dem neuen Gesetz einhergehenden Dienstherrenpflichten der Universität einen Anreiz für die Universitätsleitung zur Investition in Schutzrechtsmanagement darstellen. Im Einklang mit der Intention des Gesetzgebers wird daher in diesem Kapitel die Hypothese aufgestellt, dass die Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs einen positiven Einfluss auf die Universitätspatente in Deutschland hat.

¹⁰ Zur Absicherung der Aussagen wurden die Modelle (III) und (IV) weiteren Robustheitstests unterzogen. Die Einführung einer autoregressiven Variable (Universitätspatente des Vorjahres) zur Kontrolle einer möglichen Autokorrelation der Residuen führt zu einer Signifikanz dieser Variable auf 1%-Niveau, ändert aber nichts an der Aussage der Modelle, insbesondere bleiben die identifizierten Lerneffekte unverändert, dies weist auf die Wichtigkeit des Lernens als Flussgröße im Vergleich zur Bestandsgröße hin. Auch der Ausschluss des Jahres 2008 als Outlier (195 Patente im Vergleich zu 733 im Vorjahr) und der Austausch der absoluten Mengenvariablen durch ihre Differenzen zum Vorjahr (first-difference-Modelle) führen zu keiner relevanten Änderung der Modellaussagen.

Diese Hypothese wird auf Grundlage einer Zeitreihenerhebung deutscher Universitätspatente von 1976 bis 2008 überprüft, wobei gleichzeitig für empirisch belegte und theoretisch postulierte Effekte des Erfahrungslernens und der Anzahl teilnehmender Universitäten kontrolliert wird. Auf Grundlage der vorliegenden Daten kann die aufgestellte Hypothese nicht bestätigt werden. Es zeigt sich im Gegenteil ein signifikant negativer Einfluss des Gesetzes, sobald für Lern- und Mengeneffekte kontrolliert wird. Ein solcher negativer Effekt ist in der bisherigen Forschung zur Auswirkung vergleichbarer Gesetzesinitiativen (z.B. Baldini et al., 2006; Coupe, 2003; Mowery et al., 2002; Mowery & Ziedonis, 2002) noch nicht beobachtet worden; es wurde lediglich beobachtet, dass solche Interventionen keine nachweisbaren Effekte ausüben. Gründe für diesen negativen Einfluss könnten neben der Wahl des Beobachtungszeitraums auch eine Verdrängung der intrinsischen Motivation der Forscher und die Risikoaversion der Universitäten sein.

Da bereits vor der Gesetzesänderung eine stetig steigende Zahl von Universitätspatenten beobachtet werden konnte, ohne dass entsprechende gesetzlich verankerte, monetäre Anreize für Forscher geboten wurden, könnte das Gesetz die bestehende intrinsische Motivation der Forscher verdrängt haben: Zum einen haben sich Forscher selbst in eine Karriere selektiert, in der sie eher durch Anerkennung ihrer Leistung, denn monetär kompensiert werden (Dasgupta & David, 1994; David et al., 1992). Zum anderen belegen Interviewstudien für die USA (Renault, 2006), Norwegen (Gulbrandsen & Smeby, 2005) und Schweden (Göktepe, 2008), dass Forscher Technologietransfer als Mittel zum Zweck der Erreichung ihrer akademischen Ziele (z.B. Zugang zu industriellen Großlabors, Förderung von Doktoranden, neue Ideen durch Austausch mit der Industrie) oder als Teil des Gesellschaftsvertrags der Universität sehen. Die Einführung hoher monetärer Anreize wie in Deutschland kann diese intrinsische Motivation zerstören, insbesondere, da der Verdacht, der Forscher könne sich persönlich bereichern wollen, seine Reputation in der Forschung beeinträchtigen kann (David, 1991). Solche „crowding out“-Effekte durch monetäre Anreize sind für verschiedenste gesellschaftliche Bereiche empirisch belegt worden (z.B. Frey & Oberholzer-Gee, 1997; Titmuss, 1971), so auch für den negativen Zusammenhang zwischen monetären Anreizen zum universitären Wissenstransfer für Forscher und dem tatsächlich stattfindenden Technologietransfer (Markman, Gianiodis, Phan, & Balkin, 2004).

Die Risikoaversion der Universitäten führt zusammen mit den in der Gesetzesnovelle festgelegten hohen Ertragsanteilen der Forscher und den neuen Dienstherrenpflichten der Universität zu einer geringeren Anzahl von Patenten mit einer höheren Patentqualität. Universitäten müssen die gesamten Schutzrechtskosten tragen, Forschern 30% des Rohertrags überlassen, und unterliegen engen Budgetrestriktionen. Deshalb werden nur noch Erfindungen patentiert, die mit hoher Sicherheit lizenziert werden können, da sie eine hohe „Wichtigkeit“ bzw. „Allgemeingültigkeit“ aufweisen, oder ein Lizenznehmer bereits früh im Prozess identifiziert werden konnte. Diese risikominimierende Strategie ist konsistent mit den

Ergebnissen zur Änderung der Patentqualität nach Einführung des Bayh-Dole-Act in den USA (Mowery & Ziedonis, 2002; Sampat et al., 2003), zur Veränderung des Patentportfolios US-amerikanischer Universitäten (Shane, 2004) und modelltheoretischer Überlegungen zur Auswirkungen der ArbEG-Novelle in Deutschland (Kirstein & Will, 2006).

4. Die Region als Grenze universitären Wissenstransfers

Im Folgenden wird der hemmende bzw. fördernde Einfluss der Eigenschaften einer Region auf universitären Technologietransfer untersucht. Auf Grundlage eines neu erhobenen Datensatzes aller deutschen Universitätsregionen werden Auswirkungen der Urbanisierung, industrieller Konzentration, Produktivität, Innovationskraft, Entrepreneurship und Serviceorientierung einer Region auf die Anzahl der Universitätspatente überprüft. Um dabei für räumliche Autokorrelation und interregionale Wissensexternalitäten durch Humankapitalmobilität zu kontrollieren, wurde dieser Datensatz erstmals auf Grundlage von Arbeitsmarkregionen konstruiert. Die Ergebnisse der Analyse zeigen deutliche Evidenz für Einflüsse der Urbanisierung. Die Evidenz für den positiven Einfluss der Branchenkonzentration (MAR-Externalitäten) oder Branchendiversität (JRS-Externalitäten) ist allerdings schwach. Stattdessen zeigt sich die Bedeutung einer industriellen Balance als Austauschverhältnis von Konzentration und Diversität. Diese Beobachtung stellt ein Novum in der regionalökonomischen Literatur dar und lässt sich neben universitären Externalitäten auch für industrielle Externalitäten robust replizieren.

4.1. *Koevolution von Region und Universität*

Universitäten als Wissenslieferanten sind in den letzten Dekaden zunehmend ins Interesse der Öffentlichkeit gerückt. Dabei stehen nicht mehr die klassischen Funktionen von Forschung und Lehre im Mittelpunkt, sondern die Rolle der Universität als Produzent industriell verwertbarer Innovationen (Etzkowitz, Webster, Gebhardt, & Terra, 2000). Hintergrund dieser Entwicklung sind neue Forschungsgebiete wie die Bio- und Nanotechnologie, deren Ergebnisse sich oftmals schnell in neue pharmazeutische oder informationselektronische Produkte umsetzen lassen (vgl. Zucker & Darby, 1996). Dadurch steigen zum einen die Anreize der Universitäten und Forscher zum Technologietransfer in die Industrie, um sich so zusätzliche Forschungsmittel zu sichern, oder zumindest Budgetkürzungen durch die öffentliche Hand abzumildern (Thursby & Thursby, 2002). Zum anderen steigt die Nachfrage der Industrie nach wissenschaftlichem Wissen, da viele neue Industrien auf derartigem Wissen basieren, bzw. in klassischen Industrien reife Technologien durch neue ersetzt werden. Diese Annäherung zwischen Universität und Industrie ist politisches Ziel vieler Nationalstaaten und der europäischen Innovationspolitik geworden. Kern dieser Bemühungen ist die Förderung des universitären Technologietransfers durch industrierelevante Forschung und die Schaffung rechtlicher Rahmenbedingungen, regionale Förderprogramme (EC, 1995, 2001a, 2001b).

Mit dem öffentlichen Interesse der Rolle der Universität im Innovationsprozess geht auch ein gestiegenes Forschungsinteresse einher. Hier lassen sich zwei Literaturstränge unterscheiden.

Einerseits die Forschung zu regionalen Innovationssystemen, welche regionale Unterschiede in der Produktivität und Innovationskraft durch regionale Unterschiede der industriellen Zusammensetzung und der daraus resultierenden Existenz von Wissensexternalitäten erklärt (für Übersichten siehe Breschi & Lissoni, 2001; Döring & Schnellenbach, 2006), andererseits die Forschung zur Effektivität des Technologietransfers der Universität (für Übersichten siehe Phan & Siegel, 2006; Rothaermel, Agung, & Jiang, 2007). Während die Literatur zu regionalen Innovationssystemen die Universität oder ihre Produkte (Forschung, Humankapital, Technologietransfer) als exogene Variable zur Erklärung regionaler Unterschiede industrieller Produktivität und Innovation heranzieht, konzipiert die Literatur zum Technologietransfer dieselben Variablen als endogen und erklärt diese durch Eigenschaften der Universitäten. Der Tatsache, dass das Gelingen universitären Technologietransfers dabei ebenso von den Eigenschaften der regionalen Industrie abhängt, wurde bisher allerdings kaum Aufmerksamkeit geschenkt.

Die Entwicklung der Industrie in einer Region und unterstützender Institutionen ist ein koevolutionärer Prozess. Innovationen und neue Technologien bilden die Grundlage für die Entwicklung einer neuen Industrie in einer Region und führen gleichzeitig zur Anpassung von Forschung und Lehre in Universitäten dieser Region. Neue Technologien führen zu einem verstärkten Forschungsinteresse in diesem Bereich, während die industrielle Nachfrage nach relevantem Humankapital zu einer Anpassung der Lehrtätigkeit führt. Diese Forschungs- und Lehrtätigkeiten vertiefen das Verständnis für die neue Technologie und führen zu weiteren Innovationen und damit zu einer Stärkung der regionalen Industrie. Die universitäre – und damit öffentliche – Beschäftigung mit der neuen Technologie führt zu einer Diffusion von Wissen in der Region, die zu einer Erhöhung der Produktivität der Industrie durch Wissensexternalitäten führt und gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit von neuen Firmengründungen und Markteintritten unter Verwendung der neuen Technologie erhöht (Nelson, 1994). Die gegenseitige Beeinflussung von regionaler Industrie, Forschung und staatlichen Interventionen ist ein komplexer und langwieriger Prozess, der bisher vor allem in konzeptionellen Arbeiten (z.B. Etzkowitz & Klofsten, 2005; Etzkowitz et al., 2000; Gunasekara, 2006) und Fallstudien beschrieben wurde.

Ziel dieses Kapitels ist es, den Einfluss regionaler Charakteristika auf universitären Technologietransfer zu untersuchen, und damit einen „blinden Fleck“ der bisherigen Literatur zum Beitrag universitären Technologietransfers zur regionalen Innovation zu schließen. Die in der Technologietransferforschung implizite Annahme, dass der durch eine Universität realisierbare Technologietransfer nur von den Eigenschaften der Universität abhängt, soll hier auf Grundlage eines selbst erhobenen Datensatzes für deutsche Universitäten überprüft werden. Dies ist nach Varga (2000) die zweite Untersuchung, die sich mit der Frage der regionalen Einbettung universitären Technologietransfers befasst.

Der zweite Abschnitt des Kapitels diskutiert zentrale Ergebnisse der regionalökonomischen Forschung als Grundlage der im sechsten Abschnitt dargestellten Hypothesen und Analysen. Der dritte Abschnitt beschreibt die Mängel der Regionsdefinition bisheriger Untersuchungen, leitet die Notwendigkeit einer funktionalen regionalen Abgrenzung her und beschreibt sie in dieser Untersuchung verwendeten Arbeitsmarktreionen. Abschnitt vier diskutiert die Eignung von Patenten als Indikatoren regionaler Innovation. Der fünfte Abschnitt führt in die Konstruktion des Datensatzes und die verwendeten Methoden ein. Der Abschnitt sechs enthält die durchgeführten Analysen, im letzten Abschnitt werden die Ergebnisse der durchgeführten Erhebung diskutiert.

4.2. *Regionale Determinanten universitären Technologietransfers*

Der Einfluss des Standorts einer Universität, d.h. geographischer und industrieller Einflüsse auf den Wissenstransfer durch Universitäten wurde bisher kaum untersucht. Neben einer Studie, die sich direkt mit dieser Frage auseinandersetzt (Varga, 2000), existieren Untersuchungen, die Variablen regionaler Produktivität und Innovationskraft zumindest als Kontrollvariablen mit einbeziehen (Chapple et al., 2005; Link & Siegel, 2005a). Dem entgegen liegen zahlreiche Analysen vor, die sich mit der Wirkung regionaler Einflüsse, darunter auch das Vorhandensein einer Universität in der Region, auf die Unternehmen dieser Region befassen (für Übersichten vgl. Audretsch, Lehmann, & Warning, 2005; Breschi & Lissoni, 2001; Feldman, 1999; Fritsch, Steigenberger, Henning, & Slavtchev, 2007). Da eine umfassende Darstellung dieses Forschungszweigs außerhalb des Fokus dieses Kapitels liegt, werden im Folgenden die theoretischen Intuitionen skizziert, an den zentralen Studien in diesem Feld illustriert und auf Studien zu universitärem Wissenstransfer bezogen. Aufgrund des empirischen Forschungsstandes zum Einfluss der Region auf universitären Technologietransfer muss allerdings auf Analogieschlüsse zurückgegriffen werden.

Regionalökonomische Arbeiten befassen sich weitgehend mit Fragen der Auswirkung von Wissensexternalitäten auf Struktur und Produktivität der regionalen Industrie. Derartige Wissensexternalitäten entstehen, da Innovationen auch Unternehmen zu Gute kommen, die nicht den vollen ökonomischen Preis für dieses Wissen zahlen. Die Eigenschaften des Wissens verhindern es, andere Firmen vollständig von der Nutzung neuen Wissens auszuschließen. Ein großer Teil dieses Wissens ist idiosynkratisch oder nur mit hohen Kosten kodifizierbar, so dass es an Humankapital gebunden ist. Da dieses selbst relativ immobil ist, steigt der Nutzen der Externalitäten mit der räumlichen Nähe der wissensproduzierenden und nutznießenden Unternehmen (Dasgupta & Stiglitz, 1980; Griliches, 1979; Loury, 1979).

So genannte Marshall-Arrow-Romer-Externalitäten (MAR) beziehen sich auf Wissensexternalitäten, die zwischen Unternehmen innerhalb einer Branche auftreten. Diese Sichtweise

argumentiert, dass die Konzentration einer Branche in einer Region den Wissensaustausch, und dadurch Innovationstätigkeit und Wachstum in dieser Region fördert. Durch Beobachtung der Konkurrenz, Imitation und den Austausch von industriespezifischem Humankapital werden neue Ideen und Konzepte schnell zwischen benachbarten Firmen ausgetauscht (Arrow, 1962b; Marshall, 1890; Romer, 1990). Weitere positive Effekte einer intraindustriellen Konzentration sind positive Skaleneffekte durch größere Spezialisierung von Unternehmen innerhalb der Branche, ein größeres Angebot an branchenspezifischem Humankapital in der Region und die vereinfachte Bereitstellung öffentlicher Güter für die spezifische Branche, z.B. das Angebot industriespezifischer Ausbildungsangebote durch Universitäten.

Eine alternative Theorie (Bairoch, 1991; Jacobs, 1969; Rosenberg, 1963) legt nahe, dass nicht die Konzentration *einer* Branche, sondern die Diversität der regionalen Industrie verantwortlich für Produktivität und Innovation ist. Unterschiedliche Branchen, die nicht miteinander konkurrieren, können Ideen und Konzepte austauschen, ohne Wettbewerbsnachteile fürchten zu müssen. So kommt es in diversifizierten Regionen zu vermehrter Innovation und höherer Produktivität.

Die empirischen Ergebnisse zu positiver Produktivitäts- und Innovationswirkung dieser regionalen Wissensexternalitäten sind gemischt. Henderson (1986) geht in einer vergleichenden Studie brasilianischer und US-amerikanischer städtischer Regionen der Frage nach, ob größere und dicht besiedeltere Ballungsräume tatsächlich die vermuteten Skaleneffekte aufweisen, und ob die ggf. positiven Effekte tatsächlich auf Konzentrationstendenzen innerhalb einer Industrie zurückzuführen sind, oder ob rein die Größe und Dichte eines Ballungsgebiets ausreicht, um die beobachteten Effekte herbeizuführen. Seine Analyse zeigt, dass die Regionen mit der höchsten Konzentration einer Branche auch die höchste Produktivität besitzen, was als Existenz von MAR-Externalitäten gewertet werden kann. Allerdings verschwinden diese positiven Effekte ab einer gewissen Bevölkerungsdichte: In zu großen und dicht besiedelten Städten lassen sich keine positiven Konzentrationseffekte nachweisen. Im Gegenteil zeigen sich Übervölkerungseffekte, welche sich negativ auf die Produktivität auswirken. Darüber hinaus lässt sich ab einem gewissen Grad der Konzentration einer Branche kein positiver Produktivitätseffekt mehr nachweisen.

Glaeser, Kallal, Scheinkmann und Schleifer (1992) greifen die Frage nach der Bedeutung intra- und interindustrieller Externalitäten auf und überprüfen deren Einfluss auf das Beschäftigungswachstum in 170 amerikanischen Städten für den Zeitraum von 1956 bis 1987. Sie folgern, dass Externalitäten zwischen verschiedenen Branchen wichtiger für das Beschäftigungswachstum sind als intraindustrielle. Sie führen allerdings die Ausnahme junger Wachstumsindustrien an, in denen der Austausch von Ideen innerhalb der Branche bedeutend ist. Sowohl Henderson (1986) als auch Glaeser et al. (1992) untersuchen die Wachstumseffekte industrieller Agglomeration, aber nicht direkt die Frage des Wissensaustauschs, der den theoretischen Konzeptionen zu Grunde liegt.

Jaffe, Trajtenberg und Henderson (1993) analysieren regionale Wissensexternalitäten über Patentzitationen, indem sie den geographischen Standort und die Branche des zitierenden Patents mit dem des zitierten Patents vergleichen. Darüber hinaus unterscheiden sie zwischen Patenten der Universität und Industrie. Ihre Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Sie zeigen, dass ein Großteil der Patentzitationen in der Ursprungsregion des Originalpatents erfolgt. Zwar verbreiten sich die Innovationen mit der Zeit über die Region hinaus, der Effekt dieser Deregonalisierung bleibt insgesamt gering.
2. Eine zweite Forschungsfrage befasst sich mit dem Grad der Konzentration der Zitationen innerhalb einer Branche. Hier lässt sich keine Evidenz für eine stärkere Konzentration der Zitationen in derselben Branche oder Technologiekategorie finden: Fast die Hälfte aller Patentzitationen bezieht sich auf andere technische Patentklassen und ein Viertel der Zitationen bezieht sich auf gänzlich unterschiedliche Technologien und Branchen.
3. Schließlich beschäftigen sie sich explizit mit der regionalen Verbreitung von Universitätspatenten im Vergleich zu Industriepatenten. Da Universitätspatente in der Regel Produkt der Grundlagenforschung sind, stellen die Autoren die Hypothese auf, dass diese die grundlegenden Innovationen beinhalten als Unternehmenspatente und aufgrund ihrer Wichtigkeit schneller und häufiger überregional zitiert werden. Diese Hypothese lässt sich nicht bestätigen, es findet sich kein Hinweis auf eine schnellere überregionale Zitation von Universitätspatenten. Patente von Universitäten werden in der Regel in einem früheren Entwicklungsstadium patentiert als Unternehmenspatente. Daher ist für ihre Weiterentwicklung zur Produktreife spezifisches Humankapital der Erfinder notwendig (vgl. R. A. Jensen & Thursby, 2001). Dies verhindert eine frühe überregionale Verbreitung von Universitätspatenten.

Die Notwendigkeit räumlicher Nähe von Unternehmen zu Universitäten als Voraussetzung universitärer Wissensexternalitäten, und damit die Relevanz akademischer Forschung für industrielle Forschung und Entwicklung, ist umfassend belegt. Erste empirische Ergebnisse des Einflusses universitärer Forschung auf F&E-Aktivitäten der Industrie finden sich bei Nelson (1986), der auf Grundlage einer Befragung von F&E-Managern aus über 130 Branchen eine hohe Relevanz universitärer Forschung für technische Innovationen berichtet. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen eine hohe Korrelation zwischen Innovationskraft der Branche und Wichtigkeit universitärer Forschung. Erste Ergebnisse für eine Regionalisierung dieses Einflusses finden sich bei Jaffe (1989), der auf der Ebene von US-Staaten die Existenz von Wissensexternalitäten universitärer Forschung auf Unternehmenspatente und F&E-Ausgaben der Unternehmen nachweist. Allerdings zeigen sich auf dieser Untersuchungsebene stärkere Unterschiede zwischen technologischen Feldern wie Pharmazie, Chemie, Elektronik oder Maschinenbau als regionale Effekte. Der positive Effekt räumlicher Nähe beschränkt

sich nicht nur auf F&E-Ausgaben und Patente, sondern lässt sich auch für Produktinnovationen nachweisen; dies zeigen Acs, Audretsch und Feldman in einer Reihe von Untersuchungen (Acs, Audretsch, & Feldman, 1992, 1994; Audretsch & Feldman, 1996). In weiteren Studien, die regional detailliertere Daten auf Ebene von Ballungszentren in den USA betrachten, zeigt sich ein hoch signifikanter Zusammenhang von universitärer Forschung und technologischer Innovation, insbesondere eine starke regionale Begrenzung universitärer Wissensexternalitäten (Acs, Anselin, & Varga, 2002; Anselin, Varga, & Acs, 1997, 2000).

Für Deutschland wurde die Rolle der Universität als Quelle regionaler Wissensexternalitäten bisher vor allem in den Arbeiten von Audretsch, Lehmann und Warning untersucht. Die Autoren können in verschiedenen Untersuchungen Zusammenhänge von Patenten, Humankapital und geografischer Nähe auf technologiebasierte Unternehmensgründungen nachweisen, die mit den Ergebnissen der internationalen Forschung konsistent sind (Audretsch & Lehmann, 2005a, 2005b, 2006; Audretsch et al., 2005). Es lässt sich somit keine empirische Begründung für eine grundsätzlich andere Rolle deutscher Universitäten in der Region finden. Der Effekt, den die regionale Industrie auf die akademische Forschung bzw. auf die Wissenstransferaktivitäten von Universitäten hat, wurde kaum untersucht. Eine Ausnahme stellt die Studie von Varga (2000) dar. Er kombiniert die Beobachtungen der regionalen Begrenzung universitärer Externalitäten mit den Ergebnissen der Literatur zu intra- und interindustriellen Wissensexternalitäten auf Grundlage industrieller Konzentration. Er argumentiert, dass die Möglichkeit des Wissenstransfers aus der Universität in die Industrie durch die industrielle Konzentration begrenzt wird. Varga formuliert drei Aspekte industrieller Konzentration, die einen Einfluss auf den universitären Wissenstransfer haben können:

1. Die Konzentration der High-Tech-Industrie, welche den Informationsfluss zwischen Universität und Industrie durch den Austausch von Personal, Auftragsforschung und akademischer Beratung fördert.
2. Die Konzentration unternehmensnaher Dienstleister und Finanzinstitute, welche die Wahrscheinlichkeit technologischer Spin-Offs aus Universitäten durch Finanzierung und Beratung erhöhen.
3. Der Anteil der Entrepreneure in der Region. Kleine und junge Unternehmen können sich oft keine eigenen Labore und F&E-Abteilungen leisten und sind daher eher auf eine Kooperation mit Wissenschaftlern (vgl. Acs et al., 1994; Audretsch, Keilbach, & Lehmann, 2006).

Varga überprüft diese Hypothesen im Rahmen einer hierarchischen Regression, in der er als implizites Maß für Wissensexternalitäten die regionale Wissensproduktionsfunktion von Griliches (1979) und Jaffe (1989) nutzt und in dieser Funktion den Anteil des industriell relevanten universitären Wissens durch Variablen für die Konzentration von High-Tech-Unternehmen, Dienstleistern und Entrepreneuren instrumentiert. Ergebnis dieser Analyse auf

Ebene amerikanischer Ballungsräume ist, dass die Konzentration von High-Tech-Industrien einen hoch signifikanten, und die Konzentration von Dienstleistern einen noch signifikant positiven Einfluss auf universitären Wissenstransfer ausübt. Des Weiteren wird deutlich, dass der positive Einfluss erst ab einer kritischen Masse der Konzentration wirksam wird. Um diesen Effekt näher zu beleuchten, teilt Varga die untersuchten 125 Ballungsräume anhand der Innovationselastizität der universitären Forschung in vier Gruppen ein. In die Topgruppe fallen alle Regionen, deren Innovationsrate pro Einheit universitärer Forschung eine Standardabweichung über dem Mittelwert verzeichnen, in die zweite Gruppe alle Regionen, die über dem Mittelwert liegen, die Gruppen drei und vier konstruiert er analog dazu unterhalb des Mittelwerts. Es zeigt sich, dass die Einwohnerzahl der Gruppe eins und zwei bei durchschnittlich drei Millionen bzw. einer Million Einwohner liegt, während die Gruppen drei und vier mit vierhundert- und zweihunderttausend Einwohnern deutlich geringere Populationen aufweisen. Dies bestätigt die Wichtigkeit einer kritischen Masse in einem Ballungsgebiet, auf die auch schon frühere Arbeiten der Urbanisierungsökonomie hingewiesen haben (vgl. Glaeser et al., 1992; J. V. Henderson, 1983; Mowery & Ziedonis, 2001).

Die Studie von Varga (2000) zeigt einen starken Zusammenhang von universitären Externalitäten und Konzentrationstendenzen in der regionalen Industrie und zieht damit deutliche Parallelen zur existierenden Theorie und Empirie zu intra- und interindustriellen Externalitäten. Es lässt sich zeigen, dass eine Beziehung zwischen universitärem Wissenstransfer und industriellen F&E-Ausgaben, Patenten und Innovationen existiert, und dass universitäre Externalitäten in ähnlicher Weise regional begrenzt sind wie industrielle Externalitäten. Die Stärke der Ausprägung dieser Eigenschaften kann dabei über verschiedene Technologien variieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass kaum Forschung zum Einfluss der Region auf universitären Wissenstransfer existiert. Neben den geschilderten Erkenntnissen von Varga (2000) ist die vorliegende Studie in weiten Teilen auf Analogien aus der Forschung zu industriellen Externalitäten angewiesen. Zentrale Einflussfaktoren der Region auf universitäre Externalitäten sind:

1. Die Existenz industrieunspezifischer Konzentrationseffekten, die auf die Urbanisierung einer Region zurückzuführen sind (J. V. Henderson, 1983, 1986, 1994).
2. Die regionale Konzentration innerhalb einer Branche (sog. MAR-Externalitäten), die zu spezifischem Humankapital, Spezialisierungsvorteilen und Skaleneffekten führen (Arrow, 1962b; Glaeser et al., 1992; Marshall, 1890; Romer, 1986, 1990).

3. Als alternativer Erklärungsansatz dienen sog. JRS-Externalitäten (Jacobs, 1969; Rosenberg, 1963; Scherer, 1965, 1982), welche durch die regionale Diversität der Industrie zu einer „Mischkultur“ führen, in der Ideen ausgetauscht werden können, ohne Wettbewerbsnachteile zu fürchten (Glaeser, 1999; Glaeser, Scheinkman, & Shleifer, 1995; Jaffe et al., 1993).
4. Die Innovationskraft und Produktivität der regionalen Industrie als Kapazitätsgrenze der Aufnahmefähigkeit für neues universitäres Wissen (Chapple et al., 2005; Link & Siegel, 2005a; Varga, 2000).
5. Die Existenz unternehmensnaher Dienstleistungsbetriebe in der Region, welche als Vermittler und Informationsmakler zwischen Universität und Industrie fungieren (Anselin et al., 1997, 2000; Varga, 2000).
6. Der Grad des Entrepreneurships in der Region, da kleine und junge Unternehmen überdurchschnittlich auf externe Wissensquellen angewiesen sind, und diese daher überdurchschnittlich oft universitäres Wissen nachfragen (Audretsch et al., 2006; Audretsch & Lehmann, 2005a; Audretsch et al., 2005; Varga, 2000).

Bevor diese Effekte im sechsten Abschnitt dieses Kapitels analysiert werden können, sind zwei Voraussetzungen zu klären: Wie sind die Konzepte der „Region“ und des „Wissenstransfers“ in der regionalökonomischen Forschung definiert, und wie sind diese für die geplante Untersuchung zu operationalisieren?

4.3. Regionale Abgrenzung universitären Wissenstransfers

Um die Auswirkung der Region auf universitären Wissenstransfer zu untersuchen, müssen zunächst geeignete regionale Einheiten als Grundlage der Untersuchung definiert werden. Die Auswahl der richtigen Untersuchungsebene stellt dabei keine Frage des Detaillierungsgrades der verfügbaren Daten dar, sondern übt entscheidenden Einfluss auf die Validität der Ergebnisse aus.

Die meisten Studien, die sich mit der Rolle von Wissensexternalitäten innerhalb einer Region oder zwischen Regionen befassen, stellen sich nicht die Frage, welche regionale Beobachtungsebene für die jeweilige Fragestellung die geeignete ist. Vielmehr wird aufgrund der Verfügbarkeit räumlicher Daten forschungspragmatisch argumentiert, dass die erheblichen Daten in der Lage sind, die zu untersuchenden Effekte abzubilden.

Frühe Studien zu regionalen Effekten der Wissensproduktion in den USA (z.B. Audretsch & Feldman, 1996; Feldman, 1994; Jaffe, 1989) untersuchen diese auf Ebene der US-Bundesstaaten, während sich Studien zu industriellen Konzentrationseffekten dieser Zeit bereits der detaillierteren Ebene städtischer Ballungsräume zuwenden (z.B. Glaeser et al., 1992; Glaeser et al., 1995; J. V. Henderson, 1986). Die Verwendung dieser Ballungsräume („Metropolitan

Statistical Areas“, MSA) hat sich zunehmend auch in der US-amerikanischen Forschung zu universitären Wissensexternalitäten innerhalb einer Region durchgesetzt (z.B. Anselin et al., 2000; Goldstein & Drucker, 2006; Goldstein & Renault, 2004; Gunasekara, 2006) und wird auch in der oben zitierten Studie von Varga (2000) so verwendet. Diese MSA variieren außerordentlich in Größe, Population (zwischen 19 Mio. Einwohnern (New York Metro) und 50.000 Einwohnern (Carson City)) sowie weiteren ökonomischen Indikatoren und sind somit nur bedingt als Untersuchungseinheiten geeignet (Döring & Schnellenbach, 2006). In Europa hat sich die Verwendung von NUTS II („Nomenclature des unités territoriales statistiques“) Regionen der amtlichen europäischen Statistik durchgesetzt (z.B. Greunz, 2003; Moreno, Paci, & Usai, 2005; Verspagen & Schoenmakers, 2000). Hauptargument der Autoren ist hierbei neben der Datenverfügbarkeit auch die Möglichkeit zum innereuropäischen Vergleich von Ergebnissen, die nur einzelne Nationalstaaten untersuchen. NUTS II Regionen werden durch Zusammenfassung von Verwaltungseinheiten der beteiligten Nationalstaaten gebildet und umfassen Gebiete zwischen 800.000 und 3.000.000 Einwohnern. Damit sind diese Regionen zwar sehr viel homogener als die in USA verwendeten MSA, allerdings berücksichtigen sie nicht die Tatsache, dass die Ausbreitung von Wissensexternalitäten nicht durch Verwaltungsgrenzen bestimmt wird, sondern durch funktionale Zusammenhänge in und zwischen Regionen. Einige deutsche Untersuchungen gehen einen Schritt weiter und untersuchen regionale Effekte auf Kreisebene (z.B. Fritsch & Slavtchev, 2005; Keilbach, 2000, p. 139ff.), diese Untersuchungsebene besitzt zwar einen hohen Detaillierungsgrad, leidet jedoch unter der Tatsache, dass sie hoheitliche Grenzen statt funktionaler Zusammenhänge abbildet und darüber hinaus zu klein sein dürfte, um alle regional relevanten Effekte des Wissens abzudecken.

Wenige Studien untersuchen die tatsächliche räumliche Distanz, bis zu der regionale Wissensexternalitäten nachweisbar sind. Anselin, Acs und Varga (1997) untersuchen den Einfluss industrieller F&E und universitärer Forschung auf das Innovationsverhalten von Technologieunternehmen in Abhängigkeit von deren Distanz zur Quelle der F&E-Aktivitäten. Während sie für die Wirkung industrieller F&E keine signifikanten Aussagen treffen können, zeigt sich, dass eine Universität in einem Radius von 50 Meilen (ca. 80 Kilometer) positive Auswirkungen auf technologische Innovationen hat. Varga (2000) stellt in seiner Studie fest, dass sich räumliche Einflüsse bis zu einer Distanz von 75 Meilen (ca. 120 Kilometer) nicht ausschließen lassen. Bei beiden Studien ist allerdings anzumerken, dass sie sich auf MSA beziehen, welche durch Zusammenfassung von Verwaltungseinheiten zu Ballungsräumen (gemessen an der Bevölkerungsdichte) konstruiert werden. Auch hier gilt die Kritik, dass Wissen nicht vor Verwaltungsgrenzen halt macht. Bottazzi und Peri (2003) untersuchen Patente und F&E-Ausgaben in NUTS Regionen und deren Effekt auf angrenzende NUTS Regionen. Sie unterteilen die räumlichen Distanzen in Entfernungen von 0 bis 300, 300 bis 600, 600 bis 900 und 900 bis 1200 Kilometer und finden nur in der untersten Kategorie

Evidenz für Wissensexternalitäten, welche ihrerseits verschwindend gering sind. Während die Ausweitung des F&E-Inputs um 100% in derselben Region zu einer Steigerung der Innovationsrate um 80% bis 90% führt, ist in Regionen bis 300 km Umkreis nur ein Anstieg von 2% bis 3% zu beobachten. Dieses Ergebnis zeigt zwar die räumliche Begrenzung von Wissensexternalitäten auf maximal 300 km, allerdings lässt die Operationalisierung in derart große Regionen auch kein anderes Ergebnis erwarten. Das Hauptargument für regionale Externalitäten besteht in der Notwendigkeit des Austauschs von Wissen, welches an immobile Akteure gebunden ist. Ein Wissensaustausch über so große Entfernungen ist plausibel nur über die Verbreitung des Wissens über mehrere Akteure in einem sozialen Netzwerk denkbar (vgl. Granovetter, 1985). Diese Art der Externalität wäre dann aber nur mit deutlichem Wissensverlust oder über einen langen Zeitraum möglich.

Niebuhr und Funke (Funke & Niebuhr, 2005; Niebuhr, 2001) untersuchen 75 westdeutsche Raumordnungsregionen und stellen fest, dass sich der Effekt von Wissensexternalitäten ca. alle 27 km halbiert, und dass sich innovative Aktivität tatsächlich in Ballungsräumen konzentriert. Raumordnungsregionen werden (unter Berücksichtigung funktionaler Zusammenhänge) in ähnlicher Weise wie MSA in den USA gebildet, indem ein urbanes Zentrum mit mehreren umliegenden Kreisen zusammengefasst wird. Insgesamt legt die Evidenz zur Entfernungsabhängigkeit von Wissensexternalitäten nahe, dass diese bis zu einer maximalen Entfernung von ca. 300 km nachweisbar sind (Bottazzi & Peri, 2003) und sich die größten Effekte bis zu einer Distanz von 80 km (Anselin et al., 1997) bzw. 120 km (Varga, 2000) finden. Diese Distanzen entsprechen nach Berechnung von Funke und Niebuhr (2001, 2005) ca. 87,5% bzw. 95% des Gesamteffekts. Diese Ergebnisse sind trotz der Verwendung unterschiedlicher Beobachtungszeiträume, Länder und Regionen in erstaunlicher Übereinstimmung. Gleichzeitig beruhen alle diese Beobachtungen auf regionalen Abgrenzungssystematiken, die primär politische und verwaltungstechnische Interessen widerspiegeln und funktionale Zusammenhänge von Regionen nur sekundär mit einbeziehen.

Der Fokus dieses Kapitels liegt weder auf der Untersuchung überregionaler Wissensexternalitäten, noch handelt es sich um eine primär wirtschaftsgeographische Fragestellung. Die Auswahl der regionalen Beobachtungseinheit (z.B. Kreis, Raumordnungsregion, NUTS II) muss zur Untersuchung der Wirkung der Region auf die Möglichkeiten des universitären Wissenstransfers so gestaltet werden, dass sie intraregionale Wissensexternalitäten maximiert und interregionale Wissensexternalitäten minimiert, um Verzerrungen durch räumliche Autokorrelation weitgehend zu vermeiden. Dies schließt die Verwendung von Verwaltungseinheiten wie Kreise, Regierungsbezirke, NUTS II Regionen und Bundesländer aus, da diese auf historisch-politischen Gegebenheiten beruhen und nicht die aktuellen wirtschaftlichen Verflechtungen in einer Region widerspiegeln. Die Verwendung solcher administrativen Einheiten führt zu künstlicher Autokorrelation zwischen den beobachteten Regionen, da zusammenhängende Wissensgebiete künstlich unterteilt werden (Anselin, 1988). Ein weiteres

Problem besteht darin, dass die Verwendung administrativer Einheiten üblicherweise verwendete Beziehungsgrößen verzerrt. So ist z.B. das erwirtschaftete Bruttoinlandsprodukt pro Kopf in einer kreisfreien Stadt nicht von den Einwohnern der Stadt, sondern auch von Pendlern aus dem Umland abhängig. Die Verwendung von Kreisen und ähnlichen Verwaltungseinheiten führt zu einer systematischen Überschätzung von Städten und zu einer systematischen Unterschätzung des Umlands (Eckey, Kosfeld, & Türck, 2006). Dies würde insbesondere die vorliegende Untersuchung verzerren, da Universitäten gemeinhin in urbanen Zentren (z.B. kreisfreien Städten) liegen.

Eine weitere Option wäre die Bildung von Funktionsregionen (z.B. Raumordnungsregionen) durch die Zusammenfassung von Kreisen eines gemeinsamen Wirtschaftsraums zu größeren Einheiten. Dieses Vorgehen verbindet mehrere Vorteile miteinander. Zum einen werden durch die Zusammenfassung der Regionen auf Grundlage wirtschaftlicher Zusammenhänge die damit korrespondierenden intraregionalen Wissensexternalitäten berücksichtigt. Zudem gelingt eine „kreisstarke“ Abgrenzung dieser Gebiete, so dass die vom Statistischen Bundesamt auf Kreisebene vorliegenden Statistiken aggregiert werden können als Datengrundlage genutzt werden können. Darüber hinaus könnten mögliche wirtschafts- und technologiepolitische Maßnahmen, die aus regionalökonomischen Erkenntnissen abgeleitet werden, durch die kreisstarke Zuordnung zielgenau gesteuert werden. Die angesprochenen Raumordnungsregionen (ROR) wurden zwar auf Grundlage der oben genannten Maßgaben entwickelt, eignen sich aktuell aber nicht mehr als Untersuchungsgrundlage. Die Einteilung der ROR für Westdeutschland erfolgte 1981, für Ostdeutschland 1991, dementsprechend sind die Grundannahmen der Aggregation veraltet. Die ROR dienen als Planungsregionen für die einzelnen Bundesländer: Obwohl sie aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen zusammengefasst wurden, besteht die Gefahr, dass politische Interventionen der Raumplanung die grundlegenden Zusammenhänge verändert haben. Die Abgrenzung der ROR ist aufgrund der föderalen Struktur der Bundesrepublik länderscharf an den Grenzen der Bundesländer orientiert und zerschneidet damit zusammenhängende Wissensgebiete (z.B. Ulm und Neu-Ulm als Standort medizinisch-pharmazeutischer Industrie).

Eine Alternative zu Raumordnungsregionen stellen sogenannte Arbeitsmarktregionen dar. Arbeitsmarktregionen (AMR) bilden die Verflechtungen von Pendlerbeziehungen zwischen verschiedenen Kreisen ab und fassen diese Kreise so zusammen, dass die Pendlerbewegungen innerhalb der AMR maximiert, und gleichzeitig die Ein- und Auspendler zwischen AMR minimiert werden. Eine AMR stellt damit nicht nur einen wirtschaftlichen Arbeitsraum, sondern auch einen soziokulturellen Lebensraum dar. Da die relative Immobilität von Humankapital ein Hauptgrund für die Konzentration innovativer Aktivität bzw. die räumliche Begrenzung von Wissenstransfer ist (Arrow, 1962b; Griliches, 1979; Louri, 1979), und AMR diese Mobilitätsbegrenzung modellieren, stellen sie die optimale regionale Untersuchungs-

ebene der Auswirkung von Wissensexternalitäten dar.¹¹ Darüber hinaus erfüllen sie die Anforderungen der Aktualität, kreisscharfer Abgrenzung (was die aggregierte Verwendung von Kreisdaten und zielgerichtete politische Interventionen ermöglicht), sind unabhängig von föderalen Strukturen und sie liegen für diverse europäische Länder vor (z.B. Großbritannien, Niederlande, Spanien, Italien, Frankreich, Schweden und Deutschland), wodurch internationale Vergleiche und Studien möglich werden. AMR stellen damit für die meisten regional- und arbeitsökonomischen Analysen die relevanten Gebietseinheiten dar (Eckey, Schwengler, & Türck, 2007).

Die in dieser Arbeit verwendete Abgrenzung von Arbeitsmarktregionen geht auf Eckey, Kosfeld und Türck (2006) zurück. Sie beruht im Gegensatz zu konkurrierenden Verfahren (Binder & Schwengler, 2006) auf einer schiefwinkligen Faktorenanalyse, die latente multiple Verbindungen mehrerer Regionen berücksichtigt, so können gemeinsame Pendlerverflechtungen mehrerer Regionen berücksichtigt werden, auch wenn jeweils zwei betrachtete Regionen nur mittlere Verflechtungen aufweisen. Darüber hinaus wird die maximale regionale Ausdehnung einer einzelnen AMR durch die Begrenzung der Pendelzeit berechnet. Dieses Verfahren besitzt zwei zusätzliche Vorteile. Einerseits wird für jede AMR die maximale Pendelzeit als Funktion der Attraktivität berechnet: Je größer das Zentrum und damit die erwarteten Löhne, desto längere Pendelzeiten nehmen Arbeitnehmer in Kauf (Eckey et al., 2006). Andererseits wird die notwendige Pendelzeit durch geographische Gegebenheiten und die vorhandene Infrastruktur begrenzt, so werden implizit auch topographische Barrieren des Wissenstransfers berücksichtigt (vgl. Krugman, 1996).

BIP pro Einwohner in €	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
Kreise (alle)	25329	10143	12125	84955
Kreise (nur Univ.)	28690	14806	13766	77736
AMR Binder et al. (alle)	23834	5583	14135	47451
AMR Eckey et al. (alle)	24514	5146	15461	43903
AMR Eckey et al. (nur Univ.)	25836	5786	16289	43903

Tabelle 6: BIP pro Einwohner verschiedener Gebietsklassifikationen

Tabelle 6 zeigt anhand des BIP pro Einwohner beispielhaft die Wirkung der Zusammenfassung von Kreisen zu AMR jeweils für alle deutschen Kreise und AMR sowie nur für die in dieser Untersuchung betrachteten Universitätsregionen. Während sich die Mittelwerte und Minima der Verteilungen kaum ändern, halbieren sich die Standardabweichungen und

¹¹ Ähnlich argumentieren Audretsch, Lehmann und Warning (2005). Sie rekonstruieren in ihrer Untersuchung auf Grundlage der Verteilung der Distanz von jungen Hochtechnologieunternehmen zur nächsten Universität Grenzen der Mobilität von Humankapital, die der Logik von Arbeitsmarktregionen entspricht.

Maxima im gesamtdeutschen Vergleich. Betrachtet man nur die Universitätsregionen, sinkt die Standardabweichung sogar auf ein Drittel des ursprünglichen Wertes für Kreise. Die Aggregation der vorliegenden Kreisdaten zur funktionalen AMR führt dazu, dass sich die Verteilung normalisiert. Ähnliches gilt für Verzerrungen durch die Mobilität von Humankapital. Streut der Quotient der Mobilität zwischen Arbeits- und Wohnregion auf Kreisebene zwischen 41% (d.h. 59% pendeln in eine andere Region zur Arbeit) und 304% (d.h. ca. zwei Drittel der Arbeitskräfte kommen aus einer anderen Region), so reduziert sich diese Spannweite bei den AMR nach der Klassifikation von Eckey et al. auf 79% bis 127%.

Die Tatsache, dass AMR bzw. Labour Market Regions oder Travel-to-Work-Areas bisher kaum Verbreitung in der regionalökonomischen Forschung gefunden haben, lässt sich nicht durch den Mangel an entsprechenden Klassifikationen erklären. Neben den oben genannten länderspezifischen Abgrenzungen liegt mit der 2003 durch das US Census Bureau eingeführten Gebietsklassifikation der „Metropolitan Division“ eine vergleichbare Abgrenzung als Ergänzung der MSA-Klassifikation für die USA vor, die Europäische Union hat im Rahmen des ESPON-Projekts (European Planning Spatial Observation Network) eine einheitliche Klassifikation für AMR, sogenannte „Functional Urban Areas“ entwickelt (Antikainen, 2005). Vielmehr dürfte die Notwendigkeit der manuellen Aufbereitung statistischer Indikatoren, die nur für Verwaltungseinheiten vorliegen, viele Forscher abgeschreckt haben.

4.4. *Patente als endogene Variable*

Patente werden nur für tatsächliche technische Neuerungen gewährt und der Prozess der Patentierung ist mit erheblichen Kosten für den Patentanmelder verbunden. Es kann also davon ausgegangen werden, dass jedes Patent eine Innovation darstellt, von der sich der Anmelder größere Erträge als die zuvor entstandenen Kosten erhofft.¹² Damit eignen sich Patente als Indikatoren für neues, ökonomisch relevantes Wissen insbesondere für Universitäten, da sie den ökonomisch verwertbaren Anteil der Ergebnisse der Grundlagenforschung repräsentieren. Gegen Patentzahlen als Indikatoren für Innovation und Wissenstransfer werden in der Literatur allerdings mehrere Argumente vorgebracht, die hier kurz diskutiert werden sollen.

Zunächst unterscheiden sich Patente deutlich in ihrer ökonomischen und technischen Bedeutung. Während die meisten (industriellen) Patente rudimentäre Verbesserungen bestehender Produkte und Prozesse darstellen, sind nur wenige patentierte Basisinnovationen für den technologischen Vorsprung und die ökonomische Wertschöpfung verantwortlich. Trajtenberg (1990) illustriert dies an Patenten und Patentzitationen zur Entwicklung der Computertomo-

¹² In Deutschland wurden im Jahr 1999 38% der Patente in Produkten genutzt, 43% wurden (noch) nicht in Produkten genutzt, 19% stellten sogenannte „strategische Patente“ dar, welche angemeldet wurden, um Wettbewerber an Innovationen zu hindern (Höllein & Levermann, 1999). Die erhofften Erträge können sich also auch aus Portfolio- und Wettbewerbsüberlegungen ergeben und müssen nicht zwingend aus der Anwendung der Patente resultieren.

graphie von 1972 bis 1984. Er zeigt unter anderem, dass von 456 Patenten in diesem Zeitraum ca. 45% überhaupt nicht zitiert werden, während 16% der Patente mehr als fünfmal zitiert werden und auf die chronologisch ersten 5% der Patente über 25% aller Zitationen entfallen. Dies dokumentiert, dass der tatsächliche technologische Fortschritt nur auf einem kleinen Anteil der Patente basiert. Patentzitationen sind ebenfalls ein Indikator für den ökonomischen Wert einer Erfindung, es lässt sich zeigen, dass die Anzahl der Patentzitationen der Patente eines Unternehmens seinen Marktwert substanziell beeinflusst (Hall, Jaffe, & Trajtenberg, 2005). Daher wird in der neueren Literatur auf die Wichtigkeit der Gewichtung von Patenten anhand ihrer Zitationen und elaborierter Patentindizes verwiesen (Lanjouw, Pakes, & Putnam, 1996; Lanjouw & Shankerman, 1999). Diese differenzierte Auseinandersetzung mit Innovationsmaßen ist zwar grundsätzlich zu begrüßen, lässt sich in der vorliegenden Untersuchung allerdings nicht realisieren. Zum einen ist die Erhebung differenzierter Patentzitationen mit erheblichen Recherchekosten in kostenpflichtigen Datenbanken verbunden, zum anderen ist eine Erhebung von Patentzitationen nur mit deutlichem zeitlichen Abstand zum Untersuchungsgegenstand möglich, da sonst eine Rechtszensierung der Zitationsdaten vorliegt, die zu deutlichen Verzerrungen der Ergebnisse führt, wie an der frühen Forschung zum Bayh-Dole-Act (R. Henderson et al., 1998; Sampat et al., 2003) bereits in Kapitel drei illustriert wurde. Da eine relevante jährliche Anzahl von deutschen Universitätspatenten aber erst ab dem Jahr 2000 beobachtet werden kann, ist in dieser Untersuchung ein solcher zeitlicher Abstand nicht vorhanden. Stattdessen muss hier angenommen werden, dass die technische und ökonomische Signifikanz eines einzelnen Patents in der Stichprobe einer Zufallsvariable entspricht und dementsprechend bei einer genügend großen Stichprobe die Universitätspatente in der Lage sind, neues technisches und ökonomisch verwertbares Wissen abzubilden (vgl. Basberg, 1987; Scherer, 1965). Ergänzend lässt sich hierzu anführen, dass das durchschnittliche Universitätspatent aufgrund seiner Herkunft aus der Grundlagenforschung einen höheren Innovationsgrad besitzt als das durchschnittliche Industriepatent (Thursby & Thursby, 2002) und die technische Bedeutung von Universitätspatenten zudem weniger streuen dürfte als bei industriellen Patenten. Ähnliche Überlegungen gelten für die potenzielle ökonomische Bedeutung universitärer Patente in Deutschland: Da die gesamten Kosten der Patentierung von der Universität zu tragen sind, ein substanzieller Anteil des Rohertrags dem Erfinder zusteht und diese Kosten aus einem beschränkten Budget finanziert werden, sollten nur solche Universitätserfindungen patentiert werden, die in der Lage sind diese direkten Kosten zu decken (Bartenbach & Hellebrand, 2002; Kirstein & Will, 2006).

Auch wenn sich Patente als Indikatoren eignen, stellt sich die Frage, was genau mit Patenten gemessen wird. Griliches (1990) zeigt in seiner Übersicht über Patente als ökonomische Indikatoren, dass sich Industriepatente nicht als Ergebnis- und Performanzmaße von Unternehmen oder Volkswirtschaften eignen. Dies erscheint intuitiv einleuchtend, da Patente zwar das Ergebnis der F&E-Aktivitäten von Unternehmen darstellen, diese aber am Beginn der

Wertschöpfungskette stehen und von den jeweiligen Unternehmen oder Volkswirtschaften erst in marktfähige Produkte umgesetzt werden müssen, um eine Wertschöpfung zu erzielen. Gleichzeitig lässt sich in Untersuchungen für die USA eine extrem hohe Korrelation ($R=0,9$) zwischen den F&E-Ausgaben von Unternehmen sowohl in Querschnitts- als auch in Längsschnittuntersuchungen nachweisen (Pakes & Griliches, 1984). Anhand aktueller deutscher Patentdaten finden Greif und Schmiedl (2006) eine ähnlich hohe Korrelation ($R=0,95$) der Anzahl der F&E-Beschäftigten und Unternehmenspatente auf Ebene von Raumordnungsregionen. Neuere Untersuchungen zur ökonomischen Relevanz von Unternehmenspatenten konzeptionieren diese dementsprechend als intellektuelles Kapital eines Unternehmens (z.B. Hall et al., 2005). Unternehmenspatente können mit großer Sicherheit als Eingangs- oder Zwischengröße des Wertschöpfungsprozess definiert werden und eignen sich daher zwar als Indikator „innovativer Aktivität“ (Griliches, 1990), nicht aber als Ergebnisgröße.

Universitätspatente stellen aufgrund einer analogen Argumentation eine Ergebnisgröße dar. Sie stehen am Ende der Wertschöpfungskette einer Universität und es existiert keine andere Möglichkeit der Verwertung des Patents als dessen Verkauf oder Lizenzierung. Darüber hinaus ist die Produktion von Patenten nicht die primäre Zielfunktion der beteiligten Forscher, vielmehr werden zusätzlicher Arbeitsaufwand, Kosten der Patentierung und ggf. Opportunitätskosten durch Verzicht auf wissenschaftliche Publikation in Kauf genommen. Universitätspatente sind für die Universitäten und Forscher teure Signale, welche sowohl die Existenz ökonomisch verwertbaren Wissens als auch das Interesse an dessen Verwertung signalisieren (Gallini & Wright, 1990; Spence, 2002). Die Verwendung von Universitätspatenten als Ergebnisgröße hat sich nicht nur in der Literatur zu universitärem Technologietransfer eingebürgert (z.B. Bercovitz, Feldman, Feller, & Burton, 2001; Carlsson & Fridh, 2002; Coupe, 2003; R. A. Jensen & Thursby, 2001; Payne & Siow, 2003; Thursby, Jensen, & Thursby, 2001), sondern es hat sich eine eigenständige Literatur zur Untersuchung von Universitätspatenten herausgebildet (z.B. Geuna & Nesta, 2006; Mazzoleni, 2006; Owen-Smith & Powell, 2003; Shane & Somaya, 2007).

Der dritte und größte Kritikpunkt an der Verwendung von Patenten als Indikatoren für Innovation liegt darin, dass nicht alle Innovationen patentierbar sind und nicht alle patentierbaren Innovationen patentiert werden. Einerseits kann Wissen durch Geheimhaltung oder Wettbewerbsvorsprung geschützt werden, andererseits unterscheiden sich die Möglichkeiten und Notwendigkeiten der Patentierung über verschiedene Technologien und Branchen hinweg (Basberg, 1987; Griliches, 1990; Shane, 2004). Die Tatsache, dass Patente nur einen kleinen Teil von Innovationen abbilden, führt regelmäßig zu der Vermutung, dass diese nicht als Indikatoren für Innovation geeignet sind, obwohl bereits früh Belege für deren Reliabilität auf überregionaler Ebene (Acs et al., 1992) und Branchenebene (Acs & Audretsch, 1989) vorlagen. Als alternative Kenngröße für die Innovationstätigkeit der Industrie bieten sich tatsächliche Produktinnovationen an. Diese sind aber nur durch manuelle Recherche in

industriellen Fachzeitschriften zu erheben und sind ebenfalls fehlerbehaftet, da auch hier Unternehmen Innovationen aus Wettbewerbsgründen verschweigen können, keine Pressemeldungen herausgeben oder die Innovationen von Redakteuren schlichtweg übersehen werden. Aufgrund des großen Aufwands existiert bis dato nur ein Datensatz aus dem Jahr 1982 für die USA, der durch die dortige Small Business Administration erhoben wurde. Die Forschung, die auf diesem Datensatz basiert, untersucht hauptsächlich regionale Wissensexternalitäten und kommt im Großen und Ganzen zu vergleichbaren Ergebnissen wie die patentbasierte Literatur (Acs & Audretsch, 1988; Anselin et al., 1997; Feldman & Audretsch, 1996). Um den naheliegenden Analogieschluss zu überprüfen, dass Universitäts- und Industriepatente, insbesondere auf regionaler Ebene, geeignete Indikatoren für Innovationen sind, vergleichen Acs, Anselin und Varga (2002) verschiedene Modelle einer regionalen Wissensproduktionsfunktion auf Basis von Produktinnovationen und Patenten. In allen getesteten Modellvarianten verhalten sich Patente und Produktinnovationen sehr ähnlich und führen zu vergleichbar guten Regressionsergebnissen. Daraus lässt sich ableiten, dass Patente, auch wenn sie nicht alle möglichen Innovationen in einer Region abdecken, als Maß für innovative Tätigkeit geeignet sind (Acs et al., 2002) und obwohl Universitätspatente nur einen Teil der Wissenstransferaktivitäten neben Beratungs- und Forschungsaufträgen abbilden, können Sie so als Maß für Wissenstransferaktivitäten von Universitäten eingesetzt werden.

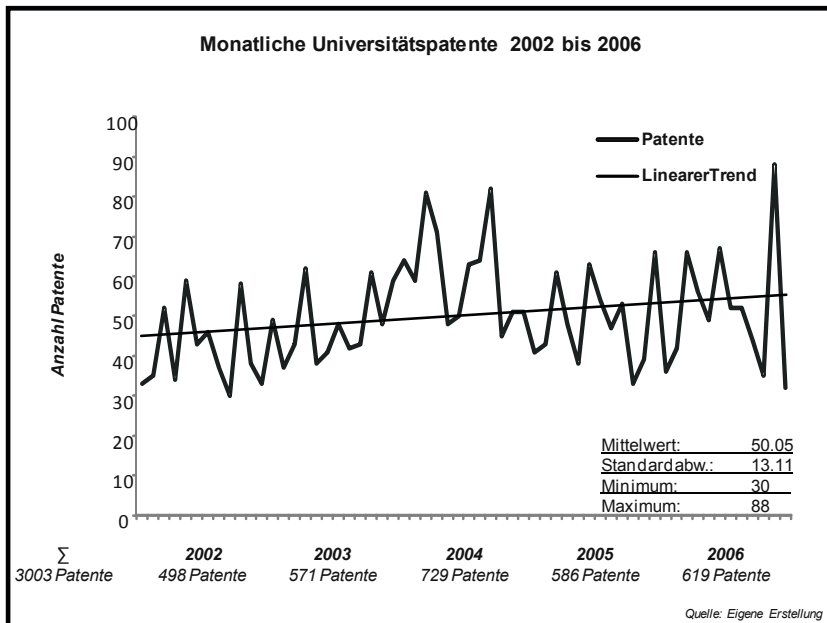


Abbildung 5: Universitätspatente 2002 bis 2006 pro Monat

Die vorliegende Untersuchung nutzt die Summe der im Zeitraum 2002 bis 2006 veröffentlichten Universitätspatente, welche durch Recherche in der öffentlichen Patentdatenbank des deutschen Patentamtes (www.depatrisnet.de) gewonnen wurden. Diese Art der Operationalisierung ist notwendig, um einerseits eine genügend große, zufallsverteilte Stichprobe zu garantieren und andererseits unbeobachtete Heterogenität in den Daten zu berücksichtigen. Wie Abbildung 5 zeigt, ist die durchschnittliche Anzahl von Universitätspatenten pro Monat in diesem Zeitraum mit ca. fünfzig Patenten relativ konstant, die tatsächlichen Werte variieren jedoch beträchtlich um den Mittelwert. Dies kann verschiedene Gründe haben, die auf Grundlage der vorhandenen Daten nicht beobachtbar sind. Die beiden Spitzen im Jahr 2004 könnten z.B. aus der Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs (ArbEG, 2002) resultieren (vgl. Kapitel drei), es könnten aber auch saisonale Tendenzen wie Ferienzeiten oder Arbeitsbelastung der Mitarbeiter des Patentamts in den Daten enthalten sein.

So zeigt Griliches (1990), dass die Anzahl von US-Patenten in den 1970er Jahren eine Funktion des Personalbudgets des US-Patentamtes ist. Universitätspatente sind darüber hinaus Ergebnis von langfristig finanzierter Grundlagenforschung, es ist nicht anzunehmen, dass eine kurzfristige, jährliche Relation zwischen z.B. Höhe des Budget und Patentzahl besteht, wie sie für die Industrie gezeigt werden kann (Pakes & Griliches, 1984). Universitätspatente sind, bezogen auf einzelne Forscher oder Projektgruppen seltene und unwahrscheinliche Ereignisse, da sie nicht zur originären Zielfunktion der Forschung gehören (Dasgupta & David, 1994). Da die Daten im Rahmen der Erhebung eines größeren Datensatzes zu universitärem Technologietransfer erhoben wurden, wurde der spezifische Zeitraum in Abhängigkeit der Verfügbarkeit exogener Variablen, insbesondere industrieller Innovation und Eigenschaften von Universitäten (vgl. Kapitel fünf), gewählt.

4.5. *Operationalisierung regionaler Effekte*

Die in Abschnitt 4.2 diskutierten regionalen Einflüsse auf universitären Technologietransfer lassen sich in vier Untersuchungsbereiche einteilen: Die industrielle Konzentration, die Aufnahmefähigkeit der Industrie für neues Wissen, die Rolle unternehmensnaher Dienstleister und regionales Entrepreneurship. Die industrielle Konzentration zerfällt ihrerseits in unspezifische, intraindustrielle und interindustrielle Konzentrationseffekte.

Als Indikator für unspezifische Konzentrationseffekte wird die *Bevölkerungsdichte* (Einwohner pro Quadratkilometer) als traditionelles Maß der Urbanisierungsforschung (Glaeser, 1999; Glaeser et al., 1992; Glaeser et al., 1995; J. V. Henderson, 1986) verwendet. Um für die von Henderson identifizierten Übervölkerungseffekte zu kontrollieren, werden zusätzlich quadratische und kubische Terme der Bevölkerungsdichte mit einbezogen.

Der Berechnung aller Maße zur spezifischen Industriekonzentration wurde die Klassifikation der Wirtschaftszweige des statistischen Bundesamtes in der Version von 2003 (WZ 2003)

zugrunde gelegt. Diesem Klassifikationssystem folgen alle amtlichen Statistiken in Deutschland, es ist kompatibel zur statistischen Systematik der europäischen Gemeinschaft (NACE) und der internationalen Klassifikation der vereinten Nationen (ISIC), nicht aber zur US-Systematik (SIC). Für diese existieren allerdings Konkordanztabellen des U.S. Census Bureau (DESTATIS, 2003). Damit ist eine Vergleichbarkeit der Daten mit internationalen Studien sichergestellt. Bei allen im Folgenden verwendeten Verhältniszahlen dient die Anzahl der Beschäftigten in einer Branche des verarbeitenden Gewerbes als Berechnungsgrundlage. Diese wurden der Regionalstatistik des statistischen Bundesamtes entnommen (DESTATIS, 2006). Das verarbeitende Gewerbe (WZ 2003, Abschnitt D) „umfasst die mechanische, physikalische oder chemische Umwandlung von Stoffen oder Teilen in Waren“ (DESTATIS, 2003, p. 169), es ist auf erster Ebene in 23 Abteilungen aufgeteilt. Diese werden um weitere Abteilungen bzw. Unterabteilungen anderer Abschnitte ergänzt, sofern in diesen Branchen Patente existieren. Damit werden insgesamt 28 Branchen, in denen die Entwicklung neuer Technologien und technischer Innovationen Teil des Wertschöpfungsprozess sind, abgebildet. Dies umfasst auch immaterielle und geistige Werke wie Informationen, Software und Texte, sowie technische Dienstleistungen (z.B. die Instandhaltung von Maschinen).

Die erste Variable zur Überprüfung von industriellen Wissensexternalitäten ist der *Anteil der dominanten Branche*. Diese Variable wird gebildet, indem in jeder Region die Branche mit der größten Zahl von Beschäftigten ermittelt wird und diese dann durch die Gesamtzahl der Beschäftigten dividiert wird. Es ist zu erwarten, dass diese Variable positiv mit MAR-Externalitäten positiv korreliert, nicht aber mit interindustriellen Externalitäten. Weiterhin werden verschiedene Konzentrationsmaße für die industrielle Konzentration berechnet. Die *relative Branchenkonzentration* als Maß für die Ungleichverteilung der industriellen Konzentration wird als normierter Gini-Koeffizient (Bamberg & Baur, 1996, p. 26 ff.) berechnet. Dieser Indikator könnte bei einem positiven Zusammenhang auf die Existenz von MAR-Externalitäten hinweisen, bei negativem Zusammenhang auf interindustrielle Effekte. Um mögliche Verzerrungen im normierten Gini-Koeffizienten aufgrund einer Vielzahl marginaler Branchen in einer Region zu kontrollieren, wird zusätzlich der normierte Gini-Koeffizient der fünf größten Branchen (*relative Branchenkonzentration Top 5 Branchen*) erhoben (vgl. Audretsch & Feldman, 1996).

Darüber hinaus wird eine Variable *absolute Branchenkonzentration* auf Grundlage des Exponentialindex (Bamberg & Baur, 1996, p. 29) verwendet. Im Gegensatz zum weiter verbreiteten Herfindahl-Index gewichtet der Exponentialindex große und kleine Merkmals-träger gleich und besitzt eine direkte Beziehung zum inversen Konzentrationsmaß der Entropie ($\text{Entropie} = -\ln(\text{Exponentialindex})$) und kann damit als absolutes Konzentrationsmaß ebenfalls intraindustrielle Effekte (positive Korrelation) und interindustrielle Effekte (negative Korrelation) abbilden.

Um weiterhin trennscharfe Effekte abzubilden, die sich aus der Diversität der regionalen Industrie – und dadurch ermöglichten interindustriellen Spillovers – ergeben, wird die Anzahl verschiedener Branchen (*Anzahl Branchen*) ebenfalls als mögliche Variable mit einbezogen, nichtlineare Effekte, die sich aus einer zu großen Diversität ergeben, werden auch hier durch das Quadrat der Variable abgebildet.

Bisherige Studien betrachten intra- und interindustrielle Externalitäten als exklusiv und berücksichtigen daher nur Variablen, die entweder die einen oder anderen Effekte abbilden. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass weder interindustrielle noch intraindustrielle Effekte dominieren, sondern die Externalitäten aus einem besonders geeigneten Verhältnis von Konzentration und Diversität entstehen. Daher werden zusätzlich zwei Interaktionsvariablen gebildet, die in der Lage sind, dieses Austauschverhältnis darzustellen. Aus den relativen und absoluten Konzentrationsmaßen und der Anzahl regionaler Branchen werden folgende Variablen gebildet: *Industrielle Balance I* (= relative Branchenkonzentration*Anzahl Industrien) und *Industrielle Balance II* (= absolute Branchenkonzentration*Anzahl Industrien). Der Wert dieser Variablen steigt bei gleichzeitiger hoher Branchenkonzentration und der Existenz vieler verschiedener Branchen in der Region.

Zur Prüfung der Aufnahmefähigkeit der Industrie für neues universitäres Wissen wird in der Literatur zu universitärem Technologietransfer als Maß für die regionale Produktivität das Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner (*BIP/Kopf*) vorgeschlagen (Coupe, 2003; Siegel, Waldman, Atwater, & Link, 2003). Neben diesem ökonomischen Standardindikator wird alternativ die Bruttowertschöpfung der Industrie pro Einwohner (*BWS Industrie/Kopf*) verwendet. Da sich alle anderen verwendeten Konzentrations- und Innovationsmaße ebenfalls auf die Basis des produzierenden Gewerbes beziehen, können so mögliche Verzerrungen ausgeglichen werden. Eine weitere Variable, die gleichzeitig als Kontrollvariable für die industrielle Produktivität und als Indikator für die Präsenz von Dienstleistern in der Region dient, ist *BWS/Services/Kopf*. Sie bildet die Bruttowertschöpfung des Sektors „Finanzierung, Vermietung und Unternehmensdienstleistungen“ ab. Zusätzlich wird für den *Anteil Erwerbstätiger* in der Region kontrolliert, um Einflüsse der Bevölkerungsstruktur (z.B. Alter) und Arbeitslosenquote gleichzeitig zu berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass zwischen *BIP/Kopf*, *BWS Services/Kopf* und *Anteil Erwerbstätiger* sehr hohe Korrelationen bestehen (wie die Korrelationsmatrix in Tabelle 9 zeigt) und diese deshalb in Regressionsmodellen nur alternativ eingesetzt werden können, um Verzerrungen durch Multikollinearitäten zu vermeiden (vgl. Kennedy, 2003, p. 205 ff.).

Ein zweiter Indikator für die Aufnahmefähigkeit neuen Wissens ist die Innovationskraft der Industrie. Zur Operationalisierung dieser Variable werden in der Literatur neben Ergebnisgrößen wie der Anzahl Produktinnovationen auch Eingangsgrößen wie z.B. F&E-Ausgaben, F&E-Beschäftigte, sowie intermediäre Größen wie Patentzahlen diskutiert (vgl. Griliches,

1990). In dieser Untersuchung wird der Bestand aktiver Industriepatente als Indikator verwendet, da diese Daten aus dem Patentatlas Deutschland (Greif & Schmiedl, 2006) flächendeckend und branchenspezifisch als Vollerhebung verfügbar sind und mit den genannten Eingangsgrößen auf regionaler Ebene hochkorreliert sind. Daten zu Produktinnovationen als Ergebnisgrößen existieren hingegen nicht, während die anderen Eingangsgrößen nur als Stichprobenuntersuchungen zur Verfügung stehen.

Die Operationalisierung regionalen Entrepreneurships erfolgt über zwei Variablen, die ebenfalls der Regionalstatistik 2006 des statistischen Bundesamtes entnommen wurden. Der Bestand an regionalem Entrepreneurship (*Anteil Entrepreneure*) wird über den Anteil Selbstständiger an der Gesamtbevölkerung und der Zuwachs über die Anzahl der Gewerbeanmeldungen pro tausend Einwohner (*Gewerbeanmeldungen*) operationalisiert.

Es ist anzunehmen, dass die Anzahl der Patente einer Universität nicht ausschließlich von Eigenschaften der Region abhängt, sondern vor allem von Eigenschaften der Universität selbst. Solche Eigenschaften könnten z.B. die Größe der Universität, das Forschungsbudget, die Qualität der Forscher oder das Vorhandensein bestimmter Fachbereiche sein (vgl. Warning, 2007). Da diese Untersuchung spezifisch regionale Einflüsse untersucht, soll die Anzahl der Kontrollen für Eigenschaften der Universität möglichst klein gehalten werden. Daher wird hier nur für das Vorhandensein besonders patentintensiver Fachbereiche kontrolliert. Untersuchungen zum universitären Technologietransfer kontrollieren für die Existenz medizinischer Fachbereiche (z.B. Azagra-Caro et al., 2006; Carlsson & Fridh, 2002; Chapple et al., 2005; Friedman & Silberman, 2003), welche aufgrund ihrer Kooperation mit der pharmazeutischen Industrie (Produktentwicklung, klinische Studien) einen signifikanten Einfluss auf die Transferaktivitäten von Universitäten haben können. Als Kontrollvariable hierfür wird eine Dummyvariable *Medizinfakultät* genutzt, die den Wert 1 annimmt, falls die Universität über eine medizinische Fakultät verfügt. Analog dazu wird für Ingenieursfakultäten kontrolliert (*Ingenieursfakultät*), die wegen ihrer Technologieorientierung und der deutschen Maschinenbautradition besonders intensiv patentieren (vgl. z.B. Audretsch & Lehmann, 2005a; Elfenbein, 2007; Lach & Shankerman, 2003; Renault, 2006).

Eine weitere deutsche Besonderheit ist die Wiedervereinigung der BRD mit der DDR. Denn zwischen West und Ost bestehen deutliche strukturelle Unterschiede in der regionalen Produktivität und Bevölkerungsdichte (Baldini et al., 2006 kontrollieren in ähnlicher Weise für Unterschiede zwischen Nord- und Süditalien), in der DDR kein Hochschullehrerprivileg existierte und die Förderung besonders anwendungsorientierter Forschung nicht nur der Produktivitätserhöhung im Sozialismus, sondern auch als Prestigeobjekt diente, konnten sich entsprechende Organisationsstrukturen und patentfreundliche Kulturen herausbilden (Götting & Schipps, 2004, p. 24 ff.). Hierfür wird eine Dummyvariable (*Ostdeutschland*) eingeführt.

Variable	Regionen	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
Bevölkerungsdichte	Alle	359.5129	330.4382	80.92609	1667.684
Bevölkerungsdichte	Ost	173.9355	64.29872	83.30579	270.7143
Bevölkerungsdichte	West	308.6123	184.4417	80.92609	768.1508
BIP pro Kopf inTsd. €	Alle	25.83601	5.786335	16.28873	43.90268
BIP pro Kopf inTsd. €	Ost	20.2615	1.724922	16.28873	22.47753
BIP pro Kopf inTsd. €	West	27.20335	5.611693	17.48055	43.90268
Uni-Patente '81 - '06	Alle	88.77273	155.2153	1	838
Uni-Patente '81 - '06	Ost	208.6923	291.3976	5	838
Uni-Patente '81 - '06	West	59.35849	77.73354	1	412

Tabelle 7: Vergleich Ost und West anhand ausgewählter Variablen

Deutliche Unterschiede zwischen Ost und West zeigen sich in Tabelle 7 hinsichtlich der Bevölkerungsdichte und der kumulierten Anzahl an Universitätspatenten. Die regionale Produktivität weicht nicht besonders stark vom gesamtdeutschen Schnitt ab, bewegt sich aber im unteren Drittel der Verteilung. Eine Übersicht über die Variablen und einige deskriptive Statistiken enthält Tabelle 8.

Die Summe der Universitätspatente 2002 bis 2006 als endogene Variable streut stark, da die Patentierungsaktivität beträchtlich zwischen Universitäten differiert. Bei einigen Universitäten wurde im gesamten Zeitraum nur ein Patent angemeldet (Lüneburg, Osnabrück, Trier), während die TU Dresden im selben Zeitraum 387 Patente anmeldete. Bei den Kontrollvariablen für Universitätseigenschaften zeigt sich, dass jeweils etwas mehr als die Hälfte der Universitäten Medizin- und Ingenieursfakultäten besitzt. Nur die ca. 20% größten Universitäten haben beide Fakultäten, die Variablen können daher als Indikatoren für spezielle Fachbereiche gelten und stellen nicht nur reine Größenindikatoren dar.

Die Patente der regionalen Industrie streuen noch stärker als die Universitätspatente und weisen damit auf gravierende Unterschiede in der Innovationskraft einzelner Regionen hin. Die Arbeitsmarkregion Stuttgart ist die einzige Region mit mehr als 4000 Patenten, Schlusslicht bildet die Region Greifswald mit weniger als 20 Patenten. Bei den Produktivitätsvariablen (BIP, BWS) ist im Gegensatz dazu eine deutlich kleinere Streuung zu beobachten. Ähnliches gilt für die Bevölkerungsdichte mit Ausnahme des Ruhrgebiets, dessen Regionen als einzige eine Bevölkerungsdichte über 1000 Einwohner pro Quadratkilometer aufweisen. Die verschiedenen Variablen zur Konzentration und Diversität dokumentieren deutliche regionale Unterschiede in der Branchenkonzentration, während sowohl der Bestand an Entrepreneuren als auch neue Gewerbeanmeldungen recht gleichmäßig verteilt sind.

Variable	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
<i>Uni-Patente 2002 – 2006</i>	45.44	59.23	1.00	387.00
Medizinfakultät (Dummy)	0.52	0.50	0.00	1.00
Ingenieursfakultät (Dummy)	0.56	0.50	0.00	1.00
Industriepatente 2005	712.02	1 011.76	19.10	4 630.69
BIP/Kopf	25.84	5.79	16.29	43.90
BWS Industrie/Kopf	6.90	2.31	2.28	13.24
BWS Services/Kopf	6.60	2.58	3.72	16.12
Bevölkerungsdichte	359.51	330.44	80.93	1 667.68
Anteil dominante Branche	0.31	0.15	0.18	0.77
Rel. Branchenkonz.	0.58	0.11	0.32	0.84
Rel. Konz. Top 5 Branchen	0.34	0.16	0.10	0.80
Abs. Branchenkonz. I	0.15	0.09	0.08	0.50
Anzahl Branchen	13.44	3.93	3.00	20.00
Industrielle Balance I	7.66	2.45	2.09	13.05
Industrielle Balance II	23.08	67.77	7.88	560.51
Anteil Entrepreneure	0.05	0.01	0.04	0.08
Gewerbeanmeldungen	9.01	1.17	6.78	12.62
Ostdeutschland (Dummy)	0.20	0.40	0.00	1.00

Tabelle 8: Deskriptive Statistiken zu Variablen der Regionalmodelle

Tabelle 9 stellt die Korrelationen der Variablen dar. Die endogene Variable weist kaum Korrelationen mit den exogenen Variablen auf. Bis auf wenige Ausnahmen existieren auch zwischen den exogenen Variablen nur moderate Korrelationen. Interessant ist, dass die regionalen Dienstleistungen (BWS Service/Kopf) positiv sowohl mit der regionalen Innovationskraft (Industriepatente), als auch mit den Variablen für Entrepreneurship und mit der industriellen Balance korreliert ist. Dies deutet auf die Rolle dieser Intermediäre für regionale Innovation und Unternehmensgründung hin. Ebenso weisen die Konzentrationsvariablen die erwarteten Korrelationen auf. Der Anteil der dominanten Branche ist mit allen Konzentrationsmaßen positiv korreliert, teilweise sehr hoch. Gleichzeitig ist die Korrelation mit den Diversitätsmaßen eindeutig negativ. Dies kann als Indikator für die Trennschärfe von Konzentrations- und Diversitätsmaßen dienen. Die *Industrielle Balance I* ist negativ mit dem Anteil der dominanten Branche und positiv mit der Anzahl der Branchen korreliert, während keine ausgeprägten Korrelationen mit den anderen Konzentrationsmaßen vorliegen. Sie ist damit nur relevant von diesen beiden Variablen beeinflusst, nicht aber von anderen Konzentrationsmaßen.

(1)	<i>Uni-Patente 2002 bis 2006</i>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
(2)	BIP/Kopf	-0.06												
(3)	BWS Industrie/Kopf	-0.04	<i>0.71</i>											
(4)	BWS Services/Kopf	-0.03	0.92	0.43										
(5)	Industrie- patente	0.17	<i>0.64</i>	0.42	<i>0.68</i>									
(6)	Anteil dom. Branche	0.09	0.10	0.24	-0.02	0.24								
(7)	Relative Branchenkonz.	-0.04	0.41	0.38	0.31	0.34	<i>0.72</i>							
(8)	Absolute Branchenkonz.	-0.02	0.05	0.31	-0.07	0.04	0.39	0.19						
(9)	Relative Konz. Top5	0.09	0.12	0.23	0.02	0.24	0.93	<i>0.79</i>	0.29					
(10)	Anzahl Branchen	-0.09	0.18	-0.05	0.29	0.05	-0.75	-0.20	-0.34	<i>-0.59</i>				
(11)	Industrielle Balance I	-0.14	0.39	0.17	0.45	0.14	-0.40	0.29	-0.26	-0.20	0.87			
(12)	Industrielle Balance II	-0.07	0.48	<i>0.53</i>	0.36	0.40	<i>0.59</i>	0.92	0.20	0.71	-0.10	0.36		
(13)	Anteil Entrepreneure	-0.09	<i>0.57</i>	0.37	<i>0.54</i>	0.32	-0.03	0.06	0.12	-0.05	0.13	0.15	0.11	
(14)	Gewerbe anmeldungen	0.01	0.49	-0.06	<i>0.68</i>	0.43	-0.07	0.19	-0.13	0.03	0.31	0.39	0.20	0.47

Bravais-Pearson Korrelationskoeffizienten. Korrelationen > 0.5 kursiv, > 0.8 fett

Tabelle 9: Korrelationsmatrix zu Variablen der Regionalmodelle

4.6. *Analyse regionaler Einflüsse auf universitären Wissenstransfer*

Die Auswirkungen regionaler Eigenschaften werden in den folgenden Abschnitten empirisch untersucht. Dazu wird zunächst in jedem dieser Unterabschnitte das relevante Argument aus der Literatur kurz rekapituliert und als Hypothese formuliert, welche dann empirisch überprüft wird. Begonnen wird dabei mit allgemeineren, relativ voraussetzungslosen Argumenten. Soweit sich in den einzelnen Tests signifikante Zusammenhänge finden, werden diese als Kontrollvariablen in den folgenden Modellen berücksichtigt.

Zur Analyse des postulierten Einflusses regionaler Faktoren auf universitären Technologietransfer ist zunächst ein geeignetes Schätzverfahren auszuwählen. Das lineare Regressionsmodell ist in diesem Fall nicht anwendbar, da die endogene Variable mehrere wichtige Grundannahmen des Modells verletzt (vgl. Kennedy, 2003): Die Anzahl der Universitätspatente im Zeitraum 2002 bis 2006 ist keine stetige Variable, ebenso kann keine Normalverteilung der Variablen angenommen werden, wie die in Abbildung 6 illustrierte Häufigkeitsverteilung zeigt. Das Histogramm deutet vielmehr darauf hin, dass eine geringe Anzahl Patente pro Universität sehr viel wahrscheinlicher ist als eine große Anzahl. Dies deutet auf eine poissonverteilte Variable hin (Long, 1997). Deshalb wird, analog zur Argumentation im dritten Kapitel, das negativ-binomiale Regressionsmodell verwendet. Ebenso erfolgt die Einschätzung von Validität und Güte anhand der dort eingeführten Kriterien des Linktest und des BIC, einzig der Erklärungsgehalt wird hier nicht anhand von McFaddens- R^2 beurteilt, sondern anhand des Maximum-Likelihood- R^2 nach Nagelkerke. Das ML- R^2 ist kein Maß für die erklärte Varianz, sondern gibt die Verbesserung des geschätzten Modells im Vergleich zum Nullmodell an. Der Wert des ML- R^2 liegt bei 0, sofern die Modelle die gleiche Aussagekraft haben, und bewegt sich Richtung 1, wenn das geschätzte Modell eine höhere Erklärungskraft hat als die univariate Regression. Werte ab 0,2 gelten als ausreichend spezifiziert, Werte ab 0,4 als gut (Long & Freese, 2006, p. 109f.). Grund für den Austausch dieses Kriteriums ist, dass das ML- R^2 in den folgenden Modellen die Unterschiede zwischen den Modellen deutlicher darstellt als McFaddens- R^2 .

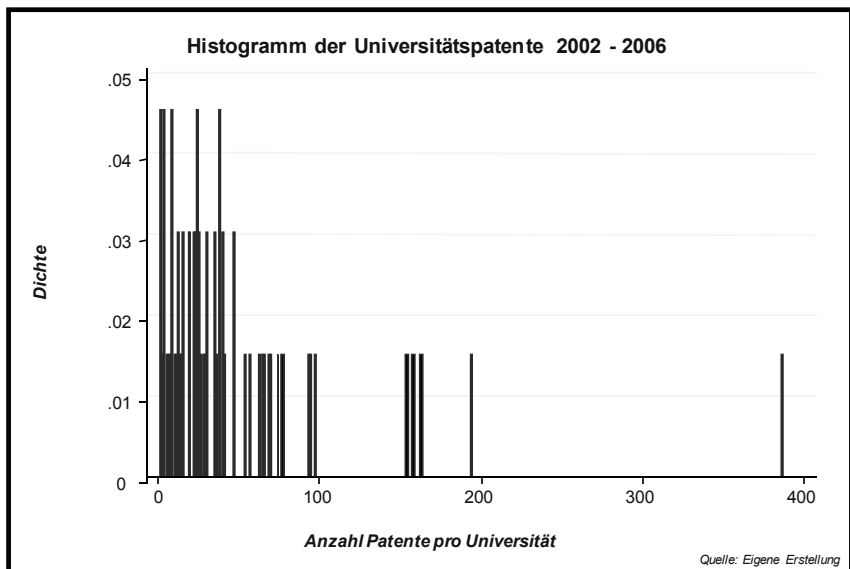


Abbildung 6: Histogramm der Universitätspatente 2002 – 2006

Aufnahmefähigkeit der regionalen Industrie für universitäres Wissen

Die Möglichkeiten regionalen universitären Wissenstransfers sind durch die Wissensaufnahmekapazität der regionalen Industrie begrenzt. Diese Begrenzung lässt sich in zwei Aspekte unterteilen:

1. Die Fähigkeit, universitäre Innovation zu verstehen und in die eigenen Wertschöpfungsprozesse mit einzubauen.
2. Das Vorhandensein genügender finanzieller Ressourcen, um Innovationen in neue Prozesse und Produkte umsetzen zu können.

Je technologieintensiver und innovativer die regionale Industrie ist, desto mehr gut ausgebildetes und spezifisches Humankapital wird benötigt. Dies führt zum einen dazu, dass die Universität als Lieferant regionalen Humankapitals eine wichtige Rolle als Ausbildungseinrichtung übernimmt und gleichzeitig Wissensaustausch über persönliche Kontakte zwischen Absolventen und Dozenten wahrscheinlicher wird. Zum anderen vereinfacht das Vorhandensein hohen fachspezifischen Humankapitals in der Industrie die Kommunikation zwischen Unternehmen und Universität sowie sich die Aufnahmefähigkeit der Unternehmen für neues Wissen erhöht. Ein Maß für Technologieintensität und Innovationskraft der Industrie ist die Anzahl industrieller Patente in der Region.

Hypothese 1: *Das Ausmaß universitären Wissenstransfers hängt von der Innovationskraft der regionalen Industrie ab.*

Neben dem „Innovationskapital“ einer Industrie müssen auch entsprechende finanzielle Ressourcen zur Verfügung stehen. Je produktiver die Industrie ist, umso mehr Ressourcen zur Investition in Forschung und Entwicklung stehen ihr zur Verfügung. Die Kapazität zur Wissensverarbeitung der Industrie hängt nicht nur von der aktuellen Innovationskraft ab, sondern auch davon, welche Mittel zur Reinvestition in Forschung und Entwicklung zur Verfügung stehen. Innovation und Produktivität sind nicht unabhängig voneinander, das zeigen die Korrelationen in Tabelle 9. Es stellt sich allerdings die Frage, ob industrielle Produktivität allein ausreicht, um universitären Wissenstransfer durch „Zukauf“ universitärer Innovationen zu fördern.

Hypothese 2: *Das Ausmaß universitären Wissenstransfers hängt von der Produktivität der regionalen Industrie ab.*

Die in Tabelle 10 dargestellten Modelle testen die als Hypothese 1 und 2 formulierten Zusammenhänge. Die Kontrollvariablen zeigen in allen Modellen wie erwartet hochsignifikant positive Effekte. Die ersten beiden Modelle (I, II) verwenden zwei verschiedene Operationalisierungen (*BIP/Kopf*, *BWS Industrie/Kopf*) für die Produktivität regionaler Industrie, Modell

(III) überprüft den Einfluss der regionalen Innovation und das letzte Modell (IV) prüft den gemeinsamen Effekt von Produktivität und Innovation, da diese nicht unabhängig voneinander sind. Sowohl das *BIP/Kopf* als auch die *BWS Industrie/Kopf* üben keinen signifikanten Einfluss auf den universitären Technologietransfer aus, allerdings zeigen beide das erwartete positive Vorzeichen. Modell (I) ist darüber hinaus durch die Verwendung des *BIP/Kopf* eindeutig – wie zuvor bereits vermutet – verzerrt und nicht valide.

<i>Endogene Variable:</i>				
<i>Uni-Patente 2002 - 2006</i>	(I)	(II)	(III)	(IV)
BIP/Kopf	0.0224 (0.026)			
BWS Industrie/Kopf		0.0858 (0.069)		0.0245 (0.060)
Industriepatente 2005			0.0003 ** (0.000)	0.0003 * (0.000)
Medizinfakultät (Dummy)	1.0882 *** (0.251)	1.1346 *** (0.241)	1.0803 *** (0.232)	1.0921 *** (0.239)
Ingenieursfakultät (Dummy)	0.8243 *** (0.257)	0.8190 *** (0.244)	0.7347 *** (0.241)	0.7440 *** (0.235)
Ostdeutschland (Dummy)	0.7234 ** (0.323)	0.7894 *** (0.295)	0.7076 *** (0.272)	0.7563 *** (0.277)
Konstante	1.8979 ** (0.742)	1.8409 *** (0.537)	2.3038 *** (0.276)	2.1278 *** (0.464)
$\hat{y}^b$	4.2545 ** (1.673)	3.2995 ** (1.620)	3.1514 ** (1.371)	3.0901 *** (1.392)
$\hat{y}^{2b}$	-0.4279 * (0.232)	-0.3052 (0.222)	-0.2890 (0.192)	-0.2804 (0.194)
Konstante ^b	-6.0237 ** (2.956)	-4.2111 (2.905)	-3.8753 (2.387)	-3.7709 (2.443)
BIC	361.091	359.411	355.161	359.189
ML-R ²	0.311	0.328	0.370	0.372

N=66 * Negativ binomiale Regression mit robusten Standardfehlern (in Klammern). *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

^b Linktest auf Modellspezifikation, *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

Tabelle 10: Regressionsmodelle zu Produktivität und Innovation

In den Modellen (III) und (IV)¹³ zeigt sich ein signifikant positiver Einfluss der regionalen Innovationskraft (*Industriepatente 2005*) auf den Wissenstransfer durch Universitäten. Der Vergleich beider Modelle zeigt die Wichtigkeit der verwendeten Indikatoren zur Einschätzung der Modellqualität. Während der Erklärungsgehalt ($ML-R^2$) der Modelle sich nicht unterscheidet, favorisiert das BIC eindeutig Modell (III), da es mit weniger Variablen denselben Erklärungsgehalt erreicht. Gleichzeitig deutet das höhere Signifikanzniveau von $\hat{y}$ im vierten Modell darauf hin, dass dieses Modell die beobachteten Daten besser prognostizieren kann. Da das Ziel wissenschaftlicher Theoriebildung nicht darin liegt, den besten datengenerierenden Prozess zu erzeugen, sondern mit möglichst wenig Variablen den größtmöglichen Klärungsbeitrag zu leisten, wird hier Modell (III) präferiert (vgl. Kennedy, 2003; Plümper, 2005).

Es lässt sich festhalten, dass eine eindeutige Abhängigkeit universitären Wissenstransfers von der Aufnahmefähigkeit der regionalen Industrie besteht. Das Vorhandensein finanzieller Ressourcen zum Zukauf universitären Wissens reicht dabei nicht aus, um einen Austausch zwischen Region und Universität anzuregen. In der regionalen Industrie selbst muss „Innovationskapital“ vorhanden sein, um universitäres Wissen nutzen zu können. Auch in Kombination mit der Innovationskraft der Region lässt sich keine Hebelwirkung der industriellen Produktivität zeigen. Diese Ergebnisse sind konsistent mit Untersuchungen für die USA und UK, welche positive Einflüsse von Innovationskraft und Technologieintensität der regionalen Industrie auf universitären Wissenstransfer aufzeigen, aber keinen signifikanten Einfluss der regionalen Produktivität (Chapple et al., 2005; Link & Siegel, 2005b; Varga, 2000). Hypothese 1 wird somit in der vorliegenden Untersuchung bestätigt, während sich für die zweite Hypothese keine Evidenz findet.

Darüber hinaus lässt sich das unerwartet negative Vorzeichen (vgl. Fußnote 13) des *BIP/Kopf*, welches in den o.g. internationalen Studien beobachtet, und dort auf Verzerrungen durch den großen nichtindustriellen Anteil des BIP zurückgeführt wird, ebenfalls für deutsche Daten reproduzieren. Ebenso zeigt sich, dass die alternative Verwendung der industriellen Bruttowertschöpfung pro Kopf unverzerrte Regressionsergebnisse und die erwarteten Vorzeichen produziert. Da diese Variable mit nur geringem Mehraufwand zu erheben ist, empfiehlt sich ihre Verwendung in zukünftigen Studien.

Urbane Regionen als Voraussetzung für universitären Wissenstransfer

Gelungener Wissenstransfer bedarf der Übertragung impliziten Wissens durch persönliche Kontakte. Solche Kontakte werden mit der Interaktionshäufigkeit zwischen Individuen und der Anzahl der Individuen wahrscheinlicher. Es existiert eine kritische Masse an regionaler

¹³ Ersetzt man in Modell (IV) die Produktivitätsvariable durch BIP/Kopf ändern sich Koeffizienten und Signifikanzen der anderen Variablen nur marginal. Allerdings zeigt BIP/Kopf ein unerwartetes negatives Vorzeichen und das Signifikanzniveau des Linktest fällt auf das 5%-Niveau zurück. Diese Änderungen können als weiteres Indiz der Verzerrung des BIP/Kopf gedeutet werden.

Konzentration, die notwendig ist, um ein genügend großes Potenzial persönlicher und formaler Kontakte zwischen Industrie und Universität bereitzustellen. Ob es sich dabei um inter- oder intraindustrielle Kontakte handelt ist zunächst nicht relevant. Diese kritische Masse wird durch die Anzahl der Einwohner einer Region und deren geographische Ausbreitung moderiert. Je größer die Anzahl von Akteuren innerhalb einer gegebenen Fläche ist, desto mehr Wissenstransfer kommt zustande:

Hypothese 3: *Das Ausmaß universitären Wissenstrfers steigt mit der Bevölkerungsdichte einer Region.*

Die aktuelle Bevölkerungsdichte einer Region ist Ergebnis von vorhergehenden Konzentrationstendenzen aufgrund geographischer und industrieller Gegebenheiten. So wächst die Bevölkerungsdichte einer Region mit dem Angebot an Arbeitsplätzen, welche wiederum vom Erfolg der regionalen Industrie abhängen. Dies bedeutet zum einen, dass die Bevölkerungsdichte immer auch ein Indikator für die industrielle Konzentration ist, zum anderen können aktuell extrem hohe Bevölkerungsdichten Ausdruck vergangener Migrationsbewegungen sein, während die Industrie, welche Auslöser der Migrationswelle war, sich bereits in einem sehr reifen Technologiestadium befindet und dementsprechend nur unterdurchschnittlich von Wissensexternalitäten profitiert. Eine extrem hohe Bevölkerungsdichte kann also ein Indikator für eine geringe Aufnahmefähigkeit der Industrie für neues Wissen sein. Henderson (1986) zeigt dies empirisch für Brasilien und die USA. Als anekdotische Evidenz für Deutschland könnte z.B. das Ruhrgebiet gelten.

Hypothese 4: *Das Ausmaß universitären Wissenstrfers steigt zunächst mit der Bevölkerungsdichte und sinkt dann wieder ab.*

Tabelle 11 zeigt die Wirkung der Bevölkerungsdichte auf universitären Technologietransfer. Neben den Kontrollvariablen für universitäre und regionale Eigenschaften wird in den Modellen für den zuvor identifizierten Einfluss der regionalen Innovationskraft kontrolliert. Modell (I) zeigt entgegen der Erwartung einen hochsignifikant negativen Einfluss der Bevölkerungsdichte. Allerdings ist es laut Linktest kein valides Modell. Um die Verzerrung in Modell (I) zu minimieren wird in Modell (II) ein quadrierter Term der Bevölkerungsdichte eingeführt. Dies führt beim linearen Term zum erwarteten positiven Vorzeichen und beim quadrierten Term zu einem negativen Vorzeichen. Das Verhältnis von linearem und quadratischem Term widerspricht Hypothese 3 und spricht für Hypothese 4. Jedoch sind beide Variablen insignifikant und das Modell insgesamt nicht valide.

In Modell (III) wird als weitere Kontrolle für die Bevölkerungsdichte ein kubischer Term eingeführt. Dies führt zu einem validen Modell, mit signifikant positivem Effekt der Bevölkerungsdichte, einem signifikant negativen Effekt des Quadrats der Bevölkerungsdichte und

einem signifikant positiven Einfluss des kubischen Kontrollterms¹⁴. Insgesamt zeigt sich ein signifikanter, aber geringer Einfluss der Bevölkerungsdichte auf universitären Wissenstransfer. Die Ergebnisse des Modell (III) zeigen sich dabei robust für weitere Kontrollen soziodemographischer Einflüsse (Anteil Erwerbstätiger an der Gesamtbevölkerung) und Variationen der regionalen Produktivität.

<i>Endogene Variable:</i>				
<i>Uni-Patente 2002 – 2006</i>	(I)	(II)	(III)	(IV)
Bevölkerungsdichte	-0.0007 *** (0.000)	0.0007 (0.001)	0.0049 * (0.003)	
(Bevölkerungsdichte) ²		-8.8E-07 (0.000)	-7.9E-06 ** (0.000)	
(Bevölkerungsdichte) ³			3.0E-09 ** (0.000)	
Ruhrgebiet (Dummy)				-0.9988 *** (0.200)
Industriepatente 2005	0.0003 ** (0.000)	0.0003 ** (0.000)	0.0003 ** (0.000)	0.0003 ** (0.000)
Medizinfakultät (Dummy)	1.1620 *** (0.234)	1.1481 *** (0.233)	1.0182 *** (0.230)	1.1139 *** (0.226)
Ingenieursfakultät (Dummy)	0.7863 *** (0.238)	0.7990 *** (0.235)	0.6959 *** (0.244)	0.7778 *** (0.234)
Ostdeutschland (Dummy)	0.5806 ** (0.285)	0.6595 ** (0.291)	0.7572 *** (0.286)	0.6352 ** (0.274)
Konstante	2.4524 *** (0.286)	2.1804 *** (0.341)	1.6941 *** (0.416)	2.3373 *** (0.273)
$\hat{y}^b$	3.5472 *** (1.134)	3.3637 *** (1.211)	2.5161 ** (1.012)	2.7838 ** (1.168)
$\hat{y}^{2b}$	-0.3418 ** (0.159)	-0.3179 * (0.170)	-0.2091 (0.146)	-0.2447 (0.167)
Konstante ^b	-4.5783 ** (1.961)	-4.2355 ** (2.093)	-2.6389 (1.699)	-3.1282 (1.972)
BIC	356.570	359.456	360.757	354.676
ML-R ²	0.396	0.408	0.433	0.413

N=66 ^a Negativ binomiale Regression mit robusten Standardfehlern (in Klammern). *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

^b Linktest auf Modellspezifikation, *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

Tabelle 11: Regressionsmodelle zur Bevölkerungsdichte

¹⁴ Die zusätzliche Einführung eines bikvadratischen Terms führt zur Insignifikanz aller vier Terme der Bevölkerungsdichte und zu einem nichtvaliden Modell.

Abbildung 7 visualisiert die durch Modell (III) prognostizierte Funktion der Bevölkerungsdichte. Der positive Einfluss der Bevölkerungsdichte steigt bis zu einer Bevölkerungsdichte von ca. 450 Einwohnern pro Quadratkilometer (Ew/qkm) an und sinkt dann bis ca. 750 Ew/qkm mäßig ab, um für noch größere Werte einen negativen Einfluss anzunehmen. Die Universitäten im fallenden Teil der Funktion sind allesamt in den großen deutschen Ballungsgebieten des Rhein-Main-Gebiets und Ruhrgebiets angesiedelt, in den Kerngebieten des Ruhrgebiets (EW/qkm > 1000) zeigt sich bis auf die Universität Bochum ein negativer Einfluss der Bevölkerungsdichte. Die Notwendigkeit und Signifikanz des kubischen Kontrollterms ist auf die Universität Bochum als Ausreißer in den Daten zurückzuführen.

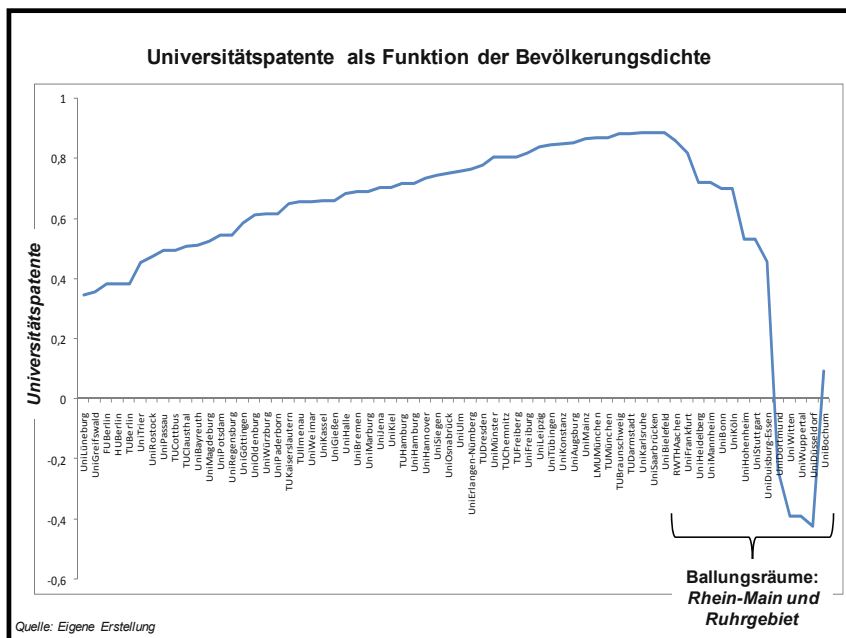


Abbildung 7: Universitätspatente als Funktion der Bevölkerungsdichte

Die Ergebnisse der Untersuchung sind konsistent mit den Ergebnissen der internationalen Forschung. Ein stetig positiver Einfluss der Bevölkerungsdichte auf Wissenstransfer (Hypothese 3) muss verneint werden. Wie in Hypothese 4 prognostiziert zeigt sich ein differenziertes Bild, in dem mit steigender Bevölkerungsdichte auch der universitäre Wissenstransfer steigt, aber dieser positive Einfluss ab einer gewissen Grenze wieder bis auf das Ausgangsniveau abnimmt. Dieser Verlauf zeigt, dass es sich nicht um einfache Größeneffekte

der Regionen handelt, sondern tatsächlich um Übervölkerungseffekte, wie sie schon von Henderson (1986) analog für industrielle Externalitäten beschrieben wurden.

Eine Sonderrolle nimmt für Deutschland das Ruhrgebiet ein. Modell (IV) in Tabelle 11 zeigt eine Regression mit einer Dummyvariable Ruhrgebiet, die für Regionen mit mehr als 1000 Ew/qkm den Wert 1 annimmt. Es zeigt sich, dass dieses Modell die negativen Effekte der Übervölkerung ähnlich gut abbildet wie Modell (III) und dabei eine deutlich bessere Modellgüte aufweist, da es mit weniger Variablen zur selben Aussage kommt. In den Arbeitsmarktreionen Wuppertal-Hagen (Universitäten Witten-Herdecke und Wuppertal), Essen (Universität Bochum)¹⁵ und Düsseldorf (Universität Düsseldorf) ist die Bevölkerungsdichte mit über 1000 Ew/qkm mehr als vier Standardabweichungen über dem Mittelwert des restlichen Bundesgebiets.

Variable	Regionen	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
Bevölkerungsdichte	Alle	359.51	330.44	80.93	1667.68
Bevölkerungsdichte	Ruhr	1330.66	200.70	1141.25	1667.68
Bevölkerungsdichte	Nicht-Ruhr	279.91	174.83	80.93	768.15
BIP pro Kopf inTsd. €	Alle	25.84	5.79	16.29	43.90
BIP pro Kopf inTsd. €	Ruhr	27.59	5.76	24.35	37.85
BIP pro Kopf inTsd. €	Nicht-Ruhr	25.69	5.81	16.29	43.90
Rel. Branchenkonz.	Alle	0.58	0.11	0.32	0.84
Rel. Branchenkonz.	Ruhr	0.59	0.10	0.43	0.66
Rel. Branchenkonz.	Nicht-Ruhr	0.58	0.11	0.32	0.84
Industriepatente 2005	Alle	712.02	1011.76	19.1	4630.69
Industriepatente 2005	Ruhr	585.21	290.41	252.5	1027.23
Industriepatente 2005	Nicht-Ruhr	722.42	1049.71	19.1	4630.69

Tabelle 12: Vergleich Ruhrgebiet und andere AMR anhand ausgewählter Variablen

Der Vergleich des Ruhrgebiets mit den restlichen Arbeitsmarktreionen in Tabelle 12 anhand ausgewählter Indikatoren zeigt, dass die Ruhrgebietsregionen sich weder in der Branchenkonzentration noch in der Produktivität vom Rest Deutschlands unterscheiden. Deutliche Differenzen zeigen sich jedoch in der Innovationskraft der Industrie. Dies stützt die Annahme, dass die aktuelle Bevölkerungsdichte ein Ergebnis der historischen industriellen Entwicklung ist. Die Bevölkerungsdichte kann damit auch als ein verzögerter Indikator industrieller

¹⁵ Die Universität Duisburg-Essen liegt in der Arbeitsmarktreion Duisburg. Diese wurde aufgrund ihrer deutlich geringeren Bevölkerungsdichte (768,15) nicht mit einbezogen.

Produktivität und Innovation angesehen werden, sie ist aktuell dort am höchsten, wo im Rahmen der Industrialisierung Ballungsräume entstanden sind.

Der Einfluss industrieller Konzentration auf universitären Wissenstransfer

Die Theorie zu MAR-Externalitäten besagt, dass sich Externalitäten durch die Konzentration einer Branche in einer Region ergeben. Die Dominanz einer Branche führt zu Austausch spezifischen Humankapitals zwischen Unternehmen derselben Branche und zu positiven Skaleneffekten, da innerhalb der Branche eine größere Arbeitsteilung möglich wird und sich spezialisierte Dienstleister für diese Industrien in der Region ansiedeln. Universitäten übernehmen die Rolle solcher spezialisierter Dienstleister, indem sie sich (mittel- bis langfristige) an den Bedürfnissen einer lokal dominanten Branche ausrichten, z.B. durch Ausbildung regional benötigten Humankapitals, Übernahme von Forschungs- und Beratungsaufträgen sowie sie Forschungseinrichtungen zur Verfügung stellen, oder Forscher zwischen Jobs in Industrie und Universität wechseln. Diese persönlichen und formalen Kontakte ermöglichen der Universität spezifische Wissenstransferaktivitäten.

Hypothese 5: *Das Ausmaß universitären Wissenstransfers steigt mit der Konzentration einer oder weniger dominanter Branchen in einer Region.*

Alternativ zur MAR-Theorie lässt sich ein positiver Effekt industrieller Diversität zeigen, da Unternehmen eher bereit sind Wissen mit anderen Unternehmen zu teilen, mit denen sie nicht in direktem Wettbewerb stehen. Je diversifizierter die regionale Industrie ist, desto eher werden Synergien durch einen solchen Wissensaustausch wahrscheinlich. Allerdings ist die anfängliche gemeinsame Wissens- und Kommunikationsbasis zwischen verschiedenen Industrien eingeschränkt und es fehlen oft persönliche Kontakte über Branchengrenzen hinweg, was die Suchkosten der Unternehmen stark erhöht. Universitäten, denen zunächst kein eigenes Verwertungsinteresse unterstellt wird, können in der Region als Intermediäre zwischen verschiedenen Industrien dienen und so den interindustriellen Austausch von Wissen fördern und daran partizipieren.

Hypothese 6: *Das Ausmaß universitären Wissenstransfers steigt mit der Branchenvielfalt in einer Region.*

Die beiden Theorien zur Konzentration (MAR-Externalitäten) und Diversität (JRS-Externalitäten) werden in der Literatur als gegenseitig exklusiv behandelt und auch empirisch so operationalisiert. Dabei zeigen empirische Ergebnisse für die USA einen stärkeren Einfluss der JRS-Externalitäten auf regionale Produktivität (Glaeser, 1999; Glaeser et al., 1992; J. V. Henderson, 1986), während parallel dazu Ergebnisse existieren, die eine „kritische Masse“ der Branchenkonzentration nachweisen, die industrielle Externalitäten erst ermöglicht (Anselin et al., 1997; Varga, 2000). Interpretiert man diese konkurrierenden Ergebnisse, ohne

die Voraussetzung einer gegenseitigen Exklusivität beider Theorien, so liegt die Annahme eines Austauschverhältnisses zwischen Konzentration und Diversität nahe. Es lässt sich intuitiv nachvollziehen, dass in einer Region dominierende innovative Unternehmen andere Unternehmen und Branchen anziehen, welche von Externalitäten profitieren möchten und deren Innovationen wiederum zu Externalitäten führen, die von der bisher dominierenden Branche abgeschöpft werden können. Die Innovationskraft einer Region könnte also von der „Mischkultur“ der regionalen Industrie abhängen:

Hypothese 7: *Das Ausmaß universitären Wissenstransfers ist abhängig vom Austauschverhältnis von Konzentration und Diversität der regionalen Industrie.*

Tabelle 13 stellt die Regressionsergebnisse zu vier verschiedenen Operationalisierungen der Konzentrationshypothese dar. Das erste Modell testet den Einfluss der größten regionalen Branche auf universitären Wissenstransfer. Das Vorzeichen ist wie erwartet positiv, der Zusammenhang aber insignifikant. Ähnliches gilt für die Modelle (III) und (IV), sie testen den Einfluss mehrerer dominanter Branchen und zeigen einen insignifikanten, positiven Zusammenhang zwischen der Dominanz weniger Branchen und universitärem Wissenstransfer. Allen drei Modellen ist gemein, dass die lineare Kontrollvariable für die Bevölkerungsdichte insignifikant ist. Dies könnte ein Hinweis auf die postulierte „kritische Masse“ der Agglomeration sein, insbesondere, da die Bevölkerungsdichte mit keiner der drei Konzentrationsvariablen relevant korreliert ist ($R < 0,12$).

Das Modell (II) unterscheidet sich von den Modellen (I), (III) und (IV) insofern, als es die Wirkung der Ungleichverteilung der Konzentration der regionalen Branchen misst (Gini-Koeffizient) und nicht die Konzentrationsrate der Branchen selbst. Auch dieses Konzentrationsmaß ist insignifikant, allerdings mit einem unerwarteten negativen Vorzeichen. Das Modell selbst ist nicht valide. Kontrolliert man jedoch für nichtlineare Einflüsse über einen quadratischen Term der relativen Branchenkonzentration, so erhält man ein valides Modell. Der lineare Term bleibt insignifikant negativ und der quadratische Term ist insignifikant positiv. Dies stützt die Aussagen der anderen drei Modelle zu einer positiven Wirkung der Branchenkonzentration.

Insgesamt lässt sich auf Grundlage der hier vorhandenen Daten keine Evidenz für einen Einfluss der Branchenkonzentration auf universitären Wissenstransfer finden. Die positiven Vorzeichen der Konzentrationsvariablen deuten auf den postulierten Zusammenhang hin, insbesondere, da auch die unspezifische Konzentrationsvariable der Bevölkerungsdichte beeinflusst wird. Dennoch bleiben alle untersuchten Variablen insignifikant. Hypothese 7 lässt sich somit nicht bestätigen.

<i>Endogene Variable:</i>	(I)	(II)	(III)	(IV)
<i>Uni-Patente 2002 - 2006</i>				
Anteil dominante Branche	0.7938 (1.006)			
Rel. Branchenkonzentration		-1.1984 (1.170)		
Rel. Konz. Top5 Branchen			0.5290 (0.887)	
Abs. Branchenkonzentration				1.4729 (1.788)
Bevölkerungsdichte	0.0039 (0.003)	0.0061 ** (0.003)	0.0041 (0.003)	0.0041 (0.003)
(Bevölkerungsdichte) ²	-6.8E-06 ** (0.000)	-9.1E-06 ** (0.000)	-7.1E-06 * (0.000)	-7.0E-06 ** (0.000)
(Bevölkerungsdichte) ³	2.6E-09 ** (0.000)	3.3E-09 ** (0.000)	2.7E-09 ** (0.000)	2.7E-09 ** (0.000)
Industriepatente 2005	0.0003 ** (0.000)	0.0003 ** (0.000)	0.0003 ** (0.000)	0.0003 * (0.000)
Medizin fakultät (Dummy)	1.0316 *** (0.235)	1.0092 *** (0.227)	1.0340 *** (0.237)	1.0320 *** (0.231)
Ingenieurs fakultät (Dummy)	0.7351 *** (0.231)	0.6907 *** (0.243)	0.7169 *** (0.237)	0.7322 *** (0.228)
Ostdeutschland (Dummy)	0.7799 *** (0.285)	0.7080 ** (0.282)	0.7546 *** (0.286)	0.7808 *** (0.287)
Konstante	1.5910 *** (0.431)	2.1681 *** (0.529)	1.6411 *** (0.417)	1.6051 *** (0.427)
$\hat{y}^b$	2.3575 ** (1.041)	2.6016 *** (0.932)	2.3116 ** (1.045)	2.3839 ** (1.025)
$\hat{y}^{2\ b}$	-0.1877 (0.151)	-0.2207 * (0.134)	-0.1812 (0.151)	-0.1915 (0.149)
Konstante ^b	-2.3546 (1.740)	-2.7864 * (1.579)	-2.2786 (1.758)	-2.3980 (1.705)
BIC	363.801	364.083	364.469	363.531
ML-R ²	0.443	0.441	0.437	0.445

N=66 ^a Negativ binomiale Regression mit robusten Standardfehlern (in Klammern). *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

^b Linktest auf Modellspezifikation, *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

Tabelle 13: Regressionsmodelle zur industriellen Konzentration

Modell (V) in Tabelle 14 überprüft den Zusammenhang von industrieller Diversität und universitärem Wissenstransfer. Es findet sich ein insignifikanter und negativer Einfluss, wobei auch hier der lineare Term der Bevölkerungsdichte insignifikant wird. Das Vorzeichen widerspricht der existierenden Literatur zu industriellen Externalitäten, die durchweg einen positiven Zusammenhang findet. So kann auch Hypothese 6 nicht bestätigt werden.

<i>Endogene Variable:</i>	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)
<i>Uni-Patente 2002 – 2006</i>				
Anzahl Branchen	-0.0416 (0.034)			
Industrielle Balance I		-0.0849 * (0.049)	-0.0053 (0.218)	
(Industrielle Balance I) ²			-0.0059 (0.014)	
Industrielle Balance II				-0.4728 (0.440)
Bevölkerungsdichte	0.0042 (0.003)	0.0051 ** (0.002)	0.0052 * (0.002)	0.0064 ** (0.003)
(Bevölkerungsdichte) ²	-7.1E-06 ** (0.000)	-8.1E-06 ** (0.000)	-8.0E-06 ** (0.000)	-9.4E-06 ** (0.000)
(Bevölkerungsdichte) ³	2.8E-09 ** (0.000)	3.1E-09 *** (0.000)	3.0E-09 ** (0.000)	3.4E-09 ** (0.000)
Industriepatente 2005	0.0003 ** (0.000)	0.0003 ** (0.000)	0.0003 ** (0.000)	0.0003 ** (0.000)
Medizin fakultät (Dummy)	1.0557 *** (0.234)	1.0428 *** (0.225)	1.0500 *** (0.225)	0.9580 *** (0.221)
Ingenieurs fakultät (Dummy)	0.7305 *** (0.228)	0.7233 *** (0.227)	0.7081 *** (0.226)	0.6677 *** (0.242)
Ostdeutschland (Dummy)	0.7763 *** (0.284)	0.7276 ** (0.286)	0.7195 ** (0.282)	0.7209 ** (0.283)
Konstante	2.3176 *** (0.674)	2.2356 *** (0.514)	1.9901 *** (0.845)	2.2208 *** (0.577)
$\hat{y}^b$	2.3827 ** (0.972)	2.1113 ** (0.938)	2.0024 ** (0.954)	2.7571 ** (0.929)
$\hat{y}^{2b}$	-0.1906 (0.142)	-0.1539 (0.137)	-0.1389 (0.138)	-0.2414 * (0.132)
Konstante ^b	-2.4042 (1.611)	-1.9208 (1.566)	-1.7326 (1.611)	-3.0651 * (1.587)
BIC	362.615	361.249	365.294	363.558
ML-R ²	0.453	0.464	0.465	0.445

N=66 ^a Negativ binomiale Regression mit robusten Standardfehlern (in Klammern). *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

^b Linktest auf Modellspezifikation, *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

Tabelle 14: Regressionsmodelle zur industriellen Diversität und Balance

Die Modelle (VI) bis (VIII) prüfen das Austauschverhältnis von Konzentrations- und Diversitätseffekten anhand der Variablen zu industrieller Balance. Hierbei ist anzumerken, dass es sich um Variablen handelt, die aus der Multiplikation der Anzahl Branchen mit der relativen (*Industrielle Balance I*) bzw. absoluten (*Industrielle Balance II*) Branchenkon-

zentration hervorgehen.¹⁶ Beide Variablen werden hier in Modellen berücksichtigt, ohne die grundlegenden Variablen in die Schätzung mit einzubeziehen. Robustheitstests mit einem Datensatz zu industriellen Wissensexternalitäten in deutschen Universitätsregionen zeigen die zu erwartenden hochsignifikant positiven Einflüsse von Konzentration und Diversität sowie zusätzlich hochsignifikant negative Einflüsse der Interaktionsterme, welche daher als eigenständige Variablen behandelt werden.

Modell (VI) zeigt einen signifikant negativen Einfluss des Austauschverhältnisses von relativer Branchenkonzentration und Branchenzahl, d.h. je größer die Anzahl Branchen bei gegebener bzw. steigender Ungleichverteilung der Branchen, desto geringer ist der universitäre Wissenstransfer. Die Intuition hinter diesem Zusammenhang ist Folgende: Grundsätzlich sollte bei einer hohen Konzentration einer dominanten Branche, die Anzahl der verschiedenen Branchen in der Region sinken, um Spezialisierungsvorteile nutzen zu können. Dies dokumentiert auch die Korrelation ($R=-0,75$) zwischen der Branchenzahl und dem Anteil der dominanten Branche in einer Region. Dies spräche für MAR-Externalitäten. Umgekehrt ist in den Regionen, in denen eine „kritische Masse“ von MAR-Externalitäten nicht erreicht wird, eine „kritische Anzahl“ verschiedener Branchen nötig, damit JRS-Externalitäten realisiert werden können.

In Modell (VII) wird die Variable aus Modell (VI) in einen linearen und quadratischen Term zerlegt, dabei werden beide insignifikant, behalten aber dennoch ihr negatives Vorzeichen. Dies deutet darauf hin, dass sich der negative Einfluss dieser Ungleichverteilung linear über den gesamten Verlauf der Funktion zeigt. Modell (VIII) nutzt die alternative Variable *Industrielle Balance II* auf Grundlage der absoluten Branchenkonzentration. Sie bleibt aber insignifikant, und wie die anderen Operationalisierungen des Austauschverhältnisses von Konzentration und Diversität besitzt sie ein negatives Vorzeichen.

Tabelle 15 illustriert die Zusammenhänge von relativer Branchenkonzentration, Anzahl der Branchen und industrieller Balance anhand der fünf Universitäten mit dem niedrigsten und höchsten Balancewert. Es zeigt sich, wie vermutet, dass Regionen mit niedrigen Werten der industriellen Balance entweder eine hohe Branchenkonzentration mit einer geringen Anzahl Branchen kombinieren, d.h. spezialisiert sind, oder eine recht moderate Branchenkonzentration mit einer moderaten Branchenzahl kombinieren, um so von interindustriellen Externalitäten zu profitieren. Im Rahmen der Koevolution von Universität und Region wäre zu vermuten, dass in den spezialisierten Regionen Universitäten eher die Rolle des spezialisierten Humankapitallieferanten übernehmen, und in den diversifizierten Regionen eher eine Intermediärsfunktion innehaben. So sind die Universitäten in den spezialisierten Gebieten (Tabelle 15) Life-Science-Universitäten (Greifswald, Tübingen, Freiburg), während in den

¹⁶ Da die Konzentrationskoeffizienten per Definition nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen können, die Branchenzahl in den Regionen aber zwischen 3 und 20 variiert, ist der größere Teil der Varianz dieser Variablen auf die Branchenzahl zurückzuführen. Dies zeigt sich auch in der hohen Korrelation ($R=0,87$) der Branchenzahl mit der „Industriellen Balance I“.

diversifizierten Regionen Technische Universitäten (Clausthal, Cottbus) dominieren. Dies sind rein anekdotische Beobachtungen, die ohne eine Kontrolle für die Art der Branchen nicht verifizierbar sind. Die Rolle Technischer Universitäten als Intermediäre, deren Aufgabe eher eine Transferleistung von Innovationen zwischen Anwendungsgebieten, als die wissenschaftlicher Innovation an sich ist, wäre konsistent mit den Beobachtungen von Audretsch und Lehmann (2005a). Die Autoren können keine regionalen Spezialisierungsvorteile durch Technische Universitäten nachweisen.

Rang	Universität	Rel. Konzentration	Branchen	„Industrielle Balance I“
1	Greifswald	0.70	3	2.09
2	Tübingen	0.60	4	2.39
3	Clausthal	0.33	9	3.00
4	Cottbus	0.32	10	3.20
5	Freiburg	0.64	5	3.22
...	...	...	...	...
62	Köln	0.62	17	10.55
63	Bochum	0.56	19	10.71
64	Darmstadt	0.75	15	11.19
65	Frankfurt	0.66	17	11.23
66	Düsseldorf	0.65	20	13.05

Tabelle 15: Industrielle Balance in Universitätsregionen

Am unteren Ende der Rangfolge in Tabelle 15 sind Regionen mit einer hohen Branchenkonzentration und Branchenzahl zu finden. Alle Universitäten liegen in den großen deutschen Ballungsgebieten. In diesen Regionen können Spezialisierungsvorteile dominanter Branchen aufgrund der Komplexität der regionalen Wirtschaft möglicherweise nicht genutzt werden. Es könnte sich ebenso um Regionen handeln, die sich in einem Transformationsprozess befinden, in dem eine alte, dominante Branche durch neue Branchen abgelöst wird. Eine zusätzliche Kontrolle anhand der Ruhrgebietsvariablen ändert die Aussage des Modells jedoch nicht nennenswert. Weiterhin lässt sich der geringere universitäre Wissenstransfer nicht durch verstärkte industrielle Externalitäten erklären, weil sich der negative Effekt auch für diese Externalitäten zeigen lässt. Allerdings kann die komplexe Industriestruktur den Transfer von Wissen allgemein behindern, da die Suchkosten für Akteure überproportional steigen. Dies könnte auch die negativen Effekte der Bevölkerungsdichte in Ballungsräumen erklären.

Entrepreneure und industrielle Dienstleister als Intermediäre

Abschließend wird die Rolle zweier industrieller Gruppen überprüft, welche einen besonders starken Einfluss auf regionale Wissensexternalitäten ausüben sollen. Acs et al. (2004) argumentieren, dass etablierte Unternehmen aufgrund ihrer Historie gewisse Kernkompetenzen entwickeln, in denen sie sich spezialisieren und durch die sie Wettbewerbsvorteile generieren. Diese Routinen führen dazu, dass diese Firmen langfristig nur noch in der Lage sind, Wissen zu absorbieren dessen ökonomischen Wert sie direkt erkennen können. Dieser „Wissensfilter“ behindert die Implementierung radikaler Innovationen in etablierten Unternehmen. Aufgrund ihrer Eigenschaften sind insbesondere junge Unternehmen und industrielle Dienstleister geeignet, diesen Wissensfilter zu überwinden und neues Wissen in ökonomisch verwertbare Innovationen zu übersetzen (Acs et al., 2004).

Entrepreneure und junge Unternehmen sind überproportional stark für industrielle Innovation verantwortlich, und gleichzeitig auf Universitäten als Dienstleister und Kooperationspartner angewiesen. Da sie oft selbst nicht in der Lage sind notwendige Forschung zu betreiben oder Infrastruktur bereitzustellen, müssen sie auf universitäre Kontakte und Forschungseinrichtungen zurückgreifen, um innovative Produkte zu entwickeln. Junge Unternehmen fragen daher universitäres Wissen regelmäßiger nach als große Unternehmen, die ihre Forschung und Entwicklung internalisiert haben. Entrepreneure dienen damit als Transformationskanal neuen Wissens in ökonomisch verwertbares Wissen in der Region, welches dann auch von etablierten Unternehmen genutzt werden kann (Acs & Plummer, 2005; Müller, 2006).

Hypothese 8: Das Ausmaß universitären Wissenstransfers steigt mit dem Anteil an Entrepreneuren in der Region.

Industrielle Dienstleister (z.B. Ingenieurbüros, Unternehmensberater, Wagniskapitalgeber und sonstige Finanzdienstleister) sind ebenso geeignet diesen Wissensfilter zu durchdringen und wissenschaftliche Innovationen in ökonomisch verwertbares Wissen zu übersetzen. Sie übernehmen die Rolle des Intermediärs sowohl zwischen verschiedenen Branchen, als auch zwischen Industrie und Universität. Darüber hinaus erleichtern sie technologieorientierte Unternehmensgründungen als Kapitalgeber und Berater (Saxenian, 1994; Varga, 2000).

Hypothese 9: Das Ausmaß universitären Wissenstransfers steigt mit dem Anteil an Entrepreneuren in der Region.

Die Modelle (I) bis (III) in Tabelle 16 beinhalten unterschiedliche Operationalisierungen der Entrepreneurship-Hypothese, Modell (IV) testet den Einfluss regionaler industrieller Dienstleister. Der Bestand an Entrepreneuren in der Region besitzt einen signifikant negativen Einfluss auf universitären Wissenstransfer, während weder der Anteil neuer Unternehmensgründungen (Modell (II)), noch eine Kombination der Bestands- und Flussvariable (Modell (III))

<i>Endogene Variable:</i>	(I)	(II)	(III)	(IV)
<i>Uni-Patente 2002 - 2006</i>				
Anteil Selbstständiger	-28.7285 * (14.926)		-22.8183 (15.493)	
Gewerbeanmeldungen		-0.1342 (0.100)	-0.0734 (0.110)	
BWS Services/Kopf				0.3768 (0.303)
(BWS Services/Kopf) ²				-0.0236 * (0.013)
Bevölkerungsdichte	0.0050 ** (0.003)	0.0049 ** (0.003)	0.0051 ** (0.002)	0.0041 (0.003)
(Bevölkerungsdichte) ²	-8.6E-06 *** (0.000)	-7.8E-06 ** (0.000)	-8.4E-06 *** (0.000)	-7.0E-06 (0.000)
(Bevölkerungsdichte) ³	3.3E-09 *** (0.000)	2.9E-09 ** (0.000)	3.2E-09 *** (0.000)	2.7E-09 * (0.000)
Industriepatente 2005	0.0003 *** (0.000)	0.0003 *** (0.000)	0.0004 *** (0.000)	0.0004 *** (0.000)
Medizin fakultät (Dummy)	0.9827 *** (0.221)	1.0126 *** (0.219)	0.9848 *** (0.216)	1.1400 *** (0.246)
Ingenieurs fakultät (Dummy)	0.5815 ** (0.262)	0.6452 *** (0.247)	0.5744 ** (0.259)	0.6959 ** (0.284)
Ostdeutschland (Dummy)	0.5628 * (0.315)	0.7849 *** (0.286)	0.6190 * (0.321)	0.8329 *** (0.316)
Konstante	3.2614 *** (0.959)	2.8734 *** (0.929)	3.5797 *** (1.102)	0.3601 (1.203)
$\hat{y}^b$	1.7781 ** (0.848)	1.9390 ** (0.964)	1.6080 * (0.854)	1.9916 ** (0.991)
$\hat{y}^{2b}$	-0.1119 (0.131)	-0.1314 (0.142)	-0.0873 (0.132)	-0.1382 (0.143)
Konstante ^b	-1.2881 (1.294)	-1.6072 (1.577)	-1.0078 (1.311)	-1.7003 (1.654)
BIC	362.462	363.325	366.272	363.956
ML-R ²	0.454	0.447	0.457	0.476

N=66 * Negativ binomiale Regression mit robusten Standardfehlern (in Klammern). *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

^b Linktest auf Modellspezifikation, *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

Tabelle 16: Regressionsmodelle zu Entrepreneuren und Dienstleistern.

zu signifikanten Ergebnissen führen. Die positive Auswirkung regionalen Entrepreneurships auf universitären Wissenstransfer lässt sich hier nicht bestätigen. Dieses unerwartete Ergebnis lässt sich einerseits dadurch erklären, dass kleinere Unternehmen Externalitäten effizienter umsetzen als große Unternehmen, d.h. sie generieren weniger Patente aus der Zusammenarbeit mit Universitäten, setzen diese aber besser um. Im Gegensatz zu Großunternehmen nutzen kleine Unternehmen einen Großteil ihrer Patente, da ihnen finanzielle Ressourcen zu strategischen und Portfoliopatenten fehlen (Acs et al., 1994; Höllein & Levermann, 1999; Link & Rees, 1990). Andererseits unterstellen bisherige Untersuchungen zum Zusammenspiel von Entrepreneurship und Universitäten die schwächere Kausalität, dass sich Unternehmen in der Nähe von Universitäten ansiedeln, um von universitären Externalitäten zu profitieren, nicht aber, dass sie in der Lage sind vermehrte Transferaktivitäten von Universitäten zu induzieren. Eine Untersuchung aus Deutschland, die eine positive Innovationswirkung von Entrepreneurship findet, operationalisiert diese über regionale Produktivität, statt über ein direktes Innovationsmaß (Müller, 2006). Wie die Untersuchungen in diesem Abschnitt gezeigt haben, ist die regionale Produktivität im Gegensatz zur regionalen Innovation kein Prädiktor für universitären Technologietransfer.

Schließlich schätzt Modell (IV) die linearen und nichtlinearen Einflüsse regionaler industrieller Dienstleister¹⁷. Der lineare Term ist insignifikant, zeigt aber den erwarteten positiven Einfluss, während der nichtlineare Term signifikant negativ ist. Dieses Ergebnis deutet auf die postulierte Rolle der Dienstleister als Intermediäre hin, zeigt aber auch, dass die gewählte Variable ebenso die regionale Industriestruktur abbildet. Der signifikant negative Einfluss des quadratischen Terms spiegelt den Umstand wider, dass in stark dienstleistungsorientierten Regionen (z.B. Düsseldorf, Frankfurt) naturgemäß weniger industrielle Produktion zu finden ist, die Universitätspatente nachfragen könnte. Somit lässt sich auch die letzte Hypothese dieses Kapitels nicht bestätigen.

4.7. Zusammenfassung und Diskussion

Ziel dieses Kapitels ist die Überprüfung des Einflusses von Eigenschaften der Region und ihrer industriellen Struktur auf den Wissenstransfer von Universitäten. Die Bedeutung einer Universität für die Innovationskraft einer Region ist in den Regionalwissenschaften eindeutig belegt. Ob und inwieweit regionale Besonderheiten die Möglichkeit des universitären Technologietransfers einschränken können, wurde bisher kaum beachtet. Aufbauend auf Erkenntnissen der regionalwissenschaftlichen Forschung wurden in dieser Untersuchung Hypothesen formuliert, welche die Rückwirkung regionaler Besonderheiten, insbesondere der Urbanisierung, Aufnahmefähigkeit der Industrie, Wirkung von Branchenkonzentration und

¹⁷ Die Schätzung des linearen Einfluss allein führt nicht zu einem validen Modell.

Diversität, die Rolle des Entrepreneurship und industrieller Dienstleister untersucht. Eine Übersicht über die Hypothesen und Evidenzen enthält Tabelle 17.

Nr.	Fokus	Erwartete Wirkung auf universitären Wissenstransfer	Evidenz
<i>Aufnahmefähigkeit</i>			
1	regionale Innovation	+	bestätigt
2	regionale Produktivität	+	nicht bestätigt
<i>Urbanisierung</i>			
3	Bevölkerungsdichte	+	nicht bestätigt
4	Bevölkerungsdichte	+ & -	bestätigt
<i>Konzentrationseffekte</i>			
5	Branchenkonzentration	+	nicht bestätigt
6	Branchenvielfalt	+	nicht bestätigt
7	Austauschverhältnis „Balance“	+ / -	bestätigt
<i>Intermediäre</i>			
8	Entrepreneurship	+	nicht bestätigt
9	industrielle Dienstleister	+	nicht bestätigt

Tabelle 17: Evidenz der postulierten Hypothesen

Das zentrale Ergebnis der realisierten Studie lautet, dass die Innovationskraft der regionalen Industrie einen konsistenten und robusten Einfluss auf universitären Wissenstransfer besitzt. Dieser Zusammenhang zeigt sich in allen Schätzungen signifikant positiv mit geringer Variation des Koeffizienten. Die reine Fähigkeit der Industrie in Innovationen zu investieren, und über einen Zukauf universitärer Technologie von diesem Wissen zu profitieren reicht nicht aus, um universitären Technologietransfer zu induzieren, was die Notwendigkeit komplementären Humankapitals in der Industrie als Voraussetzung für gelungene Transferaktivitäten bestätigt. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von Varga (2000) überein, welcher die Innovationskraft der Industrie anhand der F&E Beschäftigten in der Region misst und dort ebenfalls einen signifikant hohen Einfluss der regionalen Innovationskraft findet. Die insignifikanten Effekte der regionalen Produktivität stimmen mit der existierenden empirischen Evidenz (Chapple et al., 2005 in einer Studie für UK) überein und widersprechen anekdotischer Evidenz in der Technologietransferliteratur (Coupe, 2003; Link & Siegel, 2005a, 2005b; Siegel, Waldman, Atwater et al., 2003). Darüber hinaus zeigt sich, dass das BIP/Kopf, welches in bisherigen Studien verwendet wurde, aufgrund seiner Zusammensetzung ein ungeeigneter Indikator zur Abbildung industrieller Produktivität ist.

Als zweiter, robuster regionaler Einfluss lässt sich die Urbanisierung der Region anführen. Der universitäre Wissenstransfer steigt zunächst mit zunehmender Bevölkerungsdichte, sinkt bei weiter zunehmender Bevölkerungsdichte zurück auf seinen Ausgangswert und wirkt sich schließlich sogar negativ auf den Technologietransfer aus. Der steigende Teil der Funktion ist konsistent mit verschiedenen Untersuchungen, welche eine „kritische Masse“ unspezifischer Konzentrationseffekte als Voraussetzung für universitären Wissenstransfer identifizieren, die nötig ist, um eine ausreichende Anzahl regionalen Humankapitals und notwendigen Kontaktmöglichkeiten zu kombinieren (Anselin et al., 1997; Varga, 2000). Ebenso stimmt der sinkende Grenznutzen einer steigenden Bevölkerungsdichte mit den Erkenntnissen der Urbanisierungsökonomik überein. Mit einer steigenden regionalen Konzentration von Bevölkerung und Industrie ist immer auch eine Ausdifferenzierung der Industrie in eine Vielzahl von Branchen und eine steigende Bedeutung konsumentennaher Dienstleistungen verbunden, dies erhöht die Komplexität regionaler Strukturen und steigert die Suchkosten der Akteure. Dies schränkt die Realisierung positiver Effekte von Wissensexternalitäten zwischen Industrie und Forschung eingeschränkt ein (Glaeser, 1999; Glaeser et al., 1992; Glaeser et al., 1995; J. V. Henderson, 1986, 1994). Der Bereich, in dem die Bevölkerungsdichte schließlich einen negativen Einfluss auf den Technologietransfer hat, lässt sich am besten als Ergebnis vergangener Migration interpretieren. Diese „Bevölkerungswanderungen“ sind wahrscheinlich durch ein besonders hohes Angebot an Arbeitsplätzen, z.B. im Rahmen der Industrialisierung, zu erklären. Extrem hohe Bevölkerungsdichten könnten einen Indikator für ehemalige Wachstumsregionen darstellen, welche aufgrund einer überalterten Industriestruktur weniger innovativ sind als andere Regionen. Darüber hinaus sind solche klassischen Industrieregionen durch kapital- und arbeitsintensive Branchen gekennzeichnet, welche wenige Innovationen nachfragen. Diese Interpretation wird dadurch gestützt, dass eine Dummyvariable für das Ruhrgebiet ausreicht, um die negativen Effekte der Übervölkerung abzubilden.

Die in der regionalwissenschaftlichen Literatur geführte Diskussion zur Dominanz von intraindustriellen *oder* interindustriellen Wissensexternalitäten (z.B. Acs et al., 1994; Breschi & Lissoni, 2001; Döring & Schnellenbach, 2006; Glaeser, 1999) kann für universitären Wissenstransfer nicht bestätigt werden. Die Vorzeichen der Indikatoren für den Einfluss der Branchenkonzentration und -vielfalt und die Interaktion dieser Variablen mit dem linearen Term für die Bevölkerungsdichte, können als Indizien für einen Zusammenhang gewertet werden. Keiner dieser Effekte ist allerdings statistisch signifikant.

Erstmals lässt sich in dieser Untersuchung die Bedeutung eines Austauschverhältnisses von Branchenkonzentration und Branchenvielfalt nachweisen, welches einen negativen Einfluss auf die Nutzung von Wissensexternalitäten bei gleichzeitiger Dominanz weniger Branchen und einer hohen Branchenvielfalt zeigt. Dieser Effekt ist nicht auf universitären Wissenstransfer beschränkt, sondern zeigt sich auch zwischen Industrien. Eine Analyse der Regionaldaten

belegt zumindest anekdotisch, dass eine klare Spezialisierung (Dominanz einer Branche, geringe Branchenanzahl) oder Diversifikation (keine dominante Branche, mittlere Branchenanzahl) zu den größten universitären Wissenstransfers führt, während eine unklare regionale Ausrichtung (mittlere Konzentration, mittlere bis hohe Branchenanzahl) oder die Zugehörigkeit zu einem industriell geprägten Ballungsraum (Dominanz weniger Branchen, hohe Branchenanzahl) den Wissenstransfer einschränkt.

Schließlich konnten keine positiven Effekte einer Konzentration von Intermediären auf universitären Wissenstransfer festgestellt werden. Während die Bedeutung der Universität als Wissensquelle für technologisches Entrepreneurship in der Entrepreneurshipforschung sowohl international (Acs et al., 2004; Acs et al., 1994; Acs & Plummer, 2005; Link & Rees, 1990) als auch für Deutschland (Audretsch, Hülsbeck, & Lehmann, 2011; Audretsch et al., 2006; Audretsch & Lehmann, 2006; Audretsch et al., 2005) eindeutig belegt ist, lässt sich ein durch Unternehmensgründungen induzierter universitärer Wissenstransfer nicht belegen. Die beobachteten negativen Effekte lassen sich am ehesten dadurch erklären, dass die Entrepreneurshipvariablen eine mittlere Korrelation mit der regionalen Produktivität und Dienstleistungsorientierung aufweisen. Es ist zu vermuten, dass die meisten kleinen Unternehmen in konsumenten- und dienstleistungsnahen Branchen angesiedelt sind, welche keinen universitären Wissenstransfer nachfragen. Konsistent mit dieser Interpretation zeigt sich der signifikant negative Einfluss einer hohen Konzentration industrieller Dienstleister.

Nimmt man alle diese Einzelbeobachtungen zusammen, so lässt sich ein differenziertes Bild des Zusammenwirkens von Universität und Region zeichnen. Grundlage universitären Wissenstransfers ist eine innovative regionale Industrie. In Regionen, in denen es an industrieller Nachfrage und komplementären Humankapital in der Industrie mangelt, sind auch geringere Wissenstransferaktivitäten durch Universitäten zu erwarten. Eine Forcierung (z.B. durch politische Intervention) universitären Wissenstransfers ohne eine Berücksichtigung der Innovationskraft der regionalen Industrie erscheint somit nicht zielgerichtet, da die Industrie im Zweifelsfall nicht die Kompetenzen zur ökonomischen Verwertung des Wissens besitzt. Das verfügbare Kapital der Industrie zur Investition in F&E ist eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung, um von universitären Externalitäten zu profitieren. Die Realisierung ökonomischer Wertschöpfung aus industriellen und universitären Externalitäten wird durch Urbanisierungseffekte moderiert. Dies bedeutet, dass positive Effekte universitären Wissenstransfers besonders außerhalb von Ballungsräumen zu erwarten sind, während eine Fokussierung auf Transferaktivitäten in Ballungsräumen nur zu unterdurchschnittlicher Wertschöpfung führt. Neben einer regional unterschiedlichen Intensität der Transferbemühungen von Universitäten, sollte sich auch die Rolle der Universität regional differenzieren.

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass die Diskussion um die Prävalenz von MAR- vs. JRS-Externalitäten zu kurz greift. Stattdessen lassen sich Regionen identifizieren, die aufgrund ihrer Spezialisierung eher intraindustrielle Externalitäten erwarten lassen, während

parallel dazu diversifizierte Regionen existieren, welche interindustrielle Externalitäten realisieren. Die Rolle der Universität und die Art des Wissenstransfers sollte der regionalen Strategie angepasst sein und im ersten Fall der eines spezialisierten Zulieferers von Forschungsergebnissen und Humankapital entsprechen, und im zweiten Fall der eines Intermediärs.

5. Erfahrungslernen als Bestimmungsfaktor universitären Wissenstransfers

Im Folgenden wird die Rolle des Erfahrungslernens und der Qualität verfügbaren Humankapitals im Wissenstransfer deutscher Universitäten auf Grundlage der endogenen Wachstumstheorie untersucht. Die Beobachtung ähnlicher Wachstumsraten von Universitätspatenten in den USA und Deutschland legt nahe, dass die Innovationstätigkeit von Universitäten keinem länderspezifischem Prozess unterliegt, sondern im Gegenteil ein endogener Lernprozess zu Grunde liegt.

Ausgehend von der sich ändernden Funktion der Universität in der Wissensgesellschaft stellt sich nicht nur die Frage nach der Rolle des Erfahrungslernens im universitären Wissenstransfer, sondern auch wie dieses Lernen unterstützt und gefördert werden kann. Aufbauend auf den von Arrow (1962a) formulierten Postulaten zur Rolle des Erfahrungslernens und bisherigen Erkenntnissen der Technologietransferliteratur werden bestimmende Faktoren dieses Lernprozesses empirisch untersucht.

5.1. *Wissenstransfer als dritte Mission der Universität*

Die Wandlung von der Industrie- in die Informations- bzw. Wissensgesellschaft wirkt sich nachhaltig auf die Rolle der Universität aus. Neben ihren klassischen Aufgaben der Forschung und Lehre – also der Bereitstellung von Grundlagenwissen und Humankapital, welches Wissensexternalitäten in der Industrie erzeugt – rückt als „dritte Mission“ (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000; Feller, 1990; Rip, 2002) der aktive Wissens- und Technologietransfer in das Interesse der Politik und Wissenschaft. Dieser Trend wird oft auf den Aufstieg neuer, forschungsintensiver Industrien wie Biotechnologie, Mikroprozessortechnik und Nanotechnologie zurückgeführt, deren Innovationskraft hauptsächlich auf wissenschaftlichem Wissen beruht. Damit verbunden sind auch politische Initiativen und Gesetze, wie der Bayh-Dole-Act in den USA und die Novelle des ArbEG in Deutschland (vgl. dazu ausführlich Kapitel drei dieser Arbeit).

Die Förderung universitären Wissens- und Technologietransfers ist ein zentrales Element der gemeinsamen Innovationsstrategie („Lissabon Agenda“) der Europäischen Union (EU) (EC, 2008a). Die EU ist die Region mit den weltweit höchsten Investition in Grundlagenforschung, bildet weltweit das meiste Humankapital aus und produziert den weltweit größten Anteil wissenschaftlichen Wissens (EU 38%, USA 33%, Japan 9% und China 6%). Gleichzeitig ist der Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie deutlich schwächer als in den USA: Europäische Patente zitieren deutlich weniger wissenschaftliche Veröffentlichungen, der

Anteil der Koautoren wissenschaftlicher Veröffentlichungen aus der Industrie ist in den USA deutlich höher als in der EU. Die Wahrscheinlichkeit, dass europäische Innovationen auf US-amerikanischer Forschung aufbauen, ist deutlich höher als umgekehrt. Dies liegt neben der schwachen Verknüpfung von Wissenschaft und Industrie auch daran, dass die europäische Forschung und Industrie vor allem in traditionellen Ingenieursdisziplinen ihre Stärke hat, nicht aber in den o.g. Zukunftstechnologien. Darüber hinaus ist die Forschungsintensität europäischer Unternehmen deutlich geringer als die US-amerikanischer, chinesischer, japanischer und südkoreanischer Unternehmen (EC, 2001a, 2008b). Universitäten in Deutschland und Resteuropa fällt somit nicht nur die Aufgabe zu, ihr Wissen in der Industrie präsenter zu machen, sondern zusätzlich die Innovationslücke der Unternehmen zu schließen und diese zu vermehrter Investition in F&E anzuregen. Das in der US-amerikanischen Literatur propagierte Ziel der „unternehmerischen Universität“ (Argyres & Liebeskind, 1998; Etzkowitz, 1998, 2003) als Motor regionalen Wirtschaftswachstums ist für die EU wichtiger als für die USA und dabei gleichzeitig schwieriger zu erreichen.

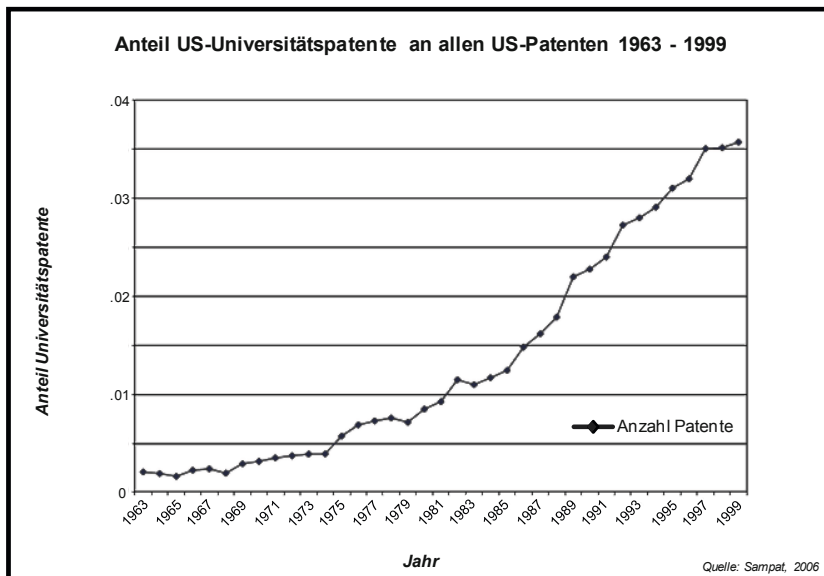


Abbildung 8: US-Universitätspatente an allen US-Patenten 1963 – 1999

Ein weit verbreitetes Argument für die relativ enge Zusammenarbeit von Industrie und Wissenschaft in den USA sind der Aufbau und die Tradition des dortigen Universitätssystems, in dem staatliche, private und Stiftungsuniversitäten in einem liberalisierten Bildungsmarkt um die besten Forscher und Studenten konkurrieren. Die Industrie (z.B. in Form von ehemaligen

Absolventen) ist in einem solchen System sowohl als Drittmittelgeber für Forscher, als auch als potenzieller Arbeitgeber für Studenten interessant. Die Universitäten, denen es gelingt, industrielle Mittel einzuwerben, können mehr und bessere Forscher anwerben, deren Forschung den Wissensvorsprung und das Prestige der Universität erhöht und damit die Universität zu einem interessanteren Partner für Unternehmen, Forscher und Studenten macht (Dasgupta & David, 1994; Etzkowitz, 1998; Sine, Shane, & Gregorio, 2003). Dieses wettbewerbsorientierte System ist weltweit einmalig und steht im starken Kontrast zum hochregulierten und staatlich finanzierten System in Deutschland und anderen europäischen Ländern, in denen sich noch keine Kultur des direkten Wissensaustauschs zwischen Universität und Industrie herausgebildet hat (EC, 2007; Feller, 1990).

Als Indikator für die ökonomische Relevanz universitären Wissens kann der Anteil der Universitätspatente an allen nationalen Patenten gelten. Abbildung 8 stellt diesen Zusammenhang für die USA im Zeitraum 1963 bis 1999 dar (vgl. Sampat, 2006), während Abbildung 9 denselben Zusammenhang für Deutschland in den Jahren 1981 bis 2006 zeigt. Der Vergleich zeigt für die USA eine relativ stetige Entwicklung bei durchschnittlich 0,5% bis 1974, und dann eine kontinuierliche Steigerung über die nächsten 25 Jahre bis zu einem Niveau von 3,5% aller US-Patente.

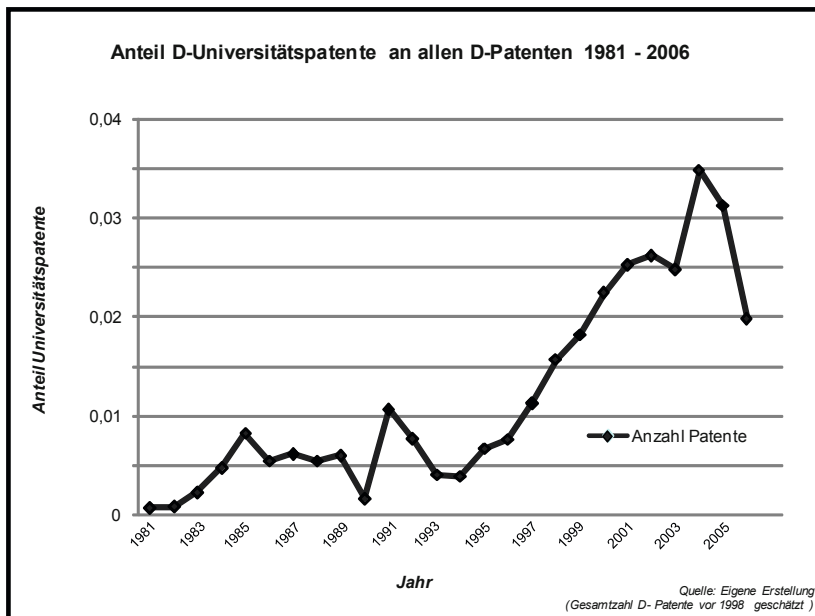


Abbildung 9: Universitätspatenten an allen deutschen Patenten 1981 – 2006

Der Trend zur Patentierung an deutschen Universitäten beginnt ca. 20 Jahre später, Anfang der 1980er Jahre und bleibt bis Mitte der 1990er Jahre im Durchschnitt bei ca. 0,5% und steigt dann innerhalb von zehn Jahren (1994 – 2004) auf dasselbe Niveau, welches die USA im Jahre 1999 erreicht haben (3,5%). Zwar sinkt der Anteil danach wieder auf ca. 2%, was auf den „demotivierenden“ Effekt der ArbEG-Novelle zurückzuführen ist (vgl. Kapitel 3). Bei allen Unterschieden des US-amerikanischen und deutschen Systems zeigen sich deutliche Parallelen in der Entwicklung der Universitätspatente. Auch die gesellschaftlichen Auslöser sind vergleichbar. Die Hinwendung zu universitärem Wissenstransfer in den USA folgt einer Innovationsflaute der Industrie in den 1970er Jahren, der mit verstärkter Forschung in der Biotechnologie und Informationstechnik begegnet wird und die schließlich zu einer ganzen Flut technologiepolitischer Regelungen, inklusive des Bayh-Dole-Acts führt (Bozeman, 2000; Sampat, 2006). Die Wurzeln der Technologietransferbemühungen in Deutschland liegen in der Rezession der 1980er Jahre, deren Folge eine Hinwendung zu einer innovationsorientierten Wirtschaftspolitik war, in deren Rahmen Elemente des US-amerikanischen Portfolios kopiert wurden. So lässt sich in der Folge des sog. Stevenson-Wydler-Acts (1982, verpflichtende Schaffung einer Technologietransferstelle an Universitäten) in den USA eine Gründungswelle von Technologietransferstellen an deutschen Universitäten beobachten¹⁸ (Krücken, 2003; Krücken et al., 2007; Schimank, 1988).

Die vergleichbaren Auslöser und Verläufe legen die Vermutung nahe, dass das Wachstum der Universitätspatente länderübergreifend ähnlichen Effekten unterliegt. Die in der US-amerikanischen Forschung vertretene Hypothese eines wettbewerbsorientierten Universitäts-systems als Grundlage steigender Patentierungsaktivitäten erscheint unwahrscheinlich. Als länderunabhängiger Faktor kommt vielmehr das Erfahrungslernen der Universitäten im Rahmen des Wissenstransfers in Betracht. So zeigen z.B. Bercovitz und Feldman (2008), dass universitärer Wissenstransfer kaum von Strategien und Strukturen der Universitäten, oder nationaler und regionaler Transferpolitik abhängt, wohl aber von Lerneffekten der Fakultäts-mitglieder. Diese individuellen Lerneffekte summieren sich auf und führen in der Folge zur Änderung universitärer Praktiken. Daher erscheint eine hierarchisch oder politisch verordnete Hinwendung zu Wissenstransferaktivitäten weniger Erfolg versprechend als eine Veränderung der Transferkultur innerhalb einer Fakultät (z.B. durch die Selektion von Fakultäts-mitgliedern mit Industriekontakten). Die Beobachtungen von Bercovitz und Feldman (2008) auf Ebene einzelner Fakultäten lassen sich auch auf nationaler Ebene replizieren. In einem Ländervergleich zwischen schwedischer „top-down“- und US-amerikanischer „bottom-up“-Politik beobachten Goldfarb und Henrekson (2003) einen demotivierenden Effekt des schwedischen Ansatzes auf grundsätzlich transferbereite Forscher. Diese Ergebnisse

¹⁸ Jede westdeutsche Universität besitzt Ende der 1980er Jahre eine eigene Transferstelle (Schimank, 1988), dies konterkariert eines der politischen Ziele der ArbEG-Novelle (2002), die Schaffung von Organisationseinheiten zum Schutzrechtsmanagement in Universitäten (Bartenbach & Hellebrand, 2002).

korrespondieren mit den in Kapitel 3 identifizierten Lerneffekten und einem durch „crowding out“ verursachten negativen Effekt der ArbEG-Novelle.

5.2. *Erfahrungslernen und Forschungsqualität*

Die erste systematische Beschäftigung mit der Rolle des Lernens als Ursprung von Innovation im Rahmen der endogenen Wachstumstheorie findet sich bei Arrow (1962a).¹⁹ Er beschreibt, dass Wissen als wachstumsbestimmender Faktor in der Produktionsfunktion zunächst durch einen Lernprozess akquiriert werden muss, und dass sich die Produktionsfunktion unterschiedlicher Einheiten (in seinem Beispiel Studenten) deutlich unterscheiden kann, auch wenn sie demselben Lernprozess unterzogen werden. Das Wissen dieser Einheiten nach dem Lernprozess ist eine Funktion des Lernpotenzials (z.B. Talent, kognitive Kompetenz) und des zuvor vorhandenen Wissens. Er geht dabei von drei allgemeinen Annahmen aus:

1. Lernen ist das Produkt von Erfahrung: nur wenn versucht wird ein Problem zu lösen, kann eine Lernerfahrung gemacht werden. Produktive Aktivität und Lernen sind somit untrennbar verknüpft. Dabei entstehen die Probleme aus der Ausführung der produktiven Aktivität selbst und werden dadurch gelöst, dass mit der Zeit (d.h. durch Erfahrung) immer bessere Reaktionen auf das Ursprungsproblem gefunden werden. In dieser Konzeption ist Lernen eine Funktion der Dauer („favorable responses are selected over time“ Arrow, 1962a, p. 156) und Frequenz („learning [...] takes place during activity“ Arrow, 1962a, p. 155).
2. Diese Form von Lernen, durch Wiederholung von Aktivitäten über die Zeit, ist mit einem sinkenden Grenznutzen verbunden. Bei einem gleichbleibenden Stimulus (Problem) und einer konstanten oder steigenden Lernrate führt jede weitere Wiederholung zu geringerem Wissenszuwachs.
3. Lernen ist ein Nebenprodukt produktiver Aktivität und kein Selbstzweck, gesellschaftliche Institutionen der Lehre und Forschung werden nicht berücksichtigt.

Arrow (1962a) geht weiterhin davon aus, dass die Lernergebnisse selbst zu Hebeleffekten in der Produktion führen, so dass Lernende mit immer neuen Stimuli konfrontiert werden, welche sinkende Skaleneffekte verhindern.

Die empirischen Befunde zum Erfahrungslernen im universitären Wissenstransfer bestätigen die erste von Arrow getroffene Annahme weitgehend. Der Großteil der Studien operationalisiert die Erfahrungseffekte hierbei allein über den Aspekt der Dauer der Erfahrung, gemessen über das Alter der Technologietransferstelle, welches den offiziellen Beginn des institutionalisierten Wissenstransfers markiert. Dabei hat diese Altersvariable einen positiven

¹⁹ Natürlich wurde die ökonomische Rolle des Lernens bereits früher beobachtet. So gilt die von Wright im Jahre 1936 veröffentlichte Studie „Factors affecting the cost of airplanes“ als Ursprung des sog. Erfahrungskurveneffekts (Wright, 2001).

Effekt auf die Anzahl der Patente (Coupe, 2003; Friedman & Silberman, 2003), die Geschwindigkeit der Umsetzung des Forschungswissens in ökonomisch verwertbares Wissen (Markman, Gianiodis, Phan, & Balkin, 2005) und das für die Universität zu erwartende Lizenzeinkommen (Link & Siegel, 2005a, 2005b). Diese Ergebnisse belegen, dass der universitäre Lernprozess drei Subprozesse betrifft, die sich in qualitativen Untersuchungen bestätigen lassen (Colyvas et al., 2002; George, 2005; Göktepe, 2008; Golob, 2006; Renault, 2006; Saragossi & Potterie, 2003):

1. Die Verbesserung der *Identifikation patentierbaren Wissens*, durch eine größere Transferorientierung der Forscher und eine verbesserte Kommunikation zwischen Forschern und Transferverantwortlichen, führt zu mehr Patenten.
2. Die Verbesserung der *Effizienz des Patentierungsprozess* von der Erfindungsmeldung bis zum geschützten Patent führt zu einer höheren Innovationsgeschwindigkeit.
3. Die *Verhandlungskompetenz* und unter Umständen Verhandlungsmacht (z.B. durch Reputation) der Transferverantwortlichen gegenüber Industriepartnern führt zu höherem Lizenzeinkommen.²⁰

Die Operationalisierung der Erfahrung als reine Funktion der Zeit ist unbefriedigend, da sie auf das Modell der exogenen Wachstumstheorie rekurriert (Solow, 1956). Azoulay, Waverly und Stuart (2007) untersuchen die Wahrscheinlichkeit, dass ein Forschungsergebnis patentiert wird und stellen dabei fest, dass diese Wahrscheinlichkeit hochsignifikant von der Anzahl der Patente der jeweiligen Universität abhängt. Sie liefern damit einen Beleg, dass nicht nur die Dauer, sondern auch die Frequenz des Lernens einen Einfluss auf die Anzahl der Universitätspatente hat. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zur in Kapitel drei ausführlich diskutierten Untersuchung von Mowery, Sampat und Ziedonis (2002), welche sich als einzige existierende Studie spezifisch den Lerneffekten beim universitären Wissenstransfer widmet. Allerdings kontrolliert diese Studie weder für den zu Beginn des Lernprozesses vorhandenen Wissensstand der Universitäten, noch für fachbereichsspezifische Effekte, welche die Produktionsfunktion der einzelnen Universitäten, und somit ihr Lernpotenzial, beeinflussen könnten.

Trotz der existierenden Belege ist der bisherige Forschungsstand zur Rolle der Erfahrung im universitären Wissenstransfer unbefriedigend. Die existierenden positiven Belege operationalisieren Lernen nur über die Dauer und in einem Fall über die Anzahl der Patente als Kontrollvariablen. Bisher gibt es keine Untersuchung, die sich explizit dem Erfahrungslernen widmet und diesen Effekt zufriedenstellend auf Basis der endogenen Wachstumstheorie operationalisiert. Im Anschluss an Arrow (1962a) werden folgende Hypothesen zum Nutzen des Erfahrungslernens formuliert sowie nachfolgend empirisch überprüft:

²⁰ Einschränkung muss ergänzt werden, dass die Einkommenseffekte in einer Studie für UK nicht repliziert werden konnten (Chapple et al., 2005).

Hypothese 1: *Die Patenterfahrung einer Universität als Funktion von Dauer und Frequenz des Lernens besitzt eine positive Auswirkung auf universitären Wissenstransfer.*

Der sinkende Grenznutzen dieser Lernerfahrung wird im Modell von Arrow durch Hebelwirkungen in der Produktinnovation, welche neue Stimuli bieten, neutralisiert. Da die Ergebnisse der oben charakterisierten Subprozesse aber keine neuen Produkte darstellen, sondern reine Prozessinnovationen sind, ist von einem sinkenden Grenznutzen des Lernens auszugehen.²¹

Hypothese 2: *Die Patenterfahrung einer Universität als Funktion von Dauer und Frequenz des Lernens besitzt einen sinkenden Grenznutzen für universitären Wissenstransfer.*

Die Lernprozesse selbst werden vom bestehenden Wissen und Lernpotenzial der jeweiligen Universität begrenzt. Diese Grenze könnte in der Kompetenz der Technologietransferverantwortlichen liegen (vgl. z.B. Carlsson & Fridh, 2002; Siegel, Waldman, & Link, 2003). Ein größerer Effekt ist jedoch in der Qualität und Größe der Fakultät zu vermuten, denn universitärer Wissenstransfer entsteht mehrheitlich aus der Grundlagenforschung. Dies impliziert, dass mehr und kompetentere Forscher auch zu mehr Wissenstransfer führen (R. A. Jensen & Thursby, 2001; Romer, 1990). Dies wird auch durch die empirischen Untersuchungen zu Transferaktivität und -erfolg von Universitäten bestätigt, welche neben Lernvariablen auch für verschiedene Qualitätsindikatoren kontrollieren. Als relevante Maße für die Qualität lassen sich in USA die (frei verhandelbaren) Gehälter der Forscher (Coupe, 2003; Friedman & Silberman, 2003), die eingeworbenen Drittmittel aus staatlichen und industriellen Quellen (Azagra-Caro et al., 2006; Chapple et al., 2005; Coupe, 2003; Friedman & Silberman, 2003; Lach & Shankerman, 2003), die Publikationen (Azoulay et al., 2007) und die Reputation (Friedman & Silberman, 2003) der Fakultäten nachweisen:

Hypothese 3: *Die Qualität der Fakultät besitzt eine positive Auswirkung auf universitären Wissenstransfer.*

Schließlich unterscheiden sich die Produktionsfunktionen unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen nicht nur hinsichtlich der Forschung (Dasgupta & David, 1994; David et al., 1992), sondern auch in der Möglichkeit des Wissenstransfers (Shane, 2004). Den ersten empirischen Beweis dafür lieferte Jaffe (1989) in seiner Untersuchung der regionalen Wirkung wissenschaftlicher Grundlagenforschung verschiedener Disziplinen auf die industrielle Innovation. Belege, dass diese Unterschiede tatsächlich in der Produktionsfunktion der

²¹ Der exogene Schock durch die Novelle des ArbEG könnte als ein solcher Stimulus interpretiert werden, der neues Lernen anregt. Die beobachtete negative Wirkung auf Universitätspatente könnte als Effekt des „Umlernens“ interpretiert werden.

universitären Fachbereiche begründet sind, liefern mehrere Studien zu universitären Transferaktivitäten (Azagra-Caro et al., 2006; Breschi, Lissoni, & Montobbio, 2008; Coupe, 2003; Lach & Shankerman, 2003; Shane, 2002):

Hypothese 4: *Die Produktionsfunktion universitären Wissenstransfers unterscheidet sich zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen.*

5.3. Methoden, Datenerhebung und Operationalisierung

In diesem Abschnitt wird ein Modell für den Einfluss des Lernens auf den Wissenstransfer von Universitäten geschätzt, welches vier Modellen zu spezifischen Effekten verschiedener Technologie- und Industriebereiche gegenübergestellt wird.²² Dabei werden neben den Lern- und Qualitätseffekten auch Kontrollvariablen für regionale Einflüsse und Größeneffekte der Universitäten berücksichtigt. Analog zu den Begründungen in den vorhergehenden Kapiteln wird auch hier das negativ-binomiale Regressionsmodell verwendet, die Kriterien zur Einschätzung der Modellgüte entsprechen weitgehend denen in Kapitel vier (Linktest, $ML-R^2$), auf die Darstellung des BIC wird verzichtet, da dieser nur sinnvolle Aussagen für den Vergleich verschiedener Modelle auf Grundlage derselben Daten liefert. Bevor die einzelnen Variablen und deskriptiven Statistiken geschildert werden, wird zunächst die Konstruktion des verwendeten Datensatzes geschildert, die in den vorhergehenden Kapiteln nur kurz angerissen wurde.

Datenerhebung und Beobachtungszeitraum

Die in diesem Kapitel verwendeten Daten stammen aus verschiedenen Quellen und mussten für diese Arbeit manuell zusammengeführt, normiert sowie teilweise selbst aus den Rohdaten berechnet werden. Die Operationalisierung der Variablen und die Auswahl des Beobachtungszeitraums ist auf Restriktionen in der Datenverfügbarkeit zurückzuführen. Nachfolgend soll nun der für die einzelnen Datenquellen spezifische Erhebungsprozess geschildert werden.

Die Daten zu Universitätspatenten wurden durch eine Suche in der Patentrecherche-Datenbank des Deutschen Patent- und Markenamtes (DPMA) unter www.depatistnet.de ermittelt. Dazu wurde in der Expertensuche der Datenbank ein Suchalgorithmus programmiert, der im Feld „Anmelder“ nach den Stichworten „Universität“ und der jeweiligen Stadt (z.B. „Augsburg“) sucht, und dabei gleichzeitig eine Einschränkung des Suchzeitraums nach dem Jahr der Veröffentlichung erlaubt. Dieser Algorithmus wurde sowohl für alle Universitätsstädte allgemein variiert, z.B. in der Schreibweise des Begriffs Universität (Universität, Universitaet, Uni*, Univ,...), als auch speziell für einzelne Universitäten (z.B. Uni Aachen,

²² Analog zur Aufteilung von Jaffe (1989)

TU Aachen, RWTH Aachen), regionale Zuordnungen (z.B. TU Hamburg, TU Harburg) und Anmeldungen durch unselbstständige Untereinheiten (z.B. Charité). Bedauerlicherweise existiert keine einheitliche Eingabesystematik seitens des DPMA, die Einträge variieren nach Ausfüller des Patentantrags und Bearbeiter beim DPMA. Die Suche nach einzelnen Universitäten und die Einschränkung der Zeiträume war notwendig, da die Online-Datenbank des DPMA maximal 250 Treffer anzeigt, so dass bei größeren Städten mit mehreren Universitäten bzw. Universitäten mit vielen Patenten mehrere, nach Zeiträumen gestaffelten Abfragen nötig waren. Die Abfragen wurden in Textfiles exportiert und in MS-Excel in folgenden Schritten manuell weiterbearbeitet:

1. Manuelle Elimination von Patentschriften, welche nicht von Universitäten angemeldet wurden, dies betrifft alle Patente, in denen der Textbaustein „uni“ im Anmelderfeld gemeinsam mit einer deutschen Universitätsstadt vorkommt. Eindeutige Zuordnung jedes Patents zu einer Universität, insbesondere in Großstädten (z.B. HU, FU und TU Berlin). Ergebnis sind 5698 Patentschriften von 66 deutschen Universitäten im Zeitraum von 1960 bis 2006, bzw. 7708 Patente im Zeitraum bis 2008.
2. Bestimmung von Anmeldejahr, Veröffentlichungsjahr und daran anschließend Berechnung der Dauer zwischen Anmeldung und Veröffentlichung.
3. Auszählen der Anzahl Anmelder jeder Patentschrift, zur Bestimmung eines Maß für die Verfügungsrechteverteilung und die Kooperation mit anderen Universitäten wie Unternehmen. Ergebnis der Auszählung ist, dass ca. 80% der Patente den Universitäten allein gehören, keine relevanten Unterschiede zwischen Universitäten bei der Anzahl der Anmelder bestehen, und Ko-Anmelder im Regelfall Forscher, Forschungsinstitute oder andere Universitäten sind.
4. Ermittlung der ersten vier Stellen der Internationalen Patentklassifikation zur Bestimmung des technischen Gebiets des Patents (DPMA, 2008). Zuordnung der resultierenden 357 eindeutigen Patentklassen in 31 Technologieklassen der World Intellectual Property Organization (WIPO, 2008), abschließende Zuordnung in die auf der WIPO-Systematik basierende Konkordanz von universitären Fachbereichen und Industrien nach Jaffe (1989).²³
5. Auszählen der Patente nach den Kategorien Universität, Anmeldejahr, WIPO-Technologieklasse und Jaffe-Systematik.

Ergebnis dieses Erhebungsprozess ist die Möglichkeit zur Konstruktion von Zählvariablen aus Universitätspatenten, welche über Beobachtungszeiträume und Fachgebiete variieren. Ferner ist die Berechnung von Lern- und Erfahrungseffekten aus Mengen- und Altersangaben der Patente möglich.

²³ Die Konkordanz besteht aus den fünf Gebieten Medizin, Chemie, Physik, Ingenieurwissenschaften und Sonstige.

Die zweite Datenquelle bildet das Forschungsranking des Centrums für Hochschulentwicklung (Berghoff et al., 2006). Dieses erhebt für insgesamt 16 verschiedene Fachbereiche an Universitäten Forschungsindikatoren zu Drittmittelausgaben, Publikationen, Promotionen pro Professor und Reputation. Diese Daten stehen zum Teil als Absolutwerte, und zum Teil als „pro Kopf“-Werte zur Verfügung. Alle Werte sind Dreijahresdurchschnitte, welche auf unterschiedlichen Erhebungszeiträumen basieren. Für die in dieser Untersuchung operationalisierten Variablen wurden nur Werte jener Fachbereiche verwendet, in denen Wissenstransfer durch Patente wahrscheinlich ist (Biologie, Chemie, Elektro- und Informationstechnik, Maschinenbau & Verfahrenstechnik, Medizin, Pharmazie, Physik, Zahnmedizin), Sozial- und Gesellschaftswissenschaften wurden nicht berücksichtigt. Ebenso wurden nur die 66 Universitäten berücksichtigt, welche im Beobachtungszeitraum (1960 – 2006) auch tatsächlich Patente angemeldet haben. Alle Einzelwerte wurden per Hand in MS Excel übertragen, und – wo nötig – auf Absolutwerte in dem jeweiligen Fachbereich zurückgerechnet. Diese Absolutwerte wurden folgendermaßen zu „Jaffe-Gebieten“ summiert:

"Medizin"	= Medizin + Zahnmedizin + Pharmazie
"BioChemie"	= Biologie + Chemie
"Physik"	= Physik + Elektrotechnik inkl. Informationstechnik
"Maschinenbau"	= Maschinenbau inkl. Verfahrenstechnik

Dies weicht insofern von der Originalsystematik ab, als Jaffe (1989) Medizin und Biologie summiert, schafft aber eine bessere Trennschärfe zwischen klassischer medizinischer Forschung und biochemischer Forschung, da der Fachbereich Pharmazie hier gesondert erhebbar war²⁴. Die so aufsummierten Absolutwerte wurden dann wieder in „pro Kopf“-Werte umgerechnet. Diese Berechnungsreihenfolge verhindert die Verzerrung der Daten durch Größeneffekte. Da für die einzelnen Variablen unterschiedliche Ausgangswerte und Berechnungsgrundlagen zur Verfügung standen, werden diese bei der Diskussion der verwendeten Variablen kurz erläutert.

Die dritte Datenquelle bildet der Patentatlas Deutschland (Greif & Schmiedl, 2006), welcher die Gesamtzahl der Patentierungsaktivitäten in Deutschland im Jahr 2005 darstellt. Diesem Dokument wurden die Industriepatente als Indikator für die regionale Innovationskraft entnommen. Unter anderem stellt der Patentatlas alle Industriepatente auf Kreisebene, und alle Industriepatente nach WIPO-Technologieklassen auf Ebene von Arbeitsmarktregionen zur Verfügung. Leider wird hier eine veraltete Aufteilung von 225 Arbeitsmarktregionen

²⁴ Alternative Einteilungen wurden getestet, z.B. „Life Science“ („Medizin“ + „BioChemie“) und „Engineering“ („Physik“ + „Maschinenbau“), „Science“ („Medizin“ + „BioChemie“ + Physik) und „Technology“ (Elektro- und Informationstechnik + „Maschinenbau“). Mit diesen Einteilungen war es allerdings nicht möglich, valide Schätzergebnisse (Linktest) zu produzieren.

verwendet, welche nur teilweise mit der in dieser Arbeit verwendeten Systematik von 150 Arbeitsmarktregionen (vgl. Eckey et al., 2006) kompatibel ist. Daher mussten die Industriepatente nach Technologieklassen in mehreren Schritten umgerechnet werden:

1. Alle Industriepatente auf Kreisebene, die Systematiken der Zusammenfassung von Kreisen zu Arbeitsmarktregionen (225 und 150), und die nach Technologieklassen und AMR-225-Systematik kategorisierten Patente wurden in einer MS Access Datenbank erfasst.
2. Der prozentuale Anteil der Kreise an allen Patenten in der alten Systematik wurde berechnet.
3. Mit den so erhaltenen Gewichtungen wurde die absolute Anzahl von Patenten nach Technologieklassen in die neue Systematik der Arbeitsmarktregionen umgerechnet.

So konnten die Patente 31 Technologieklassen auf Ebene der verwendeten Arbeitsmarktregionen zugeordnet, und zu Jaffe-Gebieten aggregiert werden. So stehen Universitätspatente und Industriepatente technologisch kompatibel für klar abgegrenzte, aktuelle Arbeitsmarktregionen zur Verfügung.

Schließlich wurden soziodemographische, volkswirtschaftliche und Branchendaten auf Grundlage der Regionaldatenbank des Statistischen Bundesamtes verwendet (DESTATIS, 2006). Diese Daten stehen auf Kreisebene zur Verfügung, wurden aus der Datenbank ausgelesen und zu Arbeitsmarktregionen zusammengefasst. Die genutzten Daten zur Branchenkonzentration wurden, wie in Kapitel vier beschrieben, auf Grundlage der Beschäftigtenzahl in den einzelnen Wirtschaftszweigen ermittelt. Allerdings musste auch hier zur Berechnung der Branchenkonzentration in einzelnen Jaffe-Gebieten auf ein aufwändigeres Verfahren zurückgegriffen werden: Die deutschen Branchen werden nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige (DESTATIS, 2003) kategorisiert, für die Jaffe-Gebiete ist aber nur eine Konkordanz mit den WIPO-Technologieklassen, verfügbar. Es existiert keine Konkordanz der WIPO-Klassen mit dem deutschen System, dafür aber mit den US-amerikanischen „Standard Industry Codes“ (SIC), sowie eine Konkordanz der SIC mit der WZ2003. Es musste daher über den Abgleich des WZ2003 mit dem SIC und den WIPO-Klassen eine eigene Konkordanz erstellt werden, welche dann die Grundlage für die Umrechnung der Branchenkonzentration in Jaffe-Gebiete darstellte.

Abbildung 10 gibt eine Übersicht über die Datenverfügbarkeit in einzelnen Datenquellen und deren Zusammenfassung zu Jaffe-Gebieten. Die Tatsache, dass Universitätspatente (endogene Variable) seltene Ereignisse darstellen, legt nahe, nicht ein spezifisches Jahr zu betrachten, sondern einen längeren Zeitraum zusammenzufassen, um Variationen in der Patentierungsaktivität zu nivellieren. Die exogenen und Kontrollvariablen zu Universitäten und industrieller Innovation stehen nur für jeweils einen Zeitpunkt zur Verfügung, der seinerseits

innerhalb der Daten variiert. Dabei wird die Wahl des Beobachtungszeitraums der endogenen Variablen von drei Faktoren bestimmt:

1. Der frühestmögliche, verzerrungsfreie Zeitpunkt liegt nach dem letzten exogenen Schock, hier das Arbeitnehmererfindungsgesetz vom 31.01.2002.
2. Die Dauer eines Patentierungszyklus von Anmeldung zur Veröffentlichung von Universitätspatenten beträgt im Mittel 1,55 Jahre mit einer Standardabweichung von 1,05 Jahren; 98% aller Patente werden innerhalb von drei Jahren nach der Anmeldung veröffentlicht.
3. Das Ende des Beobachtungszeitraums sollte die Daten der exogenen Variablen umschließen, sich aber nicht so weit in die Zukunft erstrecken, dass zeitliche und kausale Zusammenhänge unwahrscheinlich werden.

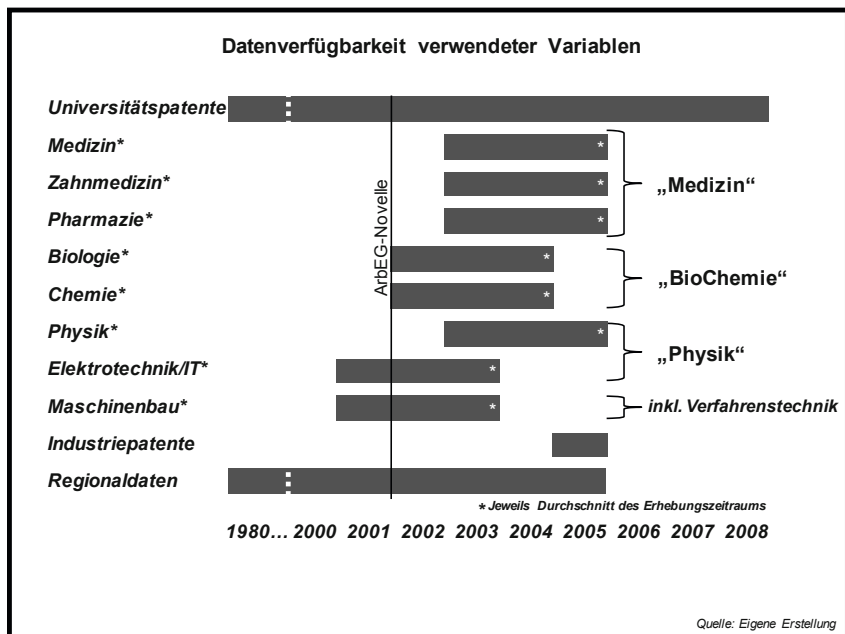


Abbildung 10: Datenverfügbarkeit verwendeter Variablen

Operationalisierung der Variablen

Die endogene Variable bildet die Summe der Universitätspatente von 2002 bis 2006 (*Uni-Patente*). Wie in Kapitel 4 diskutiert, ist die Zusammenfassung einerseits nötig, um eine genügend große, zufallsverteilte Stichprobe zu erhalten (vgl. Griliches, 1990), zum anderen

genügt dieser Zeitraum den oben geforderten Kriterien einer zeitlichen Nähe zu den Erhebungszeitpunkten der exogenen Variablen. Von den 5698 Universitätspatenten seit Bestehen der Bundesrepublik entfallen 2999 in den Beobachtungszeitraum, weitere 1599 in den symmetrischen Vorjahreszeitraum von 1997 bis 2001 und 1261 Patente in die Zeit von 1960 bis 1996.

Als exogene Variablen für Erfahrungslernen der Universitäten (*Erfahrung*) dienen der Quotient aus der Anzahl der Patente der Universität des Zeitraums 1960 bis 2001 und dem Alter²⁵ des ersten Patents dieser Universität, sowie der quadrierte Term dieser Variablen. Diese Indikatoren spiegeln die Tatsache wider, dass Lernen eine Funktion der Lerndauer (Alter erstes Patent) und der Lernfrequenz ist (Anzahl Patente). Im Vergleich zur parallelen Verwendung einer Mengen- und einer Zeitvariable als Absolutwerte sind im Quotienten Aspekte des Verlernens bei Inaktivität und des sinkenden Grenznutzen des Lernens enthalten. So nimmt diese Variable z.B. den Wert „2“ für eine Universität an, die ihr erstes Patent im Jahr 2003 veröffentlicht, und bis Ende 2006 insgesamt sechs Patente angemeldet hat ($6/3=2$). Eine andere Universität, die in zehn Jahren zwanzig Patente veröffentlicht hat ($20/10=2$), erhält ebenfalls den Wert „2“, obwohl sie in den Absolutwerten zu Dauer und Frequenz deutlich über der erstgenannten Universität liegt. Um mit verstreichender Zeit den Wert für Patenterfahrung zu erhöhen, sind demnach exponentielle Anstrengungen nötig.²⁶

Als Indikatoren für die wissenschaftliche Leistung der Fakultät wurde zunächst die Publikationsleistung als Ergebnisgröße der Forschung herangezogen. Diese wird zur Vermeidung von Größeneffekten als „pro Kopf“-Wert pro Forscher operationalisiert. Als Forscher gelten dabei alle postdoktoralen, fest angestellten Wissenschaftler. Gastwissenschaftler, Doktoranden und Diplomanden werden hier nicht berücksichtigt. Die Publikationswerte werden im CHE-Forschungsranking durch Suche in fachspezifischen Datenbanken (z.B. web of science) als repräsentative Stichprobe erhoben und nach Autorenanzahl und Publikationskontext (z.B. „A+“-Journal vs. Lexikonbeitrag) gewichtet. Die dargestellten Werte stellen demnach fachspezifisch gewichtete Relationen dar. Diese Publikationsleistung selbst zerfällt in zwei Teilaspekte, die Anzahl der Publikationen (*Publ./Forscher*) und die Anzahl der Zitationen (*Zit./Forscher*). Die Publikationszahl zeigt die wissenschaftliche Produktivität der Forscher und erhöht ihren Bekanntheitsgrad in der Industrie: Je mehr Publikationen, desto größer die Wahrscheinlichkeit gefunden zu werden, insbesondere, da von einem minimal anspruchserfüllenden („satisficing“) Suchverhalten auf industrieller Seite ausgegangen werden kann.

²⁵ Als das „erste Patent“ einer Universität wird jenes Patent definiert, welches den Beginn der Zeitreihe von Patenten markiert, welche keine Lücken größer als zwei Jahre aufweist. Dies ist notwendig, um Verzerrungen durch vereinzelte frühe Patente und „Zufallspatente“ einzelner Universitäten auszuschließen. So ist z.B. das „erste Patent“ der Universität Freiburg in dieser Definition von 1994, obwohl bereits 1983 ein Patent veröffentlicht wurde.

²⁶ Im Rahmen von Robustheitstests dieser Variablen wurden die unten geschätzten Modelle ebenfalls mit den Absolutwerten für Patentalter und Patentanzahl (inkl. quadrierten Termen) jeweils für den Gesamtzeitraum 1960 bis 2001, für den symmetrischen Fünfjahreszeitraum 1997 bis 2001 und für den Zeitraum seit Beginn des „Patentbooms“ nach der Wiedervereinigung (1994 bis 2001, vgl. Abbildung 9) geschätzt. Die Signifikanzen und Vorzeichen aller dieser Einzelvariablen entsprechen den Erfahrungsvariablen, weitere Signifikanzen exogener Variablen bleiben weitgehend unverändert, allerdings sinkt die Modellgüte (BIC) deutlich.

Die Zitationsanzahl dient als Indikator für die wissenschaftliche Relevanz der Forschungsergebnisse: je zentraler eine Publikation für einen wissenschaftlichen Diskurs, desto öfter wird sie in anderen Artikeln zitiert. Diese Zentralität erhöht dabei gleichzeitig die fachspezifische Idiosynkrasie der Inhalte, welche die Rezeption in der Praxis schmälern dürfte. Beide Variablen dienen als Indikator für die Forschungsleistung einer Fakultät, welche Voraussetzung für gelungenen Wissenstransfer ist. Daher wird für beide Variablen ein positives Vorzeichen angenommen.

Eine weitere Variable für Forschungsqualität und ggf. industrielle Kontakte sind die Drittmittelausgaben pro Forscher (*Drittm./Forscher* in Tsd. €). Leider war es hier nicht möglich, zwischen industriellen und anderen Drittmitteln für einzelne Universitäten zu unterscheiden, da im CHE-Ranking nur Bundesdurchschnitte angegeben sind. Diese unterscheiden sich zwischen einzelnen Fachbereichen deutlich (z.B. 12% in Chemie vs. 30% in Elektrotechnik). Die Wirkungsrichtung industrieller und nichtindustrieller Drittmittel sollte dieselbe sein. Erstere sind Ausdruck direkter Wissenstransferaufträge, letztere erhöhen die Forschungsleistung und damit das Transferpotenzial. Darauf basierend wird für diese Variable ein positives Vorzeichen erwartet.

Ein zusätzlicher Aspekt ist die Ausbildung und der Transfer von Humankapital von der Universität in die Praxis. Um universitären Wissenstransfer zu erleichtern, muss, wie bereits im vorhergehenden Kapitel festgestellt, in der Industrie eine Aufnahmefähigkeit für idiosynkratisches, universitäres Wissen vorhanden sein. Ein gängiges Maß für die F&E-Intensität der Industrie ist der Anteil Angestellter mit naturwissenschaftlichem Doktorgrad (vgl. z.B. Fritsch & Slavtchev, 2005). Dieser Variable auf Nachfrageseite wird hier die Anzahl Promotionen pro Professor (*Prom./Prof.*) als Variable für regionales Humankapitalangebot gegenübergestellt. Es wird ein positives Vorzeichen der Variable erwartet. Als letzter Indikator für die Qualität wird die Reputation (*Reputation*) der Universität oder des Fachbereichs als Dummyvariable abgebildet. Diese nimmt den Wert 1 an, wenn die Mehrheit der Fakultäten oder Fachbereiche im CHE-Forschungsranking als Universität mit hoher Reputation eingestuft wurde. Hier wird ebenso eine positive Wirkung auf den universitären Wissenstransfer vermutet.

Als Kontrollvariablen auf Universitätsebene wird für das Vorhandensein einer ingenieurswissenschaftlichen Fakultät²⁷ (vgl. Kapitel 4) und für Größeneffekte über die Anzahl Forscher (*Forscher*) kontrolliert (vgl. Azagra-Caro et al., 2006; Coupe, 2003; Lach & Shankerman, 2003). Für die Universitäten wird dabei die Gesamtzahl des wissenschaftlichen Personals verwendet, für die spezifischen Fachbereiche nur die Anzahl der Forscher entsprechend der Definition des CHE-Ranking. Darüber hinaus wird für Einflüsse der regionalen Agglomeration und Industrie kontrolliert. Unspezifische Übevölkerungseffekte werden mithilfe der im

²⁷ Diese Kontrolle erfolgt nur für das Modell auf Universitätsebene, da ein zusätzlicher Einfluss dieser Variablen in den gebietsspezifischen Modellen theoretisch nicht begründet ist.

vorhergehenden Kapitel eingeführten Ruhrgebietsvariable (*Ruhrgebiet*) überprüft. Der Einfluss regionaler Innovationskraft wird über die Anzahl aller, bzw. der für das Jaffe-Gebiet spezifischen regionalen Industriepatente kontrolliert (*Ind.-Pat.*). Schließlich wird für die Branchenkonzentration technologieintensiver Branchen allgemein, sowie in den Bereichsmodellen für die Branchenkonzentration spezifischer Industrien kontrolliert. Hier ist auf Grundlage der WZ2003-Klassifikation keine genaue Trennung zwischen „Medizin“ und „BioChemie“ möglich, so dass diese Bereiche zu „LifeScience“ zusammengefasst wurden.

5.4. *Analyse universitären Erfahrungslernens*

In diesem Abschnitt werden die Arrow-Postulate anhand des erhobenen Datensatzes sowohl auf Ebene der Universitäten als auch für einzelne Wissensdomänen empirisch überprüft. Tabelle 18 fasst die deskriptiven Statistiken für die Universitäten und die jeweiligen Jaffe-Bereiche zusammen. Es fallen sowohl bei den Uni-Patenten, als auch bei der Erfahrungsvariablen deutliche fachspezifische Unterschiede auf.

Der Bereich „Physik“ besitzt mit knapp 18 Patenten im Mittel drei mal mehr Patente als der Bereich Medizin, während BioChemie und Maschinenbau mit 10 bis 12 Patenten relativ nahe beieinander liegen. Die große Anzahl der Physik-Patente korrespondiert mit den Ergebnissen von Jaffe (1989), der die besondere Wichtigkeit universitären Wissenstransfers in diesem Bereich bestätigt. Der geringe Wert in der Medizin lässt sich durch die lange Kooperationskultur mit der Industrie in diesem Bereich erklären. Medizinische Auftragsforschung besteht aus klinischen Studien oder resultierende Patente werden von den Industriepartnern allein angemeldet, da diese über genügend internes spezifisches Humankapital zur weiteren Produktentwicklung besitzen.

Dies zeigt sich auch an den Drittmitteln pro Jahr, die in Medizin mit knapp 200.000€ viermal so hoch sind wie in BioChemie, dieser Bereich aber trotzdem 30% mehr Patente produziert. Die höchste Drittmittelquote pro Forscher besitzt der Bereich Physik, der gleichzeitig nur ein Drittel der Forscher der anderen Bereiche beschäftigt und auch die kleinste Doktorandenrate besitzt. Der Bereich Maschinenbau ist zum einen die größte Industrie in Deutschland (in dieser Untersuchung mit einem Branchenanteil von 63%), als auch der größte Fachbereich und Humankapitalausbilder mit der absolut größten Menge an Industriepatenten. Die Drittmittelquote und Universitätspatente sind allerdings nur Mittelmaß, dies deutet vor allem auf Größeneffekte hin.

	Mittelwert	Standard - abweichung	Minimum	Maximum
Uni-Patente	45.44	59.23	1.00	387.00
Medizin	6.67	12.48	1.00	60.00
BioChemie	11.32	15.27	0.00	87.00
Physik	17.42	24.37	0.00	157.00
Masch.bau	9.47	17.47	0.00	128.00
Erfahrung	2.51	4.11	0.00	25.67
Medizin	0.82	2.26	0.00	14.80
BioChemie	1.42	2.44	0.00	9.05
Physik	1.75	2.96	0.00	13.00
Masch.bau	1.34	2.73	0.00	18.40
Publ./Forscher	10.37	4.17	0.00	17.31
Medizin	14.68	3.49	7.20	23.90
BioChemie	16.63	5.12	2.60	26.10
Physik	12.20	3.54	6.00	27.00
Zit./Forscher	64.24	33.48	0.00	147.70
Medizin	92.86	35.80	21.60	170.48
BioChemie	59.50	21.18	14.82	107.10
Physik	76.36	38.17	19.68	197.40
Prom./Prof.	1.50	0.78	0.00	3.31
Medizin	2.22	0.67	0.97	3.65
BioChemie	1.68	0.67	0.70	3.90
Physik	1.09	0.41	0.35	2.20
Masch.bau	2.24	2.48	0.30	13.50
Drittm./Jahr	29902	24692	0	102811
Medizin	193226	108544	14100	458000
BioChemie	59565	27283	13300	189800
Physik	257570	144635	79200	692000
Masch.bau	101417	58149	29900	251900
Forscher	1709.72	1165.09	200.00	5203.00
Medizin	110.38	51.35	7.04	254.78
BioChemie	112.89	51.05	23.81	202.03
Physik	33.47	14.23	8.63	79.69
Masch.bau	119.50	69.96	31.25	264.15
Ind.-Patente	712.02	1011.76	19.10	4630.69
Medizin	49.42	67.63	0.30	269.59
BioChemie	66.37	86.48	0.50	355.89
Physik	235.03	394.29	4.75	1960.10
Masch.bau	361.21	600.52	5.10	3322.44
Ind.-Konz.	0.88	0.15	0.26	1.18
Med/BioCh	0.14	0.09	0.00	0.46
Physik	0.11	0.09	0.00	0.44
Masch.bau	0.63	0.16	0.21	1.00

Tabelle 18: Deskriptive Statistiken zu Variablen der Patenterfahrung

(1) <i>Uni-Patente</i>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(2) Erfahrung	0.85							
(3) Publ./Forscher	0.37	0.28						
(4) Zit./Forscher	0.27	0.20	0.88					
(5) Prom./Prof.	0.38	0.21	0.77	0.77				
(6) Drittm./Jahr	0.43	0.27	0.68	0.67	0.77			
(7) Forscher	0.51	0.29	0.63	0.73	0.74	0.67		
(8) Ind.-Pat.	0.17	0.05	0.18	0.30	0.32	0.33	0.41	
(9) Ind.-Konz.	0.10	0.14	0.28	0.31	0.28	0.27	0.19	0.29

Bravais-Pearson Korrelationskoeffizienten. Korrelationen > 0.5 kursiv, > 0.8 fett

Tabelle 19: Korrelationsmatrix zu Variablen der Patenterfahrung

Die schematische Darstellung der Korrelationen der einzelnen Jaffe-Gebiete in Tabelle 20 wirft ein differenzierteres Licht auf die bereichsspezifischen Variablen. So ist die exogene Variable bis auf den Bereich Maschinenbau nur noch moderat korreliert. Auch in der detaillierten Ansicht ist die exogene Variable nicht mit den Kontrollvariablen korreliert. Die Einzelkorrelationen zwischen Zitation und Publikationen sind ebenfalls nur noch moderat korreliert, zugleich entfallen die starken Korrelationen zwischen Forschungsvariablen. Interessant sind die Korrelationen der industriellen Innovation mit den Forschungsvariablen, sie bestätigen den vermuteten regionalen Austausch von Humankapital und die Koevolution von Industrie und Universität. Im Folgenden wird ein Modell zur Überprüfung der Hypothesen zum Erfahrungslernen, dessen sinkenden Grenznutzen und des Einflusses der Fakultätsqualität geschätzt. Dieses Modell wird jeweils für die gesamte Universität und für die einzelnen Jaffe-Gebiete geschätzt, um für Unterschiede in der Produktionsfunktion zu kontrollieren:

$$\begin{aligned} \text{Uni-Patente}_B = & \alpha + \beta_1 * \text{Erfahrung}_B + \beta_2 * \text{Erfahrung}_B^2 \\ & + \beta_3 * \text{Qualität}_B + \beta_4 * \text{Kontrollen}_B + \varepsilon \\ \text{mit } B = & \text{Universität, Medizin, BioChemie, Physik, Maschinenbau} \end{aligned}$$

(1) <i>Uni-Patente</i>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(2) Erfahrung	<i>M B P I</i>							
(3) Publ./Forscher								
(4) Zit./Forscher			<i>M B P</i>					
(5) Prom./Prof.			<i>M</i>	<i>M B</i>				
(6) Drittm./Jahr			<i>M</i>	<i>M B</i>	<i>M</i>	<i>I</i>		
(7) Forscher	<i>I</i>		<i>B</i>	<i>M P</i>	<i>B</i>			
(8) Ind.-Pat.					<i>B</i>	<i>I</i>	<i>B P I</i>	
(9) Ind.-Konz.								<i>B</i>

Bravais-Pearson Korrelationskoeffizienten. Korrelationen > 0.5 kursiv, > 0.8 fett

M=Medizin, B=BioChemie, P=Physik, I=Maschinenbau („Ingenieure“)

Tabelle 20: Schematische Darstellung der Korrelationen in einzelnen Jaffe-Gebieten

Tabelle 21 fasst die Ergebnisse dieser Regressionen zusammen. Von den fünf geschätzten Modellen können vier valide Schätzergebnisse produzieren, während der Linktest für das Medizin-Modell darauf schließen lässt, dass die ausgewählten Variablen allein nicht in der Lage sind, den Wissenstransfer in diesem Bereich zufriedenstellend zu erklären. Dies könnte auf eine Fehlspezifikation des Bereichs hindeuten, allerdings erscheint sie hier unwahrscheinlich, da konkurrierende Spezifikationen getestet wurden (vgl. Fußnote 24), die zu ähnlich verzerrten Schätzergebnissen führten. Wahrscheinlicher ist, dass universitätseigene Patente im medizinischen Bereich keinen relevanten Wissenstransferkanal darstellen. Die in Tabelle 18 identifizierte große Diskrepanz zwischen sehr hohen Drittmitteln und sehr wenigen Patenten in diesem Bereich weist darauf hin, dass Kooperationsverträge in diesem Bereich so geschlossen werden, dass die Patentrechte etwaiger Innovationen bei den Industriepartnern liegen und im Austausch dafür eine entsprechend höhere direkte Kompensation der Forscher stattfindet.

Weiterhin können Forscher in diesem Bereich den ökonomischen Wert, z.B. eines neuen Wirkstoffs, wahrscheinlich besser abschätzen und neigen unter Umständen dazu, Patente weiterhin privat anzumelden. Diese Vermutung wird durch zwei US-amerikanische Studien gestützt, welche das Kooperationsverhalten medizinischer Forscher mit der Industrie (Blumenthal, Campbell, Anderson, Causino, & Louis, 1996) und das strategische Zurückhalten von ökonomisch relevanten Forschungsergebnissen – ein Verstoß gegen den Bayh-Dole-Act – untersuchen (Blumenthal, Campbell, Anderson, Causino, & Louis, 1997) und dabei zu ähnlichen Ergebnissen kommen.²⁸ Zur genauen Untersuchung der Einflüsse auf Wissenstransfer im medizinischen Bereich fehlen notwendige Kontrollvariablen wie z.B. die Anzahl von Kooperationsverträgen pro Fakultät oder die aufgewendete Arbeitszeit für Drittmittelprojekte pro Forscher.

Alle validen Modelle bestätigen den vermuteten positiven Einfluss des Erfahrungslernens auf die Wissenstransferaktivitäten der Universitäten als hochsignifikant positiv. Das Medizin-Modell bestätigt ebenfalls einen signifikant positiven Einfluss, obwohl die Wichtigkeit des Transferkanals Patente dort geringer zu sein scheint. Die erste Hypothese ist damit bestätigt. Der sinkende Grenznutzen des Lernens, der in den Modellen durch das Quadrat der Erfahrung abgebildet wird, zeigt sich ebenfalls sowohl für das Gesamtmodell als auch in den bereichsspezifischen Modellen mit dem erwarteten negativen Vorzeichen. Allerdings ist dieser Zusammenhang in den Modellen für Medizin und BioChemie insignifikant. Trotzdem kann auch die zweite Hypothese als bestätigt angesehen werden, da die Schätzergebnisse den Zusammenhang insgesamt attestieren.

²⁸ Beide Studien wurden nicht im ökonomischen Kontext veröffentlicht sondern in zwei der renommiertesten medizinischen Fachzeitschriften (New England Journal of Medicine, Journal of the American Medical Association). Dies zeigt, dass die medizinische Forschungsgemeinschaft sich dieses Verhaltens bewusst ist und es für relevant erachtet.

<i>Uni-Patente '02-'06</i>	Universität	Medizin	BioChemie	Physik	Masch.bau
Erfahrung	0.1752 *** (0.039)	0.3606 * (0.204)	0.3231 ** (0.164)	0.4025 *** (0.091)	0.2297 *** (0.075)
(Erfahrung) ²	-0.0043 *** (0.002)	-0.0177 (0.014)	-0.0147 (0.019)	-0.0255 *** (0.008)	-0.0062 * (0.004)
Publ./Forscher	0.0881 ** (0.037)	-0.0142 (0.088)	-0.0150 (0.025)	0.0906 (0.059)	<i>n.v.</i>
Zit./Forscher	-0.0141 ** (0.006)	-0.0071 (0.015)	0.0071 (0.008)	-0.0061 (0.006)	<i>n.v.</i>
Prom./Prof.	0.2614 * (0.140)	0.4409 (0.327)	-0.0449 (0.206)	0.3850 ** (0.188)	-0.0203 (0.102)
Drittm./Jahr	1.1E-05 * (0.000)	2.9E-06 (0.000)	5.5E-06 * (0.000)	1.4E-06 * (0.000)	4.2E-06 ** (0.000)
Reputation	-0.1569 (0.163)	0.2032 (0.448)	-0.0362 (0.310)	-0.1879 (0.457)	-0.5144 (0.332)
Forscher	0.0003 ** (0.000)	-0.0036 (0.007)	0.0071 ** (0.003)	0.0073 (0.010)	0.0057 *** (0.002)
Ind.-Patente	-0.0001 * (0.000)	0.0015 (0.003)	-0.0009 (0.001)	-0.0002 (0.000)	-0.0001 (0.000)
Ruhrgebiet	-0.5539 *** (0.169)	-0.6665 * (0.372)	-0.2616 (0.291)	-1.1643 *** (0.408)	-0.5638 (0.387)
Ind.-Konzentr.	-0.1804 (0.465)	-3.0651 (2.168)	-0.8378 (1.624)	1.4078 * (0.859)	-0.2087 (1.068)
Ing.-Fak.	0.4446 *** (0.146)				
Konstante	1.8624 *** (0.495)	1.8629 ** (0.733)	0.8348 (0.522)	0.4191 (0.485)	1.1542 (0.794)
$\hat{y}^b$	1.2608 *** (0.403)	2.4209 *** (0.698)	1.7612 ** (0.799)	1.4208 *** (0.536)	0.9555 ** (0.412)
$\hat{y}^{2b}$	-0.0357 (0.051)	-0.2854 ** (0.143)	-0.1484 (0.150)	-0.0740 (0.091)	0.0074 (0.059)
Konstante	-0.4472 (0.758)	-1.5285 ** (0.761)	-0.8838 (0.989)	-0.5418 (0.742)	0.0613 (0.686)
ML-R ²	0.757	0.526	0.524	0.642	0.810

N=66 ^a Negativ binomiale Regression mit robusten Standardfehlern (in Klammern). *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

^b Linktest auf Modellspezifikation, *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01;

Tabelle 21: Regressionsmodelle zum Erfahrungslernen

Bei den Variablen zur Qualität der Fakultät findet sich ein eindeutiger modellübergreifender Zusammenhang lediglich bei der – für alle Modelle insignifikanten – Reputation und den signifikanten Drittmittelausgaben pro Forscher. Diese deutet darauf hin, dass Drittmittel eher als Indikator für die Intensität der Kooperation mit der Industrie anzusehen sind. A priori war diese Unterscheidung nicht zu treffen, da für die einzelnen Universitäten und Bereiche keine

detaillierten Daten zu den Drittmittelgebern (Industrie vs. Forschungsförderung) zur Verfügung standen. Es ist aufgrund der Ergebnisse in den Modellen allerdings schwer vorstellbar, dass nur der Indikator für Drittmittel signifikant wird, während alle anderen bereichsspezifischen Forschungsindikatoren insignifikant bleiben. Die einzige mögliche Interpretation ist, dass Drittmittel eben kein primärer Indikator für Forschungsintensität sind. Dies lässt darüber hinaus vermuten, dass die unbeobachtbare Zusammensetzung der Drittmittelquellen deutlich zwischen Universitäten variieren. Eine mögliche Arbeitshypothese wäre, dass sich Universitäten in forschungs- und transferintensive Universitäten unterscheiden lassen.

Das Gesamtmodell für die Universität zeigt für die Mehrheit der operationalisierten Variablen die postulierten Zusammenhänge. Der signifikant positive Einfluss der Promotionen pro Professor spricht für den bereits auf Grundlage der Korrelationsmatrix in Tabelle 20 vermuteten regionalen Austausch von Humankapital, z.B. durch Einstellung promovierter Wissenschaftler oder Promotionsprojekten in Kooperation mit der Industrie (vgl. Renault, 2006). Ebenso lassen sich die durch andere Studien bereits belegten Größeneffekte nachweisen.

Kontraintuitiv sind die Publikationsvariablen. Während ein positiver Zusammenhang mit der Anzahl der Publikationen besteht, ist die Anzahl der Zitationen signifikant negativ. Dies könnte ein Effekt der Multikollinearität beider Variablen sein (vgl. Tabelle 19), der zu einer Überschätzung eines Parameters führt und das unerwartete negative Vorzeichen produziert (vgl. Kennedy, 2003). Dies ist aus drei Gründen unwahrscheinlich:

1. Der Linktest deutet nicht auf eine Verzerrung des Modells hin.
2. Ersetzt man die beiden Variablen durch eine Variable „Zitationen pro Publikation pro Forscher pro Jahr“, welche beide Indikatoren zusammenfasst und so die Korrelation der einzelnen Variablen integriert, erhält man ein valides Modell mit einem hochsignifikant negativen Vorzeichen der Variablen.
3. Entfernt man eine der beiden Variablen und schätzt das Modell nur mit Publikationen oder Zitationen, wird die verbleibende Variable insignifikant.

Es existiert eine Komplementarität zwischen der Publikationshäufigkeit und Wissenstransfer, während die Qualität der Forschung unter dem Wissenstransfer leidet. Eine Erklärung dafür wäre, dass Forscher ihre begrenzte Arbeitskraft entweder in Forschung oder Wissenstransfer investieren können, und dass eine Hinwendung zum Wissenstransfer aufgrund der Zeitrestriktion eben zu schlechterer Forschung führt. Ein ähnliches Austauschverhältnis lässt sich zwischen Lehrbelastung der Wissenschaftler und Wissenstransfer zeigen; eine höhere Lehrbelastung führt zu weniger Wissenstransfer und geringerer Publikationsleistung (Hülsbeck, 2009). Einen ähnlichen Effekt zeigen Payne und Siow (2003) in ihrer Unter-

suchung der Auswirkung staatlicher Drittmittel auf die Forschungsleistung. Höhere Drittmittel aus staatlicher Forschungsförderung führen zu mehr Publikationen und weniger Zitationen. Es ist möglich, dass die Beteiligung einer dritten Partei (wissenschaftliche Stiftungen, Industrie) und erhaltene zweckgebundene Drittmittel zu einem Rechtfertigungsdruck der Forscher führen, dem diese mit einer größeren Anzahl Publikationen begegnen. Die Anzahl Publikationen stellt ein kurzfristigeres Signal dar als deren Qualität, die sich erst durch die langfristige Rezeption durch die wissenschaftliche Gemeinschaft beweisen lässt. Ein negativer Effekt des Wissenstransfers auf die Qualität der Forschung lässt sich daher nicht ausschließen.

Ein weiterer kontraintuitiver Effekt, der auf den ersten Blick den Ergebnissen des vierten Kapitels widerspricht, ist das negative Vorzeichen der signifikanten Kontrollvariable zur regionalen industriellen Innovation (*Ind.-Patente*). Dieses ist jedoch ein Artefakt der unspezifischen Konzentrationseffekte, da die Anzahl der Industriepatente mit steigender Agglomeration ebenfalls zunimmt. Ersetzt man im Modell den relativ groben Ruhrgebietsdummy durch die Variablen für Bevölkerungsdichte, verschwindet der negative Effekt. Alle anderen Kontrollen sind insignifikant oder zeigen die erwarteten Effekte.

Bei den Schätzergebnissen zu den bereichsspezifischen Modellen zeigen sich deutliche Unterschiede, welche die Annahme unterschiedlicher, bereichsspezifischer Produktionsfunktionen untermauern. Die Modelle für BioChemie und Maschinenbau weisen nur positive Einflüsse von Drittmitteln und Größeneffekten auf, während die Kontrollen für unspezifische Konzentration, regionale Branchenkonzentration und Innovationskraft dieser Branchen insignifikant sind. Es scheint, dass in diesen Bereichen von einem einfachen Input-Output-Verhältnis ausgegangen werden kann: Je mehr Humankapital und Finanzkapital in diese Bereiche investiert werden, desto mehr ökonomisch relevante Innovationen werden produziert. Das so produzierte Wissen ist anscheinend nicht regional an Humankapital gebunden, sondern kann überregional verwertet werden.

Im Gegensatz dazu zeigt der Bereich Physik, der aus den Fächern Physik, Elektrotechnik und Informationstechnik besteht, deutliche Einflüsse der Regionalisierung. Er ist der einzige, der einen signifikant positiven Zusammenhang mit der regionalen Industriekonzentration und einen signifikant negativen Zusammenhang mit der Ruhrgebietsvariablen aufweist. Darüber hinaus sind die Effekte der Humankapitalausbildung und der Drittmittel signifikant, nicht aber die Kontrollvariable für Größeneffekte. Die Patentproduktionsfunktion dieses Bereichs ist eng mit regionalen Einflussgrößen verknüpft, die auf einen gegenseitigen Wissensaustausch hindeuten. Diese Erkenntnisse sind konsistent mit bisherigen Untersuchungen, die starke Regionalisierungstendenzen in den Fächern „Physik, Optik und Nukleartechnik“ (Jaffe, 1989; Jaffe et al., 1993), Informationstechnik (z.B. Saxenian, 1994) und deutliche Unterschiede in der Industriekooperation in der chemischen und physikalischen Forschung (Renault, 2006) finden.

5.5. *Diskussion*

Dieses Kapitel untersucht die Rolle des Erfahrungslernens im universitären Wissenstransfer auf Grundlage des von Arrow (1962a) im Rahmen der endogenen Wachstumstheorie entwickelten Lernmodells, welches sich in folgenden Postulaten zusammenfassen lässt:

1. Erfahrungslernen als Funktion von Dauer des Lernens und der Frequenz von Lernerlebnissen erhöht die Produktivität.
2. Erfahrungslernen als Prozessoptimierung unterliegt einem sinkenden Grenznutzen.
3. Verschiedene Akteure profitieren aufgrund ihrer unterschiedlichen Kompetenzausstattung unterschiedlich von Lernaktivitäten.
4. Verschiedene Akteure profitieren aufgrund unterschiedlicher Kontexte unterschiedlich von Lernaktivitäten.

Diese Postulate wurden als Hypothesen formuliert und empirisch bestätigt. Für die ersten beiden Postulate zeigt sich, dass sie sowohl auf der aggregierten Ebene der Universität als auch für einzelne wissenschaftliche Bereiche zutreffen und im Rahmen des universitären Wissenstransfers zweifelsfrei nachgewiesen werden können. Weiterhin zeigt sich, dass die Anzahl Forscher, die Drittmittelausstattung, die Ausbildung von Humankapital und die Anzahl von Publikationen als Prädiktoren für universitären Wissenstransfer herangezogen werden können. Allerdings scheint ein Austauschverhältnis zwischen der Qualität der Forschung und dem realisierten Wissenstransfer zu bestehen. Dieses lässt sich durch die Kapazitätsbeschränkung der Forscher, sowie durch die Erwartungshaltung möglicher Industriepartner erklären. Nimmt man diese Ergebnisse zusammen, dann bestätigt sich auch das dritte Postulat, dass eine unterschiedliche Ressourcenausstattung zu unterschiedlichen Lerneffekten führt.

Das vierte Postulat kann nur indirekt über den Vergleich verschiedener bereichsspezifischer Modelle überprüft werden. Hier zeigen sich drei unterschiedliche Muster. Die Bereiche Biochemie und Maschinenbau zeigen sich unabhängig von der regionalen Industrie und forschungsspezifischen Effekten. Der universitäre Wissenstransfer in diesen Bereichen ist eine Funktion der aufgewendeten Drittmittel und des zur Verfügung stehenden Humankapitals. Im Gegensatz dazu zeigt der Bereich Physik deutliche Regionalisierungseffekte, die sich in der Wichtigkeit der regionalen Branchenkonzentration als Nachfrager universitärer Patente und spezifischen Humankapitals zeigen. Im Bereich Medizin zeigt sich, dass dieser einer gänzlich anderen Produktionsfunktion unterworfen ist, die sich mit den vorhandenen Variablen nicht zufriedenstellend erklären lässt. Die Gründe dafür sind in der historisch engen Verknüpfung zwischen medizinisch-pharmazeutischer Forschung und Industrie zu suchen.

Die Ergebnisse zeigen Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Wissenstransfers von Universitäten und Wissenschaftsbereichen, die unterschiedliche Implikationen in der Wissenschafts- und Technologiepolitik zur Folge haben. Zum einen zeigt sich, dass Lernen in allen Bereichen Wissenstransfer fördert. Die zu Beginn identifizierten Subprozesse der Erhöhung der Erfindungsmeldungen durch eine erhöhte Aufmerksamkeit der Forscher und verbesserte Kommunikation mit Technologietransferstellen, die Effizienz des Patentierungsprozesses sowie das Vermarktungs- und Verhandlungsgeschick der Verantwortlichen deuten auf die Notwendigkeit der Ausstattung von Technologietransferstellen mit spezifischem Humankapital, Ressourcen und Handlungskompetenzen hin. Darüber hinaus können Selektionsprozesse für neue Fakultätsmitglieder die Transferbereitschaft der Kandidaten zu einem Auswahlkriterium machen.

Gleichzeitig erfordern die unterschiedlichen Produktionsfunktionen unterschiedliche Transferstrategien durch Universitäten und Politik. Während in einigen Bereichen die Anzahl von Universitätspatenten durch eine Erhöhung von Personal und Sachmitteln erhöht werden kann und eine regionale Clusterpolitik ineffizient sein dürfte, existieren andere Bereiche, die durch eine Förderung der Doktorandenausbildung (z.B. Graduate Schools, Stipendien) und eine gezielte Clusterpolitik überdurchschnittlich profitieren dürften und so überproportional viele Innovationen hervorbringen. Dies sind insbesondere die Bereiche neuer wissenschaftsbasierter Technologien (vgl. EC, 2008b).

6. Fazit: Förderung universitären Wissenstransfers

Diese Arbeit erforscht Determinanten universitären Wissenstransfers in Deutschland auf regulierungspolitischer, regionaler und institutioneller Ebene. Sie gliedert sich damit in einen jungen Literaturstrang ein, als dessen Ausgangspunkt Jaffes Studie im AER (1989) gilt. Darauf aufbauend entwickelte sich – auf Grundlage auf US-amerikanischen Daten – ein eklektisches Forschungsfeld, welches einzelne Aspekte universitärer Externalitäten untersucht.²⁹ Die regionalökonomische Literatur basiert zwar auf der endogenen Wachstumstheorie, die existierenden Untersuchungen auf universitärer Ebene bleiben atheoretisch. Die gängige Praxis, isolierte Forschungsfragen aus der einfachen Verfügbarkeit vorhandener US-amerikanischer Datensätze abzuleiten, führte zu einem fragmentierten empirischen Kenntnisstand.

Die vorliegende Untersuchung berücksichtigt die Erkenntnisse des bisherigen Forschungsstands und zieht die endogene Wachstumstheorie als gemeinsamen Interpretationshintergrund heran. So entsteht ein integratives Bild universitärer Innovation an der Schnittstelle zur Industrie. Dies erlaubt es Implikationen für technologie- und wissenschaftspolitische Maßnahmen abzuleiten, ohne dass das jeweils andere Handlungsfeld als „blinder Fleck“ unberücksichtigt bleibt. Der Abschied vom Paradigma der Industriegesellschaft mit sektoraler Trennung von „Kopf- und Handarbeit“ ermöglicht es, akademische Forschung und industrielle Entwicklung als zwei Seiten einer Medaille zu begreifen.

6.1. Zentrale Ergebnisse

Undifferenzierte nationale Regulierungspolitik

Die Novelle des Arbeitnehmererfindungsgesetzes (ArbEG, 2002) stellt ein Beispiel für das Scheitern eines Versuchs wirtschaftliche Anreize in der Wissenschaft zu implementieren. Die Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs zugunsten materieller Anreize hat das Ziel der Steigerung von Universitätspatenten zum Zeitpunkt dieser Untersuchung nicht erreicht. Bei Kontrolle für Lern- und Mengeneffekte zeigt sich im Gegenteil ein signifikant negativer Einfluss der Einführung des Gesetzes. Dieser unbeabsichtigte Effekt lässt sich auf eine Verdrängung intrinsischer Motivation der Forscher zurückführen, so wie dies in ähnlicher Weise im marktorientierten, amerikanischen System beobachtet wurde. Gleichzeitig kommt es zur organisatorischen und finanziellen Überforderung der Universitäten mit ihren neuen Dienstherrenpflichten. Internationale Untersuchungen belegen ebenfalls die Unwirksamkeit solcher politischer Interventionen in anderen Ländern. Der isolierte Transfer ökonomischer

²⁹ Eine ausführliche Übersicht bieten Rothaermel et al. (2007).

Anreize in die Universitäten scheint zur Förderung des Wissenstransfers ungeeignet, insbesondere in ein bis dato grundsätzlich funktionierendes Transfersystem (vgl. die analogen Wachstumsraten von Universitätspatenten in Deutschland und USA in Abschnitt 5.1).

Regionale Einflüsse fördern und hemmen universitären Wissenstransfer

Die Notwendigkeit der Komplementarität von wissenschaftlicher Forschung und industrieller Entwicklung spiegelt sich ebenfalls auf regionaler Ebene wider. Die Untersuchungsergebnisse zeigen eindeutig den Zusammenhang zwischen regionaler industrieller Innovationskraft und universitärem Wissenstransfer. Dies belegt die Notwendigkeit einer »absorptive capacity« der regionalen Industrie für neues universitäres Wissen und des regionalen Austauschs von Humankapital zwischen Universität und Industrie. Die Finanzkraft der Region reicht nicht aus, um einen Markt für universitäres Wissen entstehen zu lassen. Vielmehr müssen sich Industrie und Forschung gegenseitig immer wieder neue Stimuli (Innovationen) bereitstellen, um sinkende Grenzerträge des Lernens zu verhindern.

Der positive Einfluss regionaler Konzentrationseffekte kann als die Notwendigkeit einer kritischen Masse an Humankapital interpretiert werden. Gleichzeitig deuten Übervölkerungseffekte in Ballungsgebieten, auf einen überproportionalen Anstieg der Suchkosten durch zunehmende Ausdifferenzierung der Region hin. Damit geht das in dieser Arbeit identifizierte Austauschverhältnis zwischen industrieller Konzentration und Diversität einher, welches ebenfalls als Maß für regionale Komplexität gelten kann. Steigende regionale Komplexität behindert universitären Wissenstransfer.

Transferorientierung der Universität

Das aktive Management des universitären Wissenstransfers durch die universitäre Administration und die Schaffung einer Wissenstransferorientierung der Fakultät bilden Voraussetzungen für eine Steigerung von Universitätspatenten. Ebenso zeigt sich die Wichtigkeit komplementärer Transferkanäle, wie die Ausbildung von Humankapital in Promotionsprojekten, Sichtbarkeit der Fakultät über Publikationen und bestehende Industriekontakte über Drittmittelprojekte. Die Qualität der Forschung scheint mit der Transferorientierung zu konkurrieren.

Eine Betrachtung unterschiedlicher Wissensdomänen innerhalb der Universität führt zu einem differenzierten Bild. Während sich die Wichtigkeit des Erfahrungslernens auch auf der detaillierten Betrachtungsebene bestätigt, erweisen sich für einzelne Wissensdomänen unterschiedliche Transferkanäle als relevant. Der Bereich „Physik“ zeigt die stärkste regionale Einbindung, während die anderen Fachbereiche „Medizin“, „BioChemie“ und „Maschinenbau“ unabhängiger von der Branchenkonzentration korrespondierender Industrien agieren.

6.2. *Handlungsempfehlungen*

Allgemein lässt sich festhalten, dass regulierungspolitische Eingriffe auf nationaler Ebene, wie z.B. durch das ArbEG, zu kurz greifen oder kontraindiziert sind. Wissenschafts- bzw. transferpolitische Interventionen müssen die Spezifika des Wissenschaftssystems, regionale und universitäre Eigenschaften berücksichtigen, um erfolgreich zu sein. Eine informierte Wirtschafts- und Wissenschaftspolitik baut auf den gewachsenen regionalen Verflechtungen von Universität und Industrie auf und spiegelt ihre Vielfaltigkeit wider.

Profilbildung von Universitäten

Die Wichtigkeit universitärer Innovation als Grundlage der Wettbewerbsfähigkeit einer Wissensgesellschaft erhebt Universitäten zum attraktiven wirtschaftspolitischen Interventionsziel. Der Staat erhält über Wissenschafts- und Bildungspolitik einen direkten Einfluss auf Ziele und Verhalten der Universitäten und bestimmt deren Strategien und Praktiken einfacher als ganze Regionen und Wirtschaftszweige. Aus der zentralen Rolle der Universität lässt sich nicht schließen, dass ein politisch induzierter „technology push“ aus der Forschung zu einer innovativeren und wettbewerbsfähigeren Industrie führt.

Anhand der Innovationsstatistiken der EU offenbart sich eine Diskrepanz zwischen Produktion und Nutzung universitärer Innovation. Die Verbesserung der Wissensverwertung gelingt im gegenseitigen Zusammenspiel von forschender Industrie und unternehmerischer Universität. Eine Erhöhung des Wissenstransfers lässt sich kurz- und mittelfristig nur in Regionen erwarten, in denen die Industrie aufgrund ihrer eigenen Innovationskompetenz solchen Wissenstransfer nachfragt. Eine erste Handlungsempfehlung muss lauten, die Bemühungen zum universitären Wissenstransfer dort zu konzentrieren, wo bereits Transfer stattfindet.

Eine langfristige Förderung regionalen universitären Wissenstransfers erscheint ausschließlich als Folge industrieller Nachfrage Erfolg versprechend und hängt von nachhaltiger Förderung industrieller Innovationsfähigkeit ab. Natürlich spielt die Universität als Lieferant von Humankapital im Rahmen ihres Bildungsauftrags hier eine wichtige Rolle, aber universitärer Wissenstransfer erscheint als Konsequenz einer innovativen Industrie, nicht als ihre Ursache. Im Rahmen der Koevolution von Industrie und Universität sollte eine solche Industrieförderung auf den existierenden Stärken einer Region, statt auf dem politischen Willen zur Förderung von Zukunftstechnologien aufbauen. Die Institutionalisierung eines Clusters „Mechatronik“ in einer Region, welche Stärken in den zugrunde liegenden Branchen der Mechanik, Elektrotechnik und Automatisierung besitzt, verspricht größeren Erfolg als die Erfindung eines Clusters für „Umwelttechnologie“ in einer Region, welche nicht die

historisch gewachsenen Voraussetzungen erkennen lässt.³⁰ Die Identifikation regionaler Stärken und Zukunftspotenziale geht der Anpassung universitärer Forschung, Lehre und Wissenstransfers voraus.

In Ballungsgebieten, die über mehrere Universitätsstandorte in ihrem Einzugsgebiet verfügen, scheint eine Spezialisierung dieser Standorte angebracht, welche der regionalen Komplexität Rechnung tragen. Eine solche Arbeitsteilung erhöht durch Skaleneffekte nicht nur die Produktivität einzelner Standorte, sondern reduziert mit ihrer „Leuchtturmfunktion“ die Suchkosten der Akteure. In einigen Ballungszentren lässt sich so eine Differenzierung bereits beobachten (z.B. Berlin, Hamburg, München, Stuttgart).

Differenzierte Strategien des Wissenstransfers

Die Optimierung der allokativen Effizienz der Ressourcen des Wissenstransfers innerhalb der Universitäten bietet ein weiteres Handlungsfeld. Die Entwicklung einer Transferstrategie, welche die regionale Spezialisierung oder Diversifikation der Industrie zum Ausgangspunkt nimmt, erscheint notwendig. In Regionen mit hoher Branchenkonzentration erfüllen Universitäten die Rolle des Zulieferers technologiespezifischen Wissens und sollten sich entsprechend spezialisieren, um universitären Wissenstransfer zu maximieren. In diversifizierten Regionen fungiert die Universität als Intermediär zwischen unterschiedlichen Branchen und fördert so interindustrielle Externalitäten. Die Förderung intra- und interindustrieller Externalitäten benötigt unterschiedliche Instrumente, Universitäten müssen sich für eine strategische Ausrichtung entscheiden. So erscheint z.B. die Förderung interdisziplinärer Projekte einzig dort sinnvoll, wo interindustrielle Externalitäten zu erwarten sind.

Die voneinander verschiedenen Logiken intrauniversitärer Wissensdomänen erfordern eine weitere Differenzierung der Transferstrategie. Während der Transfer in allen Bereichen Restriktionen durch Wissensmobilität und damit verbundenen Transaktionskosten unterliegt, ist er in einigen Bereichen (Physik, Optik, Nuklear- und Elektrotechnik) eine notwendige Bedingung gelungenen Transfers. Insbesondere in diesen hier müssen eine spezifische regionale Förderung der Industrie – z.B. durch die Ansiedlung von Clustern – und Universität zusammenfallen, um einen optimalen Transfer zu gewährleisten. Gleichzeitig erscheint es in anderen Bereichen sinnvoll für eine überregionale Sichtbarkeit der Universität als möglicher Wissensquelle zu sorgen.

Stärkung der Transferkompetenz in Universitäten

Eine Förderung der Transferbereitschaft und Transferkompetenz durch die Schaffung einer „Wissenstransferkultur“ in der Universität, unabhängig von ihrer regionalen und fachlichen Ausrichtung, stellt eine Grundvoraussetzung zur Realisierung von Lerneffekten dar. Die

³⁰ Insbesondere, da Umwelttechnologie keine technologisch abgrenzbare Branche bezeichnet, sondern einen gemeinsamen Anwendungsbe-
reich unterschiedlichster Technologien; vgl. dazu ausführlich Hulsbeck und Lehmann (2007).

Stärkung von Organisationseinheiten mit der Aufgabe des Technologietransfers bildet eine Grundvoraussetzung. Dazu gehört eine Stellenausstattung, die, abhängig von der Transferstrategie, spezifisches Humankapital zur Realisierung des möglichen Transferpotenzials zur Verfügung stellt. Dazu gehören Experten für die jeweiligen technologischen Bereiche, Schutzrechtsmanagement, Marketing, Vertragsrecht, administrative Mitarbeiter und Entscheider aus der Hochschulleitung mit entsprechender Budgetverantwortung. Eine solche „optimale“ Stellenausstattung übersteigt die Ressourcen der meisten Universitäten, da die erforderlichen Experten in der freien Wirtschaft deutlich höhere Gehälter erhalten. Gleichzeitig erscheint eine regionale oder föderale Zentralisierung dieser Aufgaben aufgrund der notwendigen individualisierten Transferstrategien nicht ratsam.³¹ Eine Optimierung der administrativen Transferkompetenz erfordert somit langfristige zusätzliche Mittelzuweisungen durch die Politik.

Selbst wenn die geforderten Investitionen in Technologietransfereinheiten erfolgen, bleiben die Forscher als Quelle universitärer Innovationen davon unberührt. Die Institutionalisierung einer Transferkultur muss bei den Forschern ansetzen und deren Transferbereitschaft erhöhen. Wie die Auswirkungen der ArbEG Novelle im Jahr 2002 zeigte, erweisen sich monetäre Anreize nicht als hinreichend, um universitären Wissenstransfer zu fördern. Eine Erhöhung der Transfermotivation der Forscher basiert auf den von ihnen erwarteten Komplementaritäten, welche durch die bisher diskutierten Maßnahmen gefördert werden können, zum anderen auf Selektionseffekten in den Fakultäten. Eine gezielte Förderung des aktiven Wissenstransfers durch Forscher lässt sich durch eine aktive Einstellungs- und Berufungspolitik der Fakultäten erreichen, welche industrielle Transfererfahrung zum Einstellungskriterium erheben. Dies lässt sich allerdings nur bei Fakultäten erwarten, welche eine aktive Transferkultur entwickelt haben. Konservativere Fakultäten, die an der historischen Trennung von Wissenschaft und Industrie orientiert sind, werden ihre Auswahlkriterien nur auf politischen Druck hin ändern, insbesondere da die Gefahr einer Verringerung der Forschungsqualität besteht.

³¹ Der 2002 von der Bundes- und den Landesregierungen gestartete Versuch zentralisierter „Patentverwertungsagenturen“, die sich nach der Anschubfinanzierung ab 2006 selbst aus Erträgen des Schutzrechtsmanagements finanzieren sollten, ist aufgrund des Ausbleibens solcher Erträge gescheitert.

Literaturverzeichnis

- Acs, Z. J., Anselin, L., & Varga, A. (2002). Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge. *Research Policy*, 31(7), 1069-1085.
- Acs, Z. J., & Audretsch, D. B. (1988). Innovation in Large and Small Firms: An Empirical Analysis. *The American Economic Review*, 78(4), 678-690.
- Acs, Z. J., & Audretsch, D. B. (1989). Patents as a Measure of Innovative Activity. *Kyklos*, 42(2), 171-180.
- Acs, Z. J., Audretsch, D. B., Braunerhjelm, P., & Carlsson, B. (2004). *The Missing Link: The Knowledge Filter and Entrepreneurship in Endogenous Growth*: SSRN.
- Acs, Z. J., Audretsch, D. B., & Feldman, M. (1992). Real effects of academic research: comment. *The American Economic Review*, 363-367.
- Acs, Z. J., Audretsch, D. B., & Feldman, M. (1994). R & D Spillovers and Recipient Firm Size. *Review of Economics & Statistics*, 76(2), 336-340.
- Acs, Z. J., & Plummer, L. A. (2005). Penetrating the "knowledge filter" in regional economies. *The Annals of Regional Science*, 39(3), 439-456.
- Agrawal, A. K. (2001). University-to-industry knowledge transfer: literature review and unanswered questions. *International Journal of Management Reviews*, 3(4), 285-302.
- Aitkin, D. (2001). Higher education: a short history of change. *Australian and Academic Research Libraries*, 31(3; SPI), 31-42.
- Ancori, B., Bureth, A., & Cohendet, P. (2000). The economics of knowledge: the debate about codification and tacit knowledge. *Industrial and Corporate Change*, 9(2), 255-287.
- Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: methods and models*: Kluwer Academic Publishing.
- Anselin, L., Varga, A., & Acs, Z. (1997). Local geographic spillovers between university research and high technology innovations. *Journal of Urban Economics*, 42(3), 422-448.
- Anselin, L., Varga, A., & Acs, Z. (2000). Geographical Spillovers and University Research: A Spatial Econometric Perspective. *Growth & Change*, 31(4), 501-515.
- Antikainen, J. (2005). The concept of Functional Urban Area. *Informationen zur Raumentwicklung*, 447-456.
- ArbEG. (2002). Gesetz zur Änderung des Arbeitnehmererfindungsgesetzes *Bundesgesetzblatt Teil I* (Nr. 4), 414.
- Argyres, N. S., & Liebeskind, J. P. (1998). Privatizing the intellectual commons: Universities and the commercialization of biotechnology. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 35(4), 427-454.

- Arrow, K. J. (1962a). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 155-173.
- Arrow, K. J. (1962b). Economic welfare and the allocation of resources for inventions. In R. Nelson (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity* (pp. 609-626). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Arrow, K. J. (1971). Political and Economic Evaluation of Social Effects and Externalities. In M. Intrigator (Ed.), *Frontiers of Quantitative Economics* (Vol. 71). Amsterdam: North-Holland.
- Audretsch, D. B., & Feldman, M. P. (1996). R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. *American Economic Review*, 86(3), 630-640.
- Audretsch, D. B., Hülsbeck, M., & Lehmann, E. E. (2011). Regional Competitiveness, University Spillovers and Entrepreneurial Activity. *Small Business Economics, Online First*: DOI 10.1007/s11187-011-9332-9.
- Audretsch, D. B., Keilbach, M. C., & Lehmann, E. E. (2006). *Entrepreneurship and economic growth*: Oxford University Press, USA.
- Audretsch, D. B., & Lehmann, E. E. (2004). Universitäten als regionale Förderer der Wirtschaft? *ifo Dresden berichtet*(3), 18-23.
- Audretsch, D. B., & Lehmann, E. E. (2005a). Does the Knowledge Spillover Theory of Entrepreneurship hold for regions? *Research Policy*, 34(8), 1191-1202.
- Audretsch, D. B., & Lehmann, E. E. (2005b). Mansfield's Missing Link: The Impact of Knowledge Spillovers on Firm Growth. *Journal of Technology Transfer*, 30(1/2), 207-210.
- Audretsch, D. B., & Lehmann, E. E. (2006). Do Locational Spillovers Pay? Empirical Evidence from German IPO Data. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(1), 71-81.
- Audretsch, D. B., Lehmann, E. E., & Warning, S. (2005). University Spillovers and new firm location. *Research Policy*, 34(7), 1113-1122.
- Azagra-Caro, J. M., Carayol, N., & Llerena, P. (2006). Patent Production at a European Research University: Exploratory Evidence at the Laboratory Level. *Journal of Technology Transfer*, 31(2), 257-268.
- Azoulay, P., Ding, W., & Stuart, T. (2007). The determinants of faculty patenting behavior: Demographics or opportunities? *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63(4), 599-623.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2000). *Multivariate Analysemethoden*. Berlin: Springer

- Bairoch, P. (1991). *Cities and Economic Development: from the Dawn of History to the Present*. University of Chicago Press.
- Baldini, N., Grimaldi, R., & Sobrero, M. (2006). Institutional changes and the commercialization of academic knowledge: A study of Italian universities' patenting activities between 1965 and 2002. *Research Policy*, 35(4), 518-532.
- Bamberg, G., & Baur, F. (1996). *Statistik*. München: Oldenbourg.
- Bangemann, M. (1994). *Europe and Global Information Society. Bangemann Report Recommendations to the European Council*. Brüssel: High-Level Group on the Information Society.
- Barron, D. N. (1992). The Analysis of Count Data: Overdispersion and Autocorrelation. *Sociological Methodology*, 22, 179-220.
- Bartenbach, K., & Hellebrand, O. (2002). Zur Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs (§ 42 ArbEG) — Auswirkungen auf den Abschluss von Forschungsaufträgen. *Mitteilungen der deutschen Patentanwälte*, 4, 165ff.
- Basberg, B. L. (1987). Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature. *Research Policy*, 16(2-4), 131-141.
- Bell, D. (1973). *The coming of post-industrial society: A venture in social forecasting*. Basic Books.
- Bercovitz, J., & Feldman, M. (2008). Academic Entrepreneurs: Organizational Change at the Individual Level. *Organization Science*, 19(1), 69-89.
- Bercovitz, J., Feldman, M., Feller, I., & Burton, R. (2001). Organizational Structure as a Determinant of Academic Patent and Licensing Behavior: An Exploratory Study of Duke, Johns Hopkins, and Pennsylvania State Universities. *Journal of Technology Transfer*, 26(1-2), 21-35.
- Berghoff, S., Federkeil, G., Giebisch, P., Hachmeister, C.-D., Hennings, M., & Müller-Böling, D. (2006). *Das CHE Forschungsranking deutscher Universitäten 2006*. Gütersloh: Centrum für Hochschulentwicklung.
- Binder, J., & Schwengler, B. (2006). Neuer Gebietszuschnitt der Arbeitsmarktregionen im Raum Berlin und Brandenburg. *Kritische Überprüfung der bisher gültigen Arbeitsmarktregionen und Vorschläge für einen Neuzuschnitt*. IAB-Forschungsbericht, 4, 2006.
- Blumenthal, D., Campbell, E. G., Anderson, M., Causino, N., & Louis, K. S. (1996). Participation of Life Science Faculty in Research Relationships with Industry. *New England Journal of Medicine*, 335(23), 1734-1739.

- Blumenthal, D., Campbell, E. G., Anderson, M., Causino, N., & Louis, K. S. (1997). Withholding Research Results in Academic Life Science: Evidence from a National Survey of Faculty. *Journal of The American Medical Association* 277(15), 1224-1228.
- BMBF. (1996). *Information als Rohstoff für Innovation: Programm der Bundesregierung 1996-2000*. Bonn: Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie.
- BMFT. (1975). *Das Programm der Bundesregierung zur Förderung der Information und Dokumentation (IuD-Programm) 1974-1977*. Bonn: Bundesministerium für Forschung und Technologie.
- BMFT. (1985). *Fachinformationsprogramm der Bundesregierung* 85-88. Bonn: Bundesministerium für Forschung und Technologie.
- BMWi. (1978). *Forschungs- und technologiepolitisches Gesamtkonzept der Bundesregierung für kleine und mittlere Unternehmen*. Bonn: Bundesministerium für Wirtschaft.
- BMWi/BMBF. (2002). *Innovationspolitik - Mehr Dynamik für zukunftsfähige Arbeitsplätze*. Bonn: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie / Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Bok, D. C. (1990). *Universities and the Future of America*: Duke University Press.
- Bottazzi, L., & Peri, G. (2003). Innovation and spillovers in regions: Evidence from European patent data. *European Economic Review*, 47(4), 687-710.
- Boulding, K. E. (1955). Notes on the information concept. *Exploration (Toronto)*, 6, 103-112.
- Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: A review of research and theory. *Research Policy*, 29(4,5), 627-655.
- Breschi, S., & Lissoni, F. (2001). Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 975-1005.
- Breschi, S., Lissoni, F., & Montobbio, F. (2008). University patenting and scientific productivity: a quantitative study of Italian academic inventors. *Eur Manage Rev*, 5(2), 91-109.
- BRH. (1962). *Untersuchung über die wissenschaftliche Dokumentation in der Bundesrepublik Deutschland*. Frankfurt am Main: Bundesrechnungshof.
- BRH. (1983). *Gutachten des Präsidenten des Bundesrechnungshofes als Bundesbeauftragter für die Wirtschaftlichkeit in der Verwaltung über die Fachinformation in der Bundesrepublik Deutschland*. Frankfurt am Main Bundesrechnungshof.
- Brockhaus (Ed.) (2009) Brockhaus Enzyklopädie Online. Mannheim: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG.
- Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (2 ed.). München: Pearson.

- Bush, V. (1945). *Science: The Endless Frontier*. Government Printing Office.
- Carlsson, B., & Fridh, A.-C. (2002). Technology transfer in United States universities. *Journal of Evolutionary Economics*, 12(1-2), 199-232.
- Chapple, W., Lockett, A., Siegel, D., & Wright, M. (2005). Assessing the relative performance of U.K. university technology transfer offices: parametric and non-parametric evidence. *Research Policy*, 34(3), 369-384.
- Chesbrough, H. W. (2003). *Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Cohn, E., & Cooper, S. T. (2004). Multiproduct Cost Functions for Universities. *International Handbook on the Economics of Education*, 579-612.
- Collins, H. M. (1992). *Changing order: Replication and induction in scientific practice*. University of Chicago Press.
- Colyvas, J., Crow, M., Gelijns, A., Mazzoleni, R., Nelson, R. R., Rosenberg, N., et al. (2002). How do university inventions get into practice? *Management Science*, 48(1), 61-72.
- Coupe, T. (2003). Science Is Golden: Academic R&D and University Patents. *Journal of Technology Transfer*, 28(1), 31-46.
- Cowan, R., David, P. A., & Foray, D. (2000). The explicit economics of knowledge codification and tacitness. *Industrial and Corporate Change*, 9(2), 211-253.
- Cowan, R., & Foray, D. (1997). The economics of codification and the diffusion of knowledge. *Industrial and Corporate Change*, 6(3), 595-622.
- Crawford, S. (1983). The origin and development of a concept: the information society. *Bulletin of the Medical Library Association*, 71(4), 380.
- Dasgupta, P., & David, P. A. (1994). Toward a new economics of science. *Research Policy*, 23(5), 487-521.
- Dasgupta, P., & Stiglitz, J. (1980). Industrial structure and the nature of innovative activity. *The Economic Journal*, 266-293.
- David, P. A. (1991). Reputation and Agency in the Historical Emergence of the Institutions of 'Open Science'. *CEPR Working Paper No. 261*.
- David, P. A., Mowery, D. C., & Steinmüller, W. E. (1992). Analyzing the Payoffs from Basic Research. *Economics of Innovation & New Technology*, 2(4), 73-90.
- Denicolo, V., & Franzoni, L. A. (2003). The Contract Theory of Patents. *International Review of Law and Economics*, 23(4), 365-380.
- DESTATIS. (2003). *Klassifikation der Wirtschaftszweige mit Erläuterungen - Ausgabe 2003*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- DESTATIS. (2006). *Statistik regional 2006 auf DVD*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

- Döring, T., & Schnellenbach, J. (2006). What do we know about geographical knowledge spillovers and regional growth?: a survey of the literature. *Regional Studies*, 40(3), 375-395.
- DPMA. (2008). *Internationale Patentklassifikation - Handbuch zur IPC*. München: Deutsches Patent- und Markenamt.
- Drucker, P. F. (1996). *Landmarks of tomorrow: A report on the new "post-modern" world*: Transaction Publishers.
- EC. (1995). *Green Paper on Innovation*. Brüssel: Europäische Kommission.
- EC. (2001a). *Benchmarking Industry-Science Relations - The Role of Framework Conditions - Final Report*. Brüssel: Europäische Kommission.
- EC. (2001b). *Promoting innovation through patents - Green Paper on the Community patent and the patent system in Europe*. Brüssel: Europäische Kommission.
- EC. (2007). *Verbesserung des Wissenstransfers zwischen den Forschungseinrichtungen und der Industrie in Europa: hin zu offener Innovation - Umsetzung der Lissabon Agenda*. Brüssel: Europäische Kommission.
- EC. (2008a). *Commission Recommendation on the management of intellectual property in knowledge transfer activities and Code of Practice for universities and other public research organisations*. Brüssel: Europäische Kommission.
- EC. (2008b). *Towards a European Research Area - Science, Technology and Innovation - Key Figures 2007*. Brüssel: Europäische Kommission.
- Eckey, H.-F., Kosfeld, R., & Türck, M. (2006). Abgrenzung deutscher Arbeitsmarktregionen. *Raumforschung und Raumordnung*, 64, 299-309.
- Eckey, H.-F., Schwengler, B., & Türck, M. (2007). Vergleich von deutschen Arbeitsmarktregionen. *IAB Discussin Paper*, 3, 2007.
- Elfenbein, D. W. (2007). Publications, patents, and the markets for university inventions. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63(4), 688-715.
- Etzkowitz, H. (1998). The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university-industry linkages. *Research Policy*, 27(8), 823-833.
- Etzkowitz, H. (2003). Research groups as 'quasi-firms': the invention of the entrepreneurial university. *Research Policy*, 32(1), 109-121.
- Etzkowitz, H., & Klofsten, M. (2005). The innovating region: toward a theory of knowledge-based regional development. *R&D Management*, 35(3), 243-255.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1999). The Future Location of Research and Technology Transfer. *Journal of Technology Transfer*, 24(2-3), 111-123.

- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123.
- Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C., & Terra, B. R. C. (2000). The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, 29(2), 313-330.
- Feldman, M. P. (1994). Knowledge Complementarity and Innovation. *Small Business Economics*, 6(5), 363-372.
- Feldman, M. P. (1999). The New Economics of Innovation, Spillovers and Agglomeration: a Review of Empirical Studies. *Economics of Innovation & New Technology*, 8(1/2), 5-25.
- Feldman, M. P., & Audretsch, D. B. (1996). Science Based Diversity, Specialization, Localized Competition and Innovation. *Mimeo*.
- Feller, I. (1990). Universities as engines of R&D-based economic growth: They think they can. *Research Policy*, 19(4), 335-348.
- Freeman, C. (1995). The National System of Innovation in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19(1), 5-24.
- Frey, B. S., & Oberholzer-Gee, F. (1997). The Cost of Price Incentives: An Empirical Analysis of Motivation Crowding-Out. *The American Economic Review*, 87(4), 746-755.
- Friedman, J., & Silberman, J. (2003). University Technology Transfer: Do Incentives, Management, and Location Matter? *Journal of Technology Transfer*, 28(1), 17-30.
- Fritsch, M., & Slavtchev, V. (2005). *The Role of Regional Knowledge Sources for Innovation: An Empirical Assessment*. Technical University Bergakademie Freiberg-Faculty of Economics and Business Administration.
- Fritsch, M., Steigenberger, N., Henning, T., & Slavtchev, V. (2007). *Hochschule, Innovation, Region: Wissenstransfer im räumlichen Kontext*: edition sigma.
- Funke, M., & Niebuhr, A. (2005). Regional geographic research and development spillovers and economic growth: evidence from West Germany. *Regional Studies*, 39(1), 143-153.
- Gallini, N. T., & Wright, B. D. (1990). Technology Transfer Under Asymmetric Information. *The Rand Journal of Economics*, 21(1), 147-160.
- George, G. (2005). Learning to be capable: patenting and licensing at the Wisconsin Alumni Research Foundation 1925-2002. *Industrial and Corporate Change*, 14(1), 119-151.
- Geuna, A., & Nesta, L. J. J. (2006). University patenting and its effects on academic research: The emerging European evidence. *Research Policy*, 35(6), 790-807.

- Glaeser, E. L. (1999). Learning in Cities. *Journal of Urban Economics*, 46(2), 254-277.
- Glaeser, E. L., Kallal, H. D., Scheinkman, J. D., & Shleifer, A. (1992). Growth in Cities. *Journal of Political Economy*, 100(6), 1126-1152.
- Glaeser, E. L., Scheinkman, J., & Shleifer, A. (1995). Economic growth in a cross-section of cities. *Journal of Monetary Economics*, 36(1), 117-143.
- Göktepe, D. (2008). *Inside the Ivory Tower*. Lund: CIRCLE.
- Goldfarb, B., & Henrekson, M. (2003). Bottom-up versus top-down policies towards the commercialization of university intellectual property. *Research Policy*, 32(4), 639-658.
- Goldstein, H. A., & Drucker, J. (2006). The Economic Development Impacts of Universities on Regions: Do Size and Distance Matter? *Economic Development Quarterly*, 20(1), 22-43.
- Goldstein, H. A., & Renault, C. S. (2004). Contributions of Universities to Regional Economic Development: A Quasi-experimental Approach. *Regional Studies*, 38(7), 733-746.
- Golob, E. (2006). Capturing the Regional Economic Benefits of University Technology Transfer: A Case Study. *Journal of Technology Transfer*, 31(6), 685-695.
- Götting, H.-P., & Schwipps, K. (2004). *Grundlagen des Patentrechts: Eine Einführung für Ingenieure, Natur- und Wirtschaftswissenschaftler*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Gourieroux, C. S., Monfort, A., & Trognon, A. (1984). Pseudo maximum likelihood methods: applications to Poisson models. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 701-720.
- Granovetter, M. (1985). Economic action and social structure: the problem of embeddedness. *American journal of sociology*, 91(3), 481.
- Greif, S., & Schmiedl, D. (2006). *Patentatlas Deutschland*. München: Deutsches Patent- und Markenamt.
- Greunz, L. (2003). Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions. *The Annals of Regional Science*, 37(4), 657-680.
- Grigat, F. (1991). *Das Berufsbild des Universitätslehrers*. Bonn: Deutscher Hochschulverband.
- Griliches, Z. (1960). Hybrid Corn and the Economics of Innovation. *Science*.
- Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics*, 10(1), 92-116.
- Griliches, Z. (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28(4), 1661-1707.

- Gulbrandsen, M., & Smeby, J.-C. (2005). Industry funding and university professors' research performance. *Research Policy*, 34(6), 932-950.
- Gunasekara, C. (2006). Reframing the Role of Universities in the Development of Regional Innovation Systems. *Journal of Technology Transfer*, 31(1), 101-113.
- Hall, B. H., Jaffe, A., & Trajtenberg, M. (2005). Market Value and Patent Citations. *The Rand Journal of Economics*, 36(1), 16-38.
- Hall, B. H., Link, A. N., & Scott, J. T. (2003). Universities as Research Partners. *Review of Economics & Statistics*, 85(2), 485-491.
- Heidenreich, M. (2003). Die Debatte um die Wissensgesellschaft. In S. Böschen & I. Schulz-Schaeffer (Eds.), *Wissenschaft in der Wissensgesellschaft*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Henderson, J. V. (1983). Industrial Base and City Size. *American Economic Review*, 73(2), 164-168.
- Henderson, J. V. (1986). Efficiency of Resource Usage and City Size. *Journal of Urban Economics*, 19(1), 47-70.
- Henderson, J. V. (1994). Externalities and Industrial Development. *NBER Working Paper* 4730.
- Henderson, R., Jaffe, A., B., & Trajtenberg, M. (1998). Universities as a source of commercial technology: A detailed analysis of university patenting. *Review of Economics & Statistics*, 80(1), 119-127.
- Höllein, I., & Levermann, A. H. (1999). Studie zum Technologie- und Patentmanagement.
- Hülsbeck, M. (2009). German University Patenting: Does Policy matter? In ICFAI (Ed.), *Patents and Technology Transfer*. Hyderabad: ICFAI University Press.
- Hülsbeck, M., & Lehmann, E. E. (2007). Entrepreneurship Policy in Bavaria: Between Laptop and Lederhosen. In D. B. Audretsch (Ed.), *Handbook of Research on Entrepreneurship Policy*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Jacobs, J. (1969). *The Economy of Cities*. New York: Random House.
- Jaffe, A., B. (1989). Real Effects of Academic Research. *American Economic Review*, 79(5), 957-970.
- Jaffe, A., B., Trajtenberg, M., & Henderson, R. (1993). Geographical Localization of Knowledge Spillovers by Patent Citations. *Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 577-598.
- Jensen, M., & Meckling, W. (1992). Specific and general knowledge and organization structure. In L. Werin & H. Wijkander (Eds.), *Contract Economics*. Oxford: Basil Blackwell.

- Jensen, R. A., & Thursby, M. C. (2001). Proofs and Prototypes for Sale: The Licensing of University Inventions. *American Economic Review*, 91(1), 240-259.
- Johnson, N. L., Kotz, S., & Kemp, A. W. (2005). *Univariate discrete distributions*: Wiley-Interscience.
- Keilbach, M. C. (2000). *Spatial knowledge spillovers and the dynamics of agglomeration and regional growth*: Springer.
- Kelley, J., & McAllister, I. (1983). The methodology of aggregate analysis: Errors in traditional procedures and suggestions for improvement. *Quality and Quantity*, 17(6), 461-474.
- Kennedy, P. (2003). *A guide to econometrics*. Cambridge (MA): MIT press.
- Kirstein, R., & Will, B. (2006). Efficient compensation for employees' inventions. *European Journal of Law and Economics*, 21(2), 129-148.
- Krücken, G. (2003). Mission impossible? Institutional barriers to the diffusion of the 'third academic mission' at German universities. *International Journal of Technology Management*, 25(1/2), 18-33.
- Krücken, G., Meier, F., & Müller, A. (2007). Information, cooperation and the blurring of boundaries - technology transfer in German and American discourses. *Higher Education*, 53(6), 675-696.
- Krugman, P. (1996). Urban concentration: the role of increasing returns and transport costs. *International Regional Science Review*, 19(1), 5-30.
- KwsZ. (1977). *Wirtschaftlicher und sozialer Wandel in der Bundesrepublik. Gutachten der Kommission*. Göttingen: Kommission für wirtschaftlichen und sozialen Wandel.
- Lach, S., & Shankerman, M. (2003). Incentives and Invention in Universities. *NBER Working Paper* 9727.
- Lane, R. E. (1966). The decline of politics and ideology in a knowledgeable society. *American sociological review*, 649-662.
- Lanjouw, J. O., Pakes, A., & Putnam, J. (1996). How to Count Patents and Value Intellectual Property: Uses of Patent Renewal and Application Data. *NBER Working Paper* 5741.
- Lanjouw, J. O., & Shankerman, M. (1999). The Quality of Ideas: Measuring Innovation with Multiple Indicators. *NBER Working Paper* 7345.
- Lehrer, M. (2005). Science-driven vs. market-pioneering high tech: comparative German technology sectors in the late nineteenth and late twentieth centuries. *Industrial and Corporate Change*, 14(2), 251-278.
- Levin, R., Klevorick, A., Nelson, N., & Winter, S. (1984). Survey research on R&D appropriability and technological opportunity. *Yale University research paper*.

- Levin, R., Klevorick, A., Nelson, R., Winter, S., Gilbert, R., & Griliches, Z. (1987). Appropriating the returns from industrial research and development. *Brookings papers on economic activity*, 783-831.
- Link, A. N., & Rees, J. (1990). Firm size, university based research, and the returns to R&D. *Small Business Economics*, 2(1), 25-31.
- Link, A. N., & Siegel, D. S. (2005a). Generating science-based growth: an econometric analysis of the impact of organizational incentives on university industry technology transfer. *European Journal of Finance*, 11(3), 169-181.
- Link, A. N., & Siegel, D. S. (2005b). University-based technology initiatives: Quantitative and qualitative evidence. *Research Policy*, 34(3), 253-257.
- Long, J. S. (1997). *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. Thousand Oaks, London und Neu Delhi: SAGE Publications.
- Long, J. S., & Freese, J. (2006). *Regression models for categorical dependent variables using Stata*. College Station (TX): Stata press.
- Loury, G. C. (1979). Market structure and innovation. *The Quarterly Journal of Economics*, 395-410.
- Machlup, F. (1962). *The production and distribution of knowledge in the United States*: Princeton university press.
- Machlup, F. (1982). *Knowledge: Its Creation, Distribution, and Economic Significance, Volume II: the Branches of Learning*: Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Mankiw, N. G. (1997). [The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far?]: Comment. *NBER Macroeconomics Annual*, 12, 103-107.
- Markman, G. D., Gianiodis, P. T., Phan, P. H., & Balkin, D. B. (2004). Entrepreneurship from the Ivory Tower: Do Incentive Systems Matter? *Journal of Technology Transfer*, 29(3-4), 353.
- Markman, G. D., Gianiodis, P. T., Phan, P. H., & Balkin, D. B. (2005). Innovation speed: Transferring university technology to market. *Research Policy*, 34(7), 1058-1075.
- Marshall, A. (1890). *Principles of economics*: Macmillan and co.
- Marx, K., & Engels, F. (1976). *Manifest der Kommunistischen Partei*. Leipzig: Reclam.
- Mazzoleni, R. (2006). The Effects of University Patenting and Licensing on Downstream R&D Investment and Social Welfare. *Journal of Technology Transfer*, 31(4), 431-441.
- McDowell, G. R. (2001). *Land-Grant Universities and Extension into the 21st Century: Renegotiating or Abandoning a Social Contract*: Iowa State University Press.
- Merton, R. C. (1973). The normative structure of science. In R. C. Merton (Ed.), *The Sociology of Science*. Chicago: University of Chicago Press.

- Meyer-Krahmer, F., & Schmoch, U. (1998). Science-based technologies: university-industry interactions in four fields. *Research Policy*, 27(8), 835-851.
- Mills, J., & Prasad, K. (1992). A comparison of model selection criteria. *Econometric reviews*, 11(2), 201-233.
- Moreno, R., Paci, R., & Usai, S. (2005). Spatial spillovers and innovation activity in European regions. *Environment and Planning*, 37, 1793-1812.
- Mowery, D. C., & Sampat, B. N. (2004). The Bayh-Dole Act of 1980 and University-Industry Technology Transfer: A Model for Other OECD Governments? *Journal of Technology Transfer*, 30(1/2), 115-127.
- Mowery, D. C., & Sampat, B. N. (2005). The Bayh-Dole Act of 1980 and University-Industry Technology Transfer: A Model for Other OECD Governments? *Journal of Technology Transfer*, 30(1-2), 115-127.
- Mowery, D. C., Sampat, B. N., & Ziedonis, A. A. (2002). Learning to patent: Institutional experience, learning, and the characteristics of U.S. university patents after the Bayh-Dole Act, 1981-1992. *Management Science*, 48(1), 73-89.
- Mowery, D. C., & Ziedonis, A. (2001). The Geographic Reach of Market and Non-Market Channels of Technology Transfer: Comparing Citations and Licenses of University Patents. *NBER Working Paper 8568*.
- Mowery, D. C., & Ziedonis, A. A. (2002). Academic patent quality and quantity before and after the Bayh-Dole act in the United States. *Research Policy*, 31(3), 399-418.
- Müller, P. (2006). Exploring the knowledge filter: How entrepreneurship and university-industry relationships drive economic growth. *Research Policy*, 35(10), 1499 – 1508.
- Murmann, J. P. (2003). *Knowledge and competitive advantage*: Cambridge University Press New York.
- Murmann, J. P., & Landau, R. (1998). On the Making of Competitive Advantage: The Development of the Chemical Industries in Britain and Germany Since 1850. *Chemicals and Long-Term Economic Growth: Insights from the Chemical Industry*, 27-70.
- Nelson, R. R. (1959). The simple economics of basic scientific research. *The Journal of Political Economy*, 297-306.
- Nelson, R. R. (1981). Research on productivity growth and productivity differences: Dead ends and new departures. *Journal of Economic Literature*, 1029-1064.
- Nelson, R. R. (1986). Institutions Supporting Technical Advance in Industry. *American Economic Review*, 76(2), 186-194.
- Nelson, R. R. (1990). What is Public and What is Private About Technology? *CCC Working Paper 90-9, California Center for Research in Management, Berkeley*.

- Nelson, R. R. (1994). The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions. *Ind Corp Change*, 3(1), 47-63.
- Neumann, R. (1992). Perceptions of the teaching-research nexus: a framework for analysis. *Higher Education*, 23(2), 159-171.
- Niebuhr, A. (2001). Convergence and the effects of spatial interaction. *Jahrbuch für Regionalwissenschaft*, 21(2), 113-133.
- O'Mahony, M., Van Ark, B., & EC. (2003). *EU productivity and competitiveness: an industry perspective: can Europe resume the catching-up process?* : Office for Official Publications of the European Communities.
- Owen-Smith, J., & Powell, W. W. (2003). The expanding role of university patenting in the life sciences: assessing the importance of experience and connectivity. *Research Policy*, 32(9), 1695-1711.
- Pakes, A., & Griliches, Z. (1984). Patents and R&D at the firm level: a first look. In Z. Griliches (Ed.), *R&D, Patents, and Productivity* (pp. 55-71). Chicago: University of Chicago Press.
- Parvan, S.-V. (2007). *Community Innovation Statistics*. Brüssel: Eurostat.
- Payne, A. A., & Siow, A. (2003). Does Federal Research Funding Increase University Research Output? *Advances in Economic Analysis & Policy*, 3(1), 1018-1042.
- Petschauer, S. (2002). Adé Hochschullehrerprivileg. Was die Gesetzesänderung bewirkt. Retrieved 06.11.2007, 2002, from http://www2.hu-berlin.de/presse/zeitung/archiv/01_02/num_5/S2-Paten
- Phan, P. H., & Siegel, D. S. (2006). The Effectiveness of University Technology Transfer: Lessons Learned from Quantitative and Qualitative Research in the U.S. and the U.K. *Foundations and Trends® in Entrepreneurship*, 2(2).
- Plümper, T. (2005). *Effizient Schreiben*. München und Wien: Oldenbourg.
- Polanyi, M. (1969). *The Tacit Dimension*. London, England: Routledge & Kegan Paul.
- Pregibon, D. (1980). Goodness of link tests for generalized linear models. *Applied Statistics*.
- Raftery, A. E. (1995). Bayesian model selection in social research. *Sociological Methodology*, 111-163.
- Renault, C. S. (2006). Academic Capitalism and University Incentives for Faculty Entrepreneurship. *Journal of Technology Transfer*, 31(2), 227-239.
- Rip, A. (2002). Regional Innovation Systems and the Advent of Strategic Science. *Journal of Technology Transfer*, 27(1), 123-131.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5), 1002.

- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(S5), 71.
- Rosenberg, N. (1963). Technological change in the machine tool industry, 1840-1910. *Journal of Economic History*, 414-443.
- Rothaermel, F. T., Agung, S. D., & Jiang, L. (2007). University entrepreneurship: a taxonomy of the literature. *Industrial and Corporate Change*, Advance Access published July 18 2007, 1-101.
- Sampat, B. N. (2006). Patenting and US academic research in the 20th century: The world before and after Bayh-Dole. *Research Policy*, 35(6), 772-789.
- Sampat, B. N., Mowery, D. C., & Ziedonis, A. A. (2003). Changes in university patent quality after the Bayh Dole act: a re-examination. *International Journal of Industrial Organization*, 21(9), 1371-1390.
- Saragossi, S., & Potterie, B. v. P. d. I. (2003). What Patent Data Reveal about Universities: The Case of Belgium. *Journal of Technology Transfer*, 28(1), 47-51.
- Saxenian, A. (1994). *Regional advantage: culture and competition in Silicon Valley and Route 128*: Harvard University Press.
- Scherer, F. M. (1965). Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions. *The American Economic Review*, 55(5), 1097-1125.
- Scherer, F. M. (1982). Inter-industry technology flows in the United States. *Research Policy*, 11(4), 227-245.
- Schimank, U. (1988). The Contribution of University Research to the Technological Innovation of the German Economy: Societal Auto-Dynamic and Political Guidance. *Research Policy*, 17(6), 329-340.
- Schmiedemann, M., & Durvy, J.-N. (2003). New Approaches to Technology Transfer from Publicly Funded Research. *Journal of Technology Transfer*, 28(1), 9-15.
- Schumpeter, J. A. S. (1993). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmerrgewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus*. (8. Auflage ed.). München: Duncker & Humblot.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The annals of statistics*, 461-464.
- Shane, S. (2002). Selling University Technology: Patterns from MIT. *Management Science*, 48(1), 122-137.
- Shane, S. (2004). Encouraging university entrepreneurship? The effect of the Bayh-Dole Act on university patenting in the United States. *Journal of Business Venturing*, 19(1), 127-151.
- Shane, S., & Somaya, D. (2007). The effects of patent litigation on university licensing efforts. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63(4), 739-755.

- Siegel, D. S., Waldman, D., & Link, A. (2003). Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: An exploratory study. *Research Policy*, 32(1), 27-48.
- Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E., & Link, A. N. (2003). Commercial knowledge transfers from universities to firms: Improving the effectiveness of university-industry collaboration. *Journal of High Technology Management Research*, 14(1), 111-133.
- Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E., & Link, A. N. (2004). Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: Qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Journal of Engineering and Technology Management*, 21(1,2), 115-142.
- Sine, W. D., Shane, S., & Gregorio, D. D. (2003). The Halo effect and technology licensing: The influence of institutional prestige on the licensing of university inventions. *Management Science*, 49(4), 478-496.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 65-94.
- Spence, M. (2002). Signaling in retrospect and the informational structure of markets. *American Economic Review*, 434-459.
- Thursby, J. G., Jensen, R., & Thursby, M. C. (2001). Objectives, Characteristics and Outcomes of University Licensing: A Survey of Major U.S. Universities. *Journal of Technology Transfer*, 26(1-2), 59-72.
- Thursby, J. G., & Thursby, M. C. (2002). Who Is Selling the Ivory Tower? Sources of Growth in University Licensing. *Management Science*, 48(1), 90-104.
- Titmuss, R., M. (1971). The gift relationship: from human blood to social policy. *London and New York*.
- Trajtenberg, M. (1990). A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations. *RAND Journal of Economics*, 21(1), 172-187.
- Trune, D., & Goslin, L. N. (1998). University Technology Transfer Programs: A Profit/Loss Analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 57(3), 197-204.
- Uzawa, H. (1965). Optimum technical change in an aggregative model of economic growth. *International Economic Review*, 18-31.
- Varga, A. (2000). Local academic knowledge transfers and the concentration of economic activity. *Journal of Regional Science*, 40(2), 289-309.
- Verspagen, B., & Schoenmakers, W. (2000). The spatial dimension of knowledge spillovers in Europe: evidence from firm patenting data.
- Wagner, J. (1993). Social contracts and university public service: The case of agriculture and schooling. *Journal of higher education*, 696-729.

- Warning, S. (2007). *The economic analysis of universities: strategic groups and positioning*. Edward Elgar.
- Weber, M. (1972). *Wirtschaft und Gesellschaft*. Tübingen: Mohr.
- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 817-838.
- WIPO. (2008). *World Patent Report*: World Intellectual Property Organization.
- WR. (1986). *Stellungnahme zur Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Wirtschaft*. Köln: Wissenschaftsrat.
- Wright, T. (2001). Factors affecting the cost of airplanes. *INTERNATIONAL LIBRARY OF CRITICAL WRITINGS IN ECONOMICS*, 128, 75-81.
- Zucker, L. G., & Darby, M. R. (1996). Star Scientists and Institutional Transformation: Patterns of Invention and Innovation in the Formation of the Biotechnology Industry. *Proceedings of the National Academy of Science*, 93(23), 12709-12716.